

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

**CENTRE DE RECHERCHE ET DE FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES DE
LA VIE, SANTE ET ENVIRONNEMENT**

*CENTRE FOR RESEARCH AND TRAINING IN GRADUATE STUDIES IN LIFE SCIENCE,
HEALTH & ENVIRONMENTAL SCIENCES*

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES

DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

**Évaluation de l'efficacité des extraits des graines de *Moringa oleifera* (Lam)
(Moringaceae) contre *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary, et les insectes
ravageurs du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.).**

**Thèse Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat/Ph.D en Biologie des
Organismes Végétaux**

Option : Biotechnologies Végétales

Par :

ATINDO SONGWE Thierry

Matricule : 07S020

Master ès Sciences

Sous la Co-direction de :

MOSSEBO Dominique Claude

Professeur

NDONGO BEKOLO

Maître de Conférences

Année : 2022





DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES

DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY

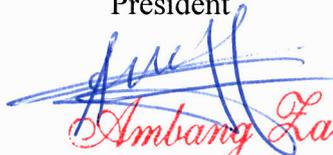
Yaoundé, le **11 8 JAN 2023**

ATTESTATION DE CORRECTION DE THÈSE DE
DOCTORAT/Ph.D

Nous soussignés membres du Jury de soutenance de la thèse de Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Végétaux option Biotechnologies de l'étudiant **ATINDO SONGWE Thierry**, Matricule **07S020**, soutenue publiquement le **08 décembre 2022**, sur le thème «**Évaluation de l'efficacité des extraits des graines de *Moringa oleifera* (Lam) (Moringaceae) contre *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary, et les insectes ravageurs du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.)**» attestons que le candidat a effectué les corrections conformément aux remarques et recommandations des membres du jury.

En foi de quoi, nous lui délivrons cette attestation de correction pour servir et valoir ce que de droit. /-

Président


Ambang Lachée
Professeur

Rapporteurs


Mioringo Bekolo

Membres


Nyasse Salomon


Ngonkeu M. Eddy L. (Ph.D)


Bell Joseph Martin
PROFESSEUR

LISTE PROTOCOLAIRE

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 2021/2022

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 22 septembre 2021

ADMINISTRATION

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

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

VICE-DOYEN / DSSE : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*

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

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

Chef Division des Affaires Académiques, de la Scolarité et de la Recherche DAASR : AJEAGAH
 Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (39)			
N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2	BOUDJEKO Thaddée	Professeur	En poste
3	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
4	FOKOU Elie	Professeur	En poste
5	KANSCI Germain	Professeur	En poste
6	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
7	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
8	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11	AZANTSA KINGUE Gabin Boris	Maître de Conférences	En poste
12	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
14	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	Vice-Doyen / DRC /UEbwa

15	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
16	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
17	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	Inspecteur de Service MINESUP
18	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
19	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
20	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
21	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
22	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
23	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
24	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
25	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Chargé de Cours	En poste
26	DAKOLE DABOY Charles	Chargé de Cours	En poste
27	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargée de Cours	En poste
28	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
29	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
31	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
32	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargée de Cours	En poste
34	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
35	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
36	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
37	WILFRED ANGIE Abia	Chargé de Cours	En poste
38	FOUPOUPOUOGNIGNI Yacouba	Assistant	En poste
39	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistante	En poste
2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (51)			
1	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS/FS</i>
2	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
3	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5	DZEUFUET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
6	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>Vice Doyen/FMSB/UYI</i>
7	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste

8	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	En poste
9	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
10	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
11	NOLA Moïse	Professeur	En poste
12	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
13	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service Coord.Progr/MINSANTE</i>
14	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
15	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	Vice-Doyen / DSSE /UEbwa
16	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
17	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
18	JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHE	Maître de Conférences	En Poste
19	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
20	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
21	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
22	MONY Ruth épse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
23	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
24	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
25	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
26	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
27	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
28	DONFACK Mireille	Chargée de Cours	En poste
29	ESSAMA MBIDA Désirée Sandrine	Chargée de Cours	En poste
30	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
31	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
32	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
33	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste
34	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
35	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
36	LEME BANOCK Lucie	Chargé de Cours	En poste
37	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
38	METCHI DONFACK Mireille Flaure Epse GHOUMO	Chargé de Cours	En poste

39	MOUNGANG Luciane Marlyse	Chargée de Cours	En poste
40	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
41	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
42	NJUA Clarisse Yafi	Chargée de Cours	<i>Chef Div. Uté Bamenda</i>
43	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargée de Cours	En poste
44	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
45	TAMSA ARFAO Antoine	Chargé de Cours	En poste
46	YEDE	Chargé de Cours	En poste
47	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
48	AMBADA NDZENGUE Georgia Elna	Assistante	En poste
49	FOKAM Alvine Christelle Epse KEGNE	Assistante	En poste
50	MAPON NSANGOU Indou	Assistant	En poste
51	NWANE Philippe Bienvenu	Assistant	En poste
3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (33)			
1	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	Chef de Centre Biotechnologie de l'UY1 à Nkolbisson
3	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5	YOUMBI Emmanuel	Professeur	En poste
6	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
10	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	<i>DAAC /UDla</i>
11	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	<i>CE / MINRESI</i>
12	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Maître de Conférences	En poste
13	NGONKEU MANGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT / MINRESI</i>
14	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
15	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16	ONANA JEAN MICHEL	Maître de Conférences	En poste
17	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
18	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste
19	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste

20	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
21	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
22	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
23	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
24	NSOM ZAMBO Epse PIAL Annie Claude	Chargé de Cours	<i>En détachement/UNESCO MALI</i>
25	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
26	NGOUO Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste
27	KABELONG BANAHOU Louis-Paul- Roger	Chargé de Cours	En poste
28	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
29	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
30	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
31	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
32	TEMEGNE NONO Carine	Chargé de Cours	En poste
33	MANGA NDJAGA Jude	Assistant	En poste
4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (30)			
1	Florence UFI CHINJE Epse MELO	Professeur	<i>Recteur Univ.Ngaoundere</i>
2	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Miss.PR</i>
3	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
4	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
5	NDIKONTAR Maurice KOR	Professeur	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
6	NENWA Justin	Professeur	En poste
7	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS Univ.Ngaoundere</i>
8	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
9	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
10	EMADACK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
11	KAMGANG YOUBI Georges	Maître de Conférences	En poste
12	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
13	KENNE DEDZO Gustave	Maître de Conférences	En poste
14	KONG SAKEO	Maître de Conférences	En poste
15	MBEY Jean Aime	Maître de Conférences	En poste

16	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	Chef de Département
17	NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>CT/ MINPROFF</i>
18	NJIOMOU C. Epse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
19	NJOYA Dayirou	Maître de Conférences	En poste
20	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
21	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
22	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
23	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
24	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
25	KOUOTOU DAOUDA	Chargé de Cours	En poste
26	MAKON Thomas Beaugard	Chargé de Cours	En poste
27	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
28	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
29	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
30	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (38)			
1	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UIYI</i>
2	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département UDS</i>
3	NYASSE Barthélemy	Professeur	En poste
4	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
5	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP/ Chef de Département</i>
6	WANDJI Jean	Professeur	En poste
7	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DPSAA</i>
8	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
9	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste
10	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	En poste
11	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
12	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
13	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
14	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
15	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
16	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
17	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste

18	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Sous/Direct MINRESI</i>
19	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>C.E./ MINESUP</i>
20	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>C.S/ MINESUP</i>
21	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
22	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
23	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
24	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Doyen /FS/ UYI</i>
25	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
26	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
27	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
28	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
29	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
30	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
31	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
32	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33	TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
34	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
35	MUNVERA MFIFEN Aristide	Assistant	En poste
36	NONO NONO Éric Carly	Assistant	En poste
37	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Assistante	En poste
38	TSAFFACK Maurice	Assistant	En poste
6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)			
1	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef Div. MINESUP</i>
2	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Chef Dpt ENS/Chef IGA. MINESUP</i>
3	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
5	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	<i>Sous- Directeur/ MINFOPRA</i>
6	AMINOUE Halidou	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
7	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
8	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
9	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
11	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste

12	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
13	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
14	MONTHÉ DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
15	OLE OLE Daniel Claude Delort	Chargé de Cours	<i>Directeur adjoint ENSET. Ebolowa</i>
16	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
17	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
18	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
19	MAKEMBE. S. Oswald	Assistant	En poste
20	MESSI NGUELE Thomas	Assistant	En poste
21	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste
22	NZEKON NZEKO'O Armel Jacques	Assistant	En poste
7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (30)			
1	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
3	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
5	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
6	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>Chef Service des Programmes & Diplômes/FS/UYI</i>
7	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
8	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS Rwanda</i>
9	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste
10	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	<i>Chef Cellule MINEPLAMAT</i>
11	BOGSO Antoine Marie	Chargé de Cours	En poste
12	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
13	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
14	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
15	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
16	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
17	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	<i>Chef Dpt /ENS Uté Maroua</i>
18	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
19	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste

20	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
21	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
22	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
23	TETSADJIO TCHILEPECK M. E.	Chargé de Cours	En poste
24	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
25	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
26	LOUMNGAM KAMGA Victor	Assistant	En poste
27	MBATAKOU Salomon Joseph	Assistant	En poste
28	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
29	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
30	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Assistant	En poste
8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (22)			
1	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE/FS/UJI</i>
3	NWAGA Dieudonné M.	Professeur	En poste
4	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
5	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
6	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
7	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Maître de Conférences	En poste
8	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
9	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
10	BODA Maurice	Chargé 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
14	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
15	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
16	MEYIN A EBONG Solange	Chargée de Cours	En poste
17	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
18	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargée de Cours	En poste
19	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
20	MONI NDEDI Esther Del Florence	Assistante	En poste
21	NKOUÉ TONG ABRAHAM	Assistant	En poste

22	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistante	En poste
9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (43)			
1	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2	DJUIDJE KENMOE Epse ALOYEM	Professeur	En poste
3	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
4	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
5	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
6	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	En poste
7	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
8	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
9	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
10	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
11	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de Centre/IRGM/MINRESI</i>
12	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FSUniv/Bda</i>
13	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
14	WOAFO Paul	Professeur	En poste
15	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
16	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
17	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
18	ENYEGUE A NYAM Epse BELINGA	Maître de Conférences	En poste
19	EYEBE FOU DA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
20	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
21	HONA Jacques	Maître de Conférences	En poste
22	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
23	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
24	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
25	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
26	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
27	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
28	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>Directeur/ENS/UYYI</i>
29	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
30	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste

31	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
32	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	<i>Chef Cell. MINADER</i>
33	MEL'PI Joelle Larissa	Chargée de Cours	En poste
34	MVOGO ALAIN	Chargé de Cours	En poste
35	WOULACHE Rosalie Laure	Chargée de Cours	Absente depuis janvier 2022
36	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
37	DJOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
38	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	En poste
39	TEYOU NGOUPOU Ariel	Chargé de Cours	En poste
40	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Assistant	En poste
41	LAMARA Maurice	Assistant	En poste
42	NGA ONGODO Dieudonné	Assistant	En poste
43	WANDJI NYAMSI William	Assistant	En poste
10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (42)			
1	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
2	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Professeur	En poste
3	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
4	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	<i>Chef de Département</i>
5	NGOS III Simon	Professeur	En poste
6	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
7	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
8	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
9	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	<i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i>
10	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	En poste
11	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
12	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
13	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	<i>Chef de Département / Uté Maroua</i>
14	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	CT/ MINIMDT
15	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
16	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
17	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
18	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste

19	ONANA Vincent Laurent	Maître de Conférences	Chef de Département /UEbwa
20	TCHAKOUNTE J. épouse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef.cell / MINRESI</i>
21	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
22	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
23	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
24	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
25	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
26	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
27	ELISE SABABA	Chargé de Cours	En poste
28	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
29	EYONG JOHN TAKEM	Chargé de Cours	En poste
30	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle	Chargé de Cours	En poste
31	MBESSE Cecile Olive	Chargée de Cours	En poste
32	MBIDA YEM	Chargé de Cours	En poste
33	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
34	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	<i>CD/ Uté Maroua</i>
35	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
36	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
37	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargé de Cours	En poste
38	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
39	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
40	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
41	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste
42	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste

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

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	8 (00)	14 (10)	15 (05)	02 (01)	39 (16)
BPA	14 (01)	11 (07)	22 (07)	04 (02)	51 (17)
BPV	06 (01)	10 (01)	16 (09)	01 (00)	33 (11)
CI	08 (01)	14 (03)	08 (01)	00 (0)	30 (05)
CO	6 (01)	20 (04)	08 (03)	04 (01)	38 (09)
IN	2 (00)	02 (00)	12 (01)	06 (00)	22 (01)
MAT	1 (00)	8 (00)	14 (01)	07 (01)	30 (02)
MIB	3 (01)	6 (02)	10 (03)	03 (02)	22 (08)
PHY	15 (01)	13 (02)	11 (03)	04 (00)	43 (06)
ST	7 (01)	16 (03)	18 (04)	01 (00)	42(08)
Total	70 (7)	114 (33)	134 (37)	32 (07)	350 (83)
Soit un total de		350 (83) dont :			
-	Professeurs	70 (7)			
-	Maîtres de Conférences	114 (32)			
-	Chargés de Cours	134 (37)			
-	Assistants	32 (07)			
	() = Nombre de Femmes	83			

DÉDICACE

À

la famille Songwe et Atindo

REMERCIEMENTS

Sachant qu'aucune œuvre scientifique ne saurait s'accomplir dans la solitude, la réalisation du présent mémoire a été rendue possible grâce au concours de nombreuses personnes qui m'ont formé et m'ont apporté leurs soutiens multiformes. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à :

- Pr. NDONGO BEKOLO, mon directeur de thèse. Professeur merci pour votre encadrement et votre disponibilité, merci pour votre rigueur dans le travail scientifique, merci pour vos conseils, pour votre grande gentillesse et pour la confiance que vous m'avez témoignée tout au long de cette étude. Vous avez toujours été présent pour recadrer mes recherches dans la bonne direction, vous m'avez donné même un toit lors de la réalisation des travaux *en champs* dans la localité d'Akonolinga et ceci a été capital dans la bonne réalisation de cette thèse. Professeur, soyez assuré de ma profonde gratitude ;

- Pr. MOSSEBO Dominique Claude, Co-directeur de cette thèse qui m'a accepté dès notre première rencontre dans son Laboratoire de mycologie. Professeur je tiens à vous apporter ma reconnaissance pour votre créativité, votre rigueur à la méthodologie de présentation du mémoire et à l'analyse des données ;

- Pr. AMBANG Zachée, Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales, de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I et Chef de l'Unité de Recherche Phytopathologie/Phytopharmacie du Laboratoire de Biotechnologies Végétales et Environnement pour l'accueil, les conseils et les encouragements tout au long de l'élaboration et de la réalisation de ce travail ;

- Pr. YOUMBI Emmanuel, Ex-Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales, de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, pour la rigueur au style scientifique ;

- tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Végétales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, pour la qualité de la formation apportée durant mon parcours académique ;

- Dr. KUATE TUEGUEM William Norbert pour son assistance lors de certaines manipulations en laboratoire, ses critiques et encouragements ;

- Dr. NGATSI ZEMKO Patrice, pour son assistance lors de l'analyse des données avec le logiciel R et les nombreuses et édifiantes discussions ;

- Dr. TENE et Dr. ABDULLAH YILMAZ Mustafa pour leur soutien lors de l'analyse phytochimique des extraits des graines de *Moringa oleifera* ;

- Dr. MANGA NJDAGA Jude, M. MANGA ANABA Désiré, M. KENNE Mérimée, Dr CHIMI Cédric, Dr. ZEKENG Jules Christian, pour vos encouragements, soutiens et aides ;
- toute l'équipe de l'Unité de Recherche Phytopathologie/Phytopharmacie de l'Université de Yaoundé I pour les moments passé ensemble, Dr MBOUSSI Serge, Dr HEU Alain, Dr NGANTI Dorothée et Dr NDOGHO Angèle ;
- tous mes camarades de promotion, Mme. JOU NTEUFA Christelle, M. NACK Elie, MOUNPOUBEYI NJIPIT Mamadou, ETOUNDI Florent, FORBI Preasious, FOFE, Marie Thérèse ESIAGHA EWI, FOKAM Paul Ernest, BAPPA Gislain, Mme. MASSO Jully, Mme. MAKOU Laure, Mme. TCHUINGUEM Michèle, MESSI EFFA, KENNE Steve, pour leurs encouragements et les moments de convivialités ;
- mes parents SONGWE Jacques et KENNE Cecile, mes frères, mes sœurs, pour le soutien moral, affectif et les encouragements. Je suis très content de vous ;
- mon oncle et ma tante : NGNINTEDEM Jules et NGNINTEDEM Teclair pour le soutien moral et encouragements;
- mes cousins et cousines de la grande famille MAMOFOUO et la grande famille MADAA pour les encouragements et le soutien moral. Trouvez ici l'assurance de ma profonde reconnaissance ;
- la belle famille OUEMBA, pour le soutien moral, affectif et les encouragements. Je suis très épanoui ;
- mes amis NTCHUISSI DJOUONWOU Marius, YEFA NGOULA Christiane, TSAGUE Armel, MALEYA ELOUGA Etienne, ZAMBOU DONGMO Minerve, pour le soutien moral et financier. Je suis très content de vous ;
- M. NKODO, Mme Alphonsine BEKONO et maman Fillette BEKONO, pour leur hospitalité durant notre long séjour à Akonolinga ;
- le laboratoire du Control des Pesticides du MINADER (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) pour la GC-MS des extraits
- le laboratoire de Chimie Organique de l'Université de Yaoundé I pour la concentration des extraits
- le laboratoire du Département de Chimie Pharmaceutique de la Faculté de Pharmacie de l'Université Dicle Diyarbakir de Turquie pour les analyses physico-chimiques des extraits par HPLC-MS.
- tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et dont les noms ne figurent pas ici, tous trouveront l'expression de ma très profonde gratitude.

SOMMAIRE

LISTE PROTOCOLAIRE.....	i
DÉDICACE.....	xiv
REMERCIEMENTS.....	xv
SOMMAIRE	xvii
LISTE DES FIGURES.....	xix
LISTE DES TABLEAUX.....	xxi
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xxii
RÉSUMÉ	xxiii
ABSTRACT	xxv
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	5
I.1. Généralités sur le haricot commun.....	5
I.1.1. Origines et position systématique du haricot commun.....	5
I.1.2. Biologie et écologie du haricot commun.....	5
I.1.3. Production et utilisation du haricot commun.....	8
I.1.4. Culture du haricot commun	12
I.1.5. Contraintes liées à la culture et à la productivité du haricot commun.....	14
I.2. Généralités sur <i>Sclerotinia sclerotorium</i>	15
I.2.1. Systématique et morphologie de <i>Sclerotinia sclerotorium</i>	15
I.2.2. Symptômes et cycle de développement.....	16
I.3. Généralités sur <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	18
I.3.1. Systématique de <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	18
I.3.2. Description de <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	19
I.3.3. Cycle évolutif de <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	20
I.3.4. Dégâts et pertes causés par <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	22
I.3.5. Lutttes contre les pathogènes et les ravageurs des cultures	23
I.4. Généralité sur le Moringa	26
I.4.1. Origine et classification du <i>Moringa oleifera</i> Lam.	26
I.4.2. Description botanique et écologie de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	26
I.4.3. Distribution géographique et culture de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	29
I.4.4. Utilisation du <i>Moringa oleifera</i> Lam.	29
I.5. Généralité sur les métabolites secondaires.....	31
I.5.1. Origine des Métabolites secondaires.....	31
I.5.2. Toxicité reconnue aux trois grandes familles de molécules chez les plantes.....	32
CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES	36

II.1. Matériel	36
II.1.1. Site d'étude.....	36
II.1.2. Matériel végétal	37
II.1.3. Matériel animal.....	39
II.1.4. Matériel fongique.....	39
II.1.5. Matériel chimique	39
II.1.6. Matériel technique	40
II.1.7. Matériel de laboratoire	40
II.2. Méthodes.....	40
II.2.1. Analyse phytochimique des extraits de <i>Moringa oleifera</i>	40
II.2.2. Effet des extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i> sur le développement de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	43
II.2.3. Évaluation du potentiel biopesticide des extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i> sur <i>Acanthoscelides obtectus</i>	47
II.2.4. Évaluation du potentiel pesticide des extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i> sur <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> et les insectes ravageurs du haricot commun en champ.....	50
II.3. Analyse statistique des données	55
CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	56
III.1. Résultats.....	56
III.1.1. Rendement d'extraction	56
III.1.2. Analyse phytochimique des extraits de graines de <i>Moringa oleifera</i>	56
III.1.3. Effet des extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i> sur le développement de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	66
III.1.4. Effet des extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i> contre <i>Acanthoscelides obtectus</i>	71
III.1.5. Phase d'expérimentation en Champ	75
III.1.6. Regroupement des traitements et variétés sur les deux premiers axes de l'ACP	90
III.2. Discussion	92
CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	103
IV.1. Conclusion	103
IV.2. Perspectives.....	105
BIBLIOGRAPHIE.....	106
ANNEXES	127
PUBLICATIONS	136

LISTE DES FIGURES

Fig. 1. Morphologie de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	7
Fig. 2. Symptômes de la Sclérotiniose sur le haricot commun.	16
Fig. 3. Cycle évolutif du <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> chez les cultures légumières..	18
Fig. 4. Adulte de <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	19
Fig. 5. Forme du pygidium chez les deux sexes de la bruche du haricot.....	20
Fig. 6. Cycle évolutif chez <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.	21
Fig. 7. Morphologie de l'œuf et des stades larvaires chez <i>Acanthoscelides obtectus</i>	21
Fig. 8. Morphologie des stades de nymphe chez <i>Acanthoscelides obtectus</i>	22
Fig. 9. Graines de haricot attaquées par <i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	22
Fig. 10. Feuilles du <i>Moringa oleifera</i>	27
Fig. 11. Fleurs du <i>Moringa oleifera</i>	27
Fig. 12. Fruits du <i>Moringa oleifera</i>	28
Fig. 13. Localisation du site d'étude dans l'arrondissement d'Akonolinga	37
Fig. 14. Variétés de haricot utilisées	38
Fig. 15. Fruits et graines de <i>Moringa oleifera</i> LAM.....	38
Fig. 16. Produits chimiques	39
Fig. 17. Isolement de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	44
Fig. 18. Points d'inoculation des pieds de haricot commun avec suspension des spores de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	45
Fig. 19. Schéma de mesure de la croissance mycélienne en boîte de Pétri sur milieu PDA	46
Fig. 20. Test de germination des graines de haricots traités.....	49
Fig. 21. Préparation du site expérimental : Mise en place du dispositif expérimental.....	50
Fig. 22. Dispositif expérimental.....	51
Fig. 23. Profil chromatographique des extraits de <i>Moringa oleifera</i>	61
Fig. 24. Activité inhibitrice <i>in vitro</i> des extraits organiques et aqueux de <i>M. oleifera</i> sur la croissance de <i>S. sclerotiorum</i> après 6 jours d'incubation sur milieu PDA.....	66
Fig. 25. Effet des traitements sur la croissance radiale des isolats <i>S. sclerotiorum</i>	67
Fig. 26. Droites de régression de la croissance mycélienne aux différents traitements de l'isolat 1 et l'isolat 2 de <i>S. sclerotiorum</i>	69
Fig. 27. Taux de levée des deux variétés de haricot en fonction du temps.	75
Fig. 28. Effet des traitements sur la hauteur des plants en fonction du temps	76
Fig. 29. Effet des traitements sur le diamètre au collet des plants en fonction du temps.....	77

Fig. 30. Effet des traitements sur le nombre de feuilles des plants en fonction du temps.....	79
Fig. 31. Effet de la variété sur le nombre de feuilles des plants en fonction du temps.....	79
Fig. 32. Effet des traitements sur l'incidence de la maladie en fonction du temps.....	81
Fig. 33. Parcelle de haricot commun.	82
Fig. 34. Effet des traitements sur la sévérité de la maladie en fonction du temps.	83
Fig. 35. Effet des traitements sur l'incidence des ravages en fonction du temps	86
Fig. 36. Effet des traitements sur sévérité des ravageurs plants en fonction du temps	88
Fig. 37. Analyse en composante principale entre les traitements et les paramètres étudiés chez les deux variétés de haricot commun.....	91
Fig. 38. Dendrogramme de rapprochement entre les traitements et les paramètres étudiés dans chaque variété haricot commun.....	92

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Composition type du haricot commun par 100 g de partie comestible.....	9
Tableau II. Composition en acides aminés essentiels du haricot commun par 100 g de partie comestible.	10
Tableau III. Limites écologiques de <i>Moringa oleifera</i>	28
Tableau IV. Les catégories de métabolites secondaires	32
Tableau V. Caractéristiques des deux variétés de haricot commun.	38
Tableau VI. Protocole du screening chimique des extraits des graines de <i>M. oleifera</i>	41
Tableau VII. Rendement d'extraction (%) et caractérisation des extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i>	56
Tableau VIII. Screening phytochimique des extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i>	57
Tableau IX. Composition chimique de quelques extraits de graines de <i>Moringa oleifera</i>	58
Tableau X. Composition des constituants trouvés dans les différents extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i> par GC-MS	62
Tableau XI Corrélation entre le pourcentage d'inhibition et concentrations des différents extraits sur les isolats de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	68
Tableau XII Concentrations minimales inhibitrices (CMI ₅₀ et CMI ₉₀) de la croissance mycélienne des isolats de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> avec les différents extraits testés	70
Tableau XIII. Activité antifongique des extraits de graines de <i>S. sclerotiorum</i>	71
Tableau XIV. Évolution du taux de mortalité (%) des adultes de <i>Acanthoscelides obtectus</i> après contact avec les extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i>	71
Tableau XV: Variation du nombre d'œuf pondu par les adultes de <i>Acanthoscelides obtectus</i> et du taux de viabilité (%) de ces derniers en fonction des différents traitements.....	73
Tableau XVI: Variation de la perte pondérale des graines de haricot commun conservées en fonction des différents traitements	74
Tableau XVII : Taux de germination des graines de haricot traitées par les extraits des graines de <i>Moringa oleifera</i> et non traitées (témoin)	74
Tableau XVIII. Efficacité technique des extraits en champ.	84
Tableau XIX : Fréquence d'attaque des principaux ravageurs observés en champ.....	84
Tableau XX: Efficacité technique des extraits sur les insectes ravageurs du haricot commun en champ.....	89
Tableau XXI. Rendement en grains des deux variétés dans les différents traitements.....	90

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ANOVA	: Analysis of Variance
CMI	: concentration minimale inhibitrice
EDS	: eau distillée stérilisée
EGM	: extrait des graines de <i>Moringa oleifera</i>
EGMA	: extrait des graines de <i>Moringa oleifera</i> à l'Acétone
EGMAQ	: extrait aqueux des graines de <i>Moringa oleifera</i>
EGME	: extrait des graines de <i>Moringa oleifera</i> à l'Éthanol
EGMM	: extrait des graines de <i>Moringa oleifera</i> au Méthanol
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FM80wp	: fongicide ayant 80 % de manèbe
GC-MS	: Chromatographie en phase gazeuse couplé d'une spectrométrie de masse
HPLC-MS	: Chromatographie en phase liquide à haute performance couplée à la spectrométrie de masse
IC50 _{EC}	: insecticide ayant 50 % de Cyperméthrine
IPM _{2%}	: insecticide ayant 2 % de pyrimiphos méthyl
IRAD	: Institut de Recherche Agricole pour le Développement
JAS	: Jour Après Semis
MINADER	: Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
nd	: non déterminé
PDA	: Potatoes Dextrose Agar
SAS	: Semaine Après Semis

RÉSUMÉ

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est la deuxième légumineuse la plus cultivée au Cameroun après l'arachide pour sa richesse en amidon et en protéines. Sa production reste cependant limitée à cause des maladies dont la plus importante est la pourriture blanche (sclérotiniose) et des insectes ravageurs causant les pertes pouvant aller de 45 à 100 % en champ comme en stockage. Pour combattre ces bioagresseurs, les produits chimiques sont couramment utilisés. Bien qu'efficace, la forte utilisation des pesticides de synthèse a un impact sur l'environnement et la santé humaine. L'adoption des méthodes alternatives plus respectueuses de la santé humaine et de l'environnement à l'instar des plantes à potentiels pesticides est impérative et d'actualité. L'objectif de cette étude est de contrôler les attaques de *Sclerotinia sclerotiorum* et des insectes ravageurs sur le haricot commun par les extraits des graines de *Moringa oleifera* (EGM). Un Screening phytochimique, l'analyse par HPLC-MS et GC-MS des différents extraits ont été réalisés. *In vitro*, quatre extraits (à l'Acétone, à l'Éthanol, au Méthanol et aqueux) aux concentrations (C1 : 12,5 ; C2 : 25 ; C3 : 50 µl/ml), un témoin (C0 : 0 µl/ml) et une dose de (3,33 g/l) de fongicide de synthèse ayant 80 % de Manèbe comme matière active ont été testés sur deux isolats de *Sclerotinia sclerotiorum*. Les paramètres tels que le pourcentage d'inhibition, concentrations minimales inhibitrices (CMI 50 et 90) de la croissance mycélienne ont été déterminés. *In vivo*, les tests de toxicités des extraits à l'Acétone, à l'Éthanol, au Méthanol aux concentrations (C1 : 12,5 ; C2 : 25 et C3 : 50 µl/ml), un témoin et un insecticide de synthèse ayant 2 % de Pyrimiphos méthyl comme matière active ont été évalué sur les populations insectes adultes de *Acanthoscelides obtectus* en stockage en utilisant la variété MEX. L'expérimentation en champ a été réalisée selon un dispositif en split-plot avec quatre répétitions. Les paramètres de croissance, l'incidence et sévérité de la maladie, les dégâts causés par les insectes tout comme le rendement ont été évalués sur deux variétés améliorées de haricot commun (V1 : GLP 190 S et V2 : NITU G16187) et cinq traitements (T0 : témoin, T1 : insecticide ayant 50 % de Cyperméthrine comme matière active, T2 : extraits aqueux de *M. oleifera*, T3 : extraits éthanoliques de *M. oleifera*, T4 : fongicide ayant 80 % de Manèbe comme matière active). Les résultats de l'analyse phytochimique réalisée par HPLC-MS et GC-MS ont révélé la présence de plusieurs composés (Hesperidin, acide quinique, acide gallique, l'acide n-Hexadécanoïque, l'acide Tridécanoïque, acide salicylique et Apigénin etc.) appartenant aux grandes familles des métabolites secondaires ayant une activité biopesticide connue. Les résultats *in vitro* montrent que l'extrait acétonique et éthanolique de *M. oleifera* à la concentration (C3 = 50 µl/ml) ont eu un pourcentage d'inhibition de 97,18 et 100 %

respectivement pour l'isolat 1 puis de 56,02 et 97,44 % respectivement pour l'isolat 2. Les plus faibles concentrations minimales inhibitrices (CMI₅₀) ont été obtenues avec l'extrait à l'Éthanol, soit 0,87 et 1,70 µl.ml⁻¹ pour l'isolat 1 et 2 respectivement. Les faibles CMI₉₀ (2,30 et 2,59 µl.ml⁻¹) ont été obtenues avec l'extrait à l'Éthanol pour les isolats 1 et 2 respectivement. *In vivo*, le pourcentage de mortalité des insectes traités aux EGM à la dose (C3 : 50 l/ml) n'est pas significativement différent du traitement à l'insecticide chimique. Le nombre d'œufs pondus a été plus élevé dans le témoin (236,67 œufs) comparativement aux traitements à l'extrait au méthanol (2,66 œufs) et à l'acétone (0,00 œuf) à la dose C3. En champ, les résultats montrent que les extraits ont inhibé le développement de la maladie sur les deux variétés de haricot. À 8 SAS de la campagne (2016-2017), les parcelles traitées à l'extrait aqueux (17,86 % et 8,64 %) et l'extrait éthanolique (11,7 % et 7,91 %) ont enregistré une sévérité de la maladie plus faible comparée aux parcelles témoins (47,32 % et 56,14 %) respectivement pour la variété V1 (NITU G16187) et V2 (GLP 190S). Pour ce qui est des dégâts causés par les insectes ravageurs, à 8 SAS de la campagne (2016-2017) on enregistre une sévérité d'attaque élevée dans les parcelles témoins (28,89 % et 33,45 %) que celle des parcelles traitées à l'extrait aqueux (14,44 % et 13,55 %) et à l'extrait éthanolique (12,82 % et 13,33 %) respectivement pour la variété V1 et V2. Durant les campagnes 2016-2017 et 2017-2018, la variété V1 (GLP 190S) a un rendement en grains de 1501,6 et 1485,9 kg/ha dans les parcelles traitées à l'extrait à l'éthanol, de 1222,9 et 1277,8 kg/ha dans les parcelles traitées à l'extrait aqueux et les parcelles témoins enregistrent un rendement de 774,25 et 737,75 kg/ha. Les extraits aqueux et organiques de graines de *M. oleifera* contiennent des molécules phytochimiques qui seules ou en interaction ont une activité antifongique et insecticide contre la sclérotiniose et les ravageurs du haricot. Ces extraits ont réduit de manière significative les dommages causés par les insectes ravageurs du haricot commun en champ et en stockage et l'impact de *S. sclerotiorum* sur les plants de haricot et par conséquent, ils peuvent être utilisés comme une alternative aux produits chimiques.

Mots clés : *Phaseolus vulgaris*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Acanthoscelides obtectus*, *Moringa oleifera*, extraits des graines, molécules phytochimiques, insecticide chimique.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the second most cultivated legume in Cameroon after groundnut because of its high starch and protein. However, its production remains limited because of diseases, the most important of which is white rot (*Sclerotinia* diseases) and insect pests causing losses that can range from 45 to 100% in the field and in storage. Faced with pest's threat, the most commonly used control method is chemical control. Although this method is the most effective, its use remains have an impact on the environment and human health. The adoption of alternative solutions that are friendlier to human health and the environment is essential. The use of plant extracts as an alternative to chemical pesticides in the fight against pathogens and insect pests of crops is imperative and topical. The objective of this study is to control the attacks of *S. sclerotiorum* and insect pests on common bean by *Moringa oleifera* seed extracts (EGM). Phytochemical screening, analysis by HPLC-MS and GC-MS of the different extracts were carried out. *In vitro*, four extracts (acetone, ethanol, methanol and aqueous) at concentrations (C1: 12.5; C2: 25 and C3: 50 l/ml), a control (C0: 0 l/ml) and a dose of (3.33 g/l) synthetic fungicide having 80% of Manebe as active ingredient were tested on two isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*. The percentages of inhibition, concentrations reducing mycelial growth by 50 and 90%, were determined. *In vivo*, the pesticidal potency of *M. oleifera* seed extracts (acetone, ethanol, methanol) at concentrations (C1: 12.5; C2: 25 and C3: 50 l/ml), a control (C0: 1 ml of ethanol) and a synthetic insecticide having 2% of Pirimiphos-methyl as active ingredient was evaluated on adult *Acanthoscelides obtectus* insects in storage using the MEX variety common bean. The field experiment was carried out using a split-plot design with four repetitions. Growth parameters, disease incidence and severity, insect damage and yield were assessed on two improved common bean varieties (V1: GLP 190 S and V2: NITU G16187) and five treatments (T0: control, T1: insecticide having 50% of Cypermethrin as active ingredient, T2: *M. oleifera* aqueous extracts, T3: *M. oleifera* ethanol extracts, T4: fungicide having 80% of Manebe as active ingredient). The results of the phytochemical analysis by HPLC-MS and GC-MS revealed the presence of several compounds such as Hesperidin, quinic acid, gallic acid, Protocatechic acid, 4-OH Benzoic acid, Cyanoside, Isoquercitrin, Cosmosiin, Quercitrin, Luteolin, Naringenin, Salicylic acid, Fumaric acid, Aconitic acid, n-Hexadecanoic acid, tridecanoic acid, Cis-Vaccenic acid and Apigenin etc. belonging to the main families of secondary metabolites with known biopesticidal activity. The *in vitro* results show that acetone and ethanolic extracts of *M. oleifera* showed at the highest concentration (C3: 50 l/ml) a percentage inhibition of 97.18 and 100% respectively for isolate

1 and 56.02 and 97.44% respectively for isolate 2. The lowest minimum inhibitory concentrations (MIC₅₀) were obtained with the Ethanol extract (0.87 and 1.70 µl.ml⁻¹ for isolate 1 and 2 respectively). Lower MIC₉₀ (2.30 and 2.59 µl.ml⁻¹) were obtained with the Ethanol extract for isolates 1 and 2 respectively. *In vivo*, the insects mortality rate treated with EGM at the dose (C3: 50 l/ml) is not significantly different from the treatment with the chemical insecticide. The number of eggs laid was higher in the negative control (236.67 eggs) compared to the Methanol extract (2.66 eggs) and Acetone (0.00 egg) at dose (C3: 50 l/ml). In the field, the results show that the extracts inhibited the development of the disease in both varieties. At 8 SAS of the campaign (2016-2017) the plots treated with aqueous extract (17.86% and 8.64%) and ethanolic extract (11.7% and 7.91%) showed lower disease severity compared to the T0 control treatment (47.32% and 56.14%) in the two varieties V1 (NITU G16187) and V2 (GLP 190S) respectively. Concerning damage caused by insect pests, at 8 SAS of the campaign (2016-2017) a high severity of attack was recorded in the control plots (28.89% and 33.45%) compared to plots treated with the Aqueous extract (14.44% and 13.55%) and with the Ethanolic extract (12.82% and 13.33%) respectively for the V1 and V2 varieties. Plots treated with aqueous extract (1222.9 and 1277.8 kg/ha) and ethanol extract (1501.6 and 1485.9 kg/ha) of variety V1 (GLP 190S) respectively obtained significantly higher yields in both seasons (2016-2017; 2017-2018) than the control plots (774.25 and 737.75 kg/ha). The aqueous and organic extracts of *Moringa oleifera* seeds contain phytochemicals molecules which alone or in interaction with each other have antifungal and insecticidal activity against *Sclerotinia* diseases and bean pests. These extracts significantly reduced the damage caused by insect pests of common bean in the field and in storage and the impact of *S. sclerotiorum* on bean plants and therefore they can be used as an alternative to chemical pesticides.

Key words : *Phaseolus vulgaris*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Acanthoscelides obtectus*, *Moringa oleifera*, seed extracts, phytochemicals molecules, chemical insecticide.

INTRODUCTION

Introduction

L'agriculture reste au Cameroun la principale activité tant par sa contribution au PIB que pour les effets d'entraînement sur d'autres secteurs d'activité. Par ailleurs l'agriculture occupe 62 % de la population active (Anonyme, 2012). Parmi les produits agricoles vivriers pratiqués au Cameroun, le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est la deuxième légumineuse la plus cultivée après l'arachide en raison de sa richesse en amidon et en protéines et de son importance dans les habitudes alimentaires des populations (Anonyme, 2019).

La production mondiale du haricot commun a été estimée à 27,41 millions de tonnes en 2020. L'Afrique a produit environ 7,4 millions de tonnes soit environ 27 % de la production mondiale. Le Cameroun est 7^{ième} pays le plus producteur en Afrique avec une production estimée à environ 371542 tonnes pour une superficie de 289607 hectares (Anonyme, 2022).

Compte tenu de sa faible exigence en termes de coût de production, et de son extrême rusticité, cette spéculatation constitue une ressource de choix dans la bataille pour la sécurité alimentaire et le développement socio-économique chez les populations à faibles revenus. Cependant, au Cameroun et plus particulièrement en milieu paysan sa productivité demeure de plus en plus faible. Plusieurs causes peuvent expliquer cette baisse du rendement notamment les problèmes du changement climatique, la dégradation des ressources naturelles, le non-respect des bonnes pratiques agricoles, l'utilisation des variétés à rendement faible, la faible fertilité des sols, l'utilisation limitée des pesticides et engrais, l'absence de liens étroits efficaces et durables entre la recherche et les utilisateurs des produits de recherche, l'indisponibilité des semences de qualité, la mécanisation de la culture très rudimentaire voir non existante (Rubyogo and Nounamo, 2013). A tout ceci s'ajoutent les attaques des insectes ravageurs et des maladies, problèmes majeurs auxquels font face les différents producteurs. Les pertes occasionnées par ces parasites sont souvent très importantes allant jusqu'à 100 % en champ (Bolton *et al.*, 2006 ; Buruchara *et al.*, 2010) et 30 à 40 % en stockage (Gueye *et al.*, 2011 ; Savković *et al.*, 2019).

Parmi les maladies fongiques, la Sclérotiniose du haricot commun encore appelée pourriture blanche (white mold) est l'une des maladies majeures causée par *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *S. sclerotiorum* est l'un des plus dévastateurs et cosmopolite agent pathogène des légumineuses. Ce champignon affecte les feuilles, les tiges et les gousses du haricot commun et engendre des pertes importantes pouvant aller à 100 % dans les champs en l'absence de moyens de lutte appropriés (Bolton *et al.*, 2006 ; Buruchara *et al.*, 2010). Cette perte de rendement affecte de manière remarquable les revenus des paysans de même que la

sécurité alimentaire des populations. *Sclerotinia sclerotiorum* décrit pour la première fois en 1837 s'attaque à plus de 400 espèces selon Boland and Hall, (1994), majoritairement des dicotylédones telles que le tournesol, le soja, le colza, le haricot commun, le pois chiches, l'arachide, le pois sec, les lentilles et divers légumes, mais aussi des espèces monocotylédones comme l'oignon et la tulipe (Boland and Hall, 1994). Le champignon se propage rapidement à travers le pétiole vers la tige causant une lésion humide de couleur gris-verdâtre puis beige, d'où le nom de pourriture blanche (white mold) (Saharan and Mehta, 2008).

De nombreuses espèces d'insectes ravageurs attaquent également le haricot en champ et occasionnent des dégâts sur la plante. Ils affectent négativement non seulement le rendement du haricot mais aussi déprécient la qualité des fruits récoltés. Les ravageurs du haricot en champ sont des défoliateurs, appartenant le plus souvent à l'ordre des Coleoptera, des Orthoptera, des Hemiptera, des Blattoptera et des Lepidoptera. Ces différents ravageurs atteignent souvent leur maximum vers la fin de la croissance végétative ou, un peu plus tard, durant la floraison aboutissant à une réduction de la surface foliaire. La défoliation provoquée par ces insectes entraîne une baisse de la photosynthèse et par conséquent peuvent perturber très fortement la formation des gousses puis des graines (Pollet *et al.*, 1987). Certains ravageurs sont vecteurs de bactéries et de virus, ou facilitent le développement des champignons. L'insecte peut être directement porteur d'agents pathogènes ou leur permettre d'entrer dans les tissus végétaux par les lésions qu'il cause (Gourmel, 2014).

Parmi les ravageurs de stock de haricot commun entreposé, *Acanthoscelides obtectus* Say est un ravageur appartenant à l'ordre des Coléoptères des zones tropicales et subtropicales. Originaire des régions Andines Equatoriales en Amérique du Sud, *Acanthoscelides obtectus* est un phytophage pouvant causer d'après des études réalisées dans divers pays, des pertes en poids des graines supérieures à 80 % après six ou sept mois de conservation (Sanon *et al.*, 2002). Cette perte de poids est causée exclusivement par le stade larvaire qui creuse des galeries dans les cotylédons, utilisant les réserves contenues à ce niveau et rejette leurs excréments riches en acide urique dans ces galeries (Habibi, 1998). L'apport d'acide urique et de fragments de chitine donne aux haricots contaminés un goût les rendant impropres à la consommation pour l'homme (Balachowsky, 1963).

Les pesticides de synthèse sont synonymes d'agriculture moderne. Ils contrôlent des milliers d'espèces d'insectes nuisibles, les mauvaises herbes, les champignons et les nématodes qui font concurrence à nos produits alimentaires afin de garantir une autosuffisance alimentaire des populations (Carmichael *et al.*, 2008). La forte utilisation de ces produits considérée comme un préalable à la réussite d'une stratégie de développement agricole rapide est aujourd'hui

questionnée (Salim, 2011). Les travaux de Branchet *et al.*, (2018) sur les contaminations des eaux souterraines par les pesticides chimiques illustrent bien l'ampleur de cette menace pour l'environnement. Egalement l'apparition de nouvelles formes de résistances des pestes et insectes visés, du déséquilibre dans la chaîne alimentaire, des troubles de santé observés chez les consommateurs et les producteurs sont attribués aux pesticides de synthèse (Manga *et al.*, 2021 ; Gueye *et al.*, 2011 ; Belkebir, 2018). Face à ces nuisances, pour lutter contre les ennemies des plantes cultivées afin d'atteindre une autosuffisance alimentaire tout en garantissant la préservation de la qualité des eaux, des sols et des fruits et légumes destinés à la consommation humaine, des méthodes durables, alternatives aux pesticides chimiques doivent être développées.

Encourager l'éco-friendly bio pesticides en élaborant des méthodes alternatives capables de réduire l'utilisation à grande échelle de pesticides chimiques s'avère nécessaire selon (Zechendorf, 1994 ; Peterson, 2000). Les orientations doivent désormais avoir le regard tourné vers les molécules botaniques naturelles (Adetonah *et al.*, 2005).

Certaines plantes, grâce aux effets pesticides de leurs extraits ont fait l'objet de nombreuses études afin de pouvoir réduire les pertes occasionnées par les parasites des cultures (Ambang *et al.*, 2010 ; Anita *et al.*, 2012 ; Kulimushi, 2015 ; Ngatsi *et al.*, 2020 ; Shah *et al.*, 2017 ; Sherin, 2018 ; Oliveira *et al.*, 2020). Ces extraits sont biodégradables, moins coûteux, faciles à manipuler, sains, respectueux de l'environnement et de la santé humaine ; pouvant ainsi substituer les produits chimiques qui causent beaucoup de risques sur la santé humaine et sur l'environnement (Kulimushi, 2015).

Comme la plupart des produits végétaux à effet pesticide biodégradable, l'activité antiparasitaire des graines de *Moringa oleifera* a déjà fait l'objet de nombreuses études, au terme desquelles ils lui ont été attribué entre autres des propriétés fongicides (Ayirezang *et al.*, 2020), bactéricides (Valarmathy *et al.*, 2010) et insecticide (Anita *et al.*, 2012 ; Ezeaku *et al.*, 2015 ; shah *et al.*, 2017 ; Oliveira *et al.*, 2020). Vu le caractère biopesticide de cette plante, les questions suivantes peuvent être posées :

- quelles peuvent être les différentes classes des métabolites secondaires présentes dans les extraits des graines de *Moringa oleifera* (EGM) ?
- les EGM peuvent-ils inhiber la croissance radiale des isolats de *S. sclerotiorum* ?
- les EGM peuvent-ils contrôler la densité et l'agressivité de *A. obtectus* sur le haricot en stockage ?
- les EGM peuvent-ils réduire le développement de la pourriture blanche et les attaques des insectes ravageurs du haricot en champ ?

Dans le cadre du présent travail, quatre hypothèses de recherche ont été formulées :

- plusieurs classes des métabolites secondaires sont présentes dans les EGM ;
- les EGM influencent la croissance radiale des isolats de *Sclerotinia sclerotiorum* ;
- les EGM contrôlent la densité et l'agressivité de *A. obtectus* sur le haricot en stockage;
- les EGM réduisent le développement de la sclérotiniose et les attaques des insectes ravageurs du haricot commun en champ ;

Au terme de ces questionnements, l'objectif général de ce travail est de Contrôler les attaques de *Sclerotinia sclerotiorum* et des insectes ravageurs sur le haricot commun par les extraits des graines de *Moringa oleifera*. Plus spécifiquement il a été question de :

- réaliser une analyse phytochimique des extraits des graines *M. oleifera* afin d'apprécier leur composition en métabolites bioactifs ;
- examiner l'effet des extraits des graines *M. oleifera* sur le développement de quelques isolats de *Sclerotinia sclerotiorum in vitro* ;
- évaluer l'action des extraits des graines de *M. oleifera* sur *A. obtectus* en stockage
- apprécier l'influence des extraits des graines de *M. oleifera* vis-à-vis des insectes ravageurs et de la pourriture blanche du haricot commun en champ.

Le présent travail qui s'inscrit dans le cadre de la lutte intégrée revêt un intérêt sur plusieurs plans : scientifiques, économiques et écologiques.

- sur le plan scientifique, le présent travail a permis de maîtriser le criblage phytochimique des EGM, la détermination des doses efficaces pouvant être utilisées en protection du haricot commun en champ et en stockage ;
- sur le plan écologique, les EGM peuvent protéger les cultures tout en préservant l'environnement par la réduction de la pollution et des perturbations des équilibres écologiques généralement causées par les substances chimiques puisque les formulations à base des graines de *Moringa* sont des composés biodégradables ;
- sur le plan économique, une évaluation des métabolites secondaires responsables de son activité pesticide devra d'avantage valoriser cette plante (à travers sa culture à grande échelle et la mise au point d'une structure de production des formulations à base du *Moringa*) ayant pour conséquence le renforcement de l'autonomie du pays vis-à-vis des biopesticides et la création des emplois. Par ailleurs, le potentiel moindre coût de ces produits, ainsi que leur disponibilité doivent contribuer à augmenter le gain des paysans dans la production agricole du haricot commun et de lutter contre l'insécurité alimentaire.

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTÉRATURE

I.1. Généralités sur le haricot commun

Le terme haricot, en latin *Phaseolus*, est un genre de plantes de la famille des Fabaceae qui regroupe les espèces de haricot au sens strict, soit environ quatre-vingts espèces de plantes herbacées annuelles, dont quatre présentent un réel intérêt économique et agricole. La plus connue est le haricot commun ; *Phaseolus vulgaris* (Anonyme, 1993).

I.1.1. Origines et position systématique du haricot commun

Le haricot commun, comme tous les haricots du genre *Phaseolus*, est originaire d'Amérique du Sud et d'Amérique centrale (Chacón *et al.*, 2005). Il a été domestiqué depuis plus de 5 000 ans, indépendamment en Amérique centrale (Mexique et Guatemala) et dans les Andes (principalement au Pérou), avant d'être transporté vers d'autres continents à partir du XVI^e siècle (Bernal & Graham, 2001).

Le haricot commun de nom scientifique (*Phaseolus vulgaris* L.) d'après la classification classique appartient au phylum des Chlorophytes, de l'embranchement des Spermaphytes, de la super-classe des Angiospermes ; il appartient à la classe des Dicotylédones, l'ordre des Fabales, la famille des Fabaceae. Le haricot est retrouvé dans la sous-famille des Papilionoideae, la tribu des Phaseoleae, la sous-tribu des Phaseolinae ; il appartient au genre *Phaseolus* (Gepts, 2001). Le genre *Phaseolus* regroupe notamment les cinq espèces cultivées à savoir : *Phaseolus acutifolius* A. Gray, *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Geem et le haricot commun *P. vulgaris* L. (Polèse, 2006). *Phaseolus vulgaris* est la plus importante et la plus cultivée.

I.1.2. Biologie et écologie du haricot commun

I.1.2.1. Biologie du haricot commun

Avec pour formule chromosomique $2n = 22$ et d'un métabolisme carboné particulier (type C3), le haricot commun dont le cycle est de 90 à 120 jours (Péron, 2006), est une plante herbacée annuelle à germination épigée, à croissance déterminée ou indéterminée constituée par l'assemblage de trois organes : racines, tige, feuilles, formant un appareil végétatif, tandis que le fruit et la fleur forment l'appareil reproducteur (Diaw, 2012). On observe deux grands groupes : les haricots grimpants (dits haricots à rame) et les haricots nains à port érigé et plus ramifié. Le haricot peut prendre plusieurs types de port selon les variétés ; et son port est essentiellement déterminé par son génotype. Toutefois les conditions écologiques aux différents stades phénologiques peuvent l'influencer. Ainsi, une température chaude (30 °C) au stade de

la première feuille trifoliolée déclenche toujours le port volubile ; on peut également obtenir des plantes à port intermédiaire (Wan der Burg, 2004). Ainsi, les caractéristiques morphologiques des différents organes du haricot commun sont entre autres : les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs, les gousses et les graines.

Le haricot commun possède une racine principale non dominante qui est très rapidement complétée de racines latérales. Les racines peuvent atteindre un mètre de profondeur si le sol s'y prête. Elles sont le siège du phénomène de « nodulation », les nodules étant des excroissances provoquées par l'infestation par des bactéries du genre *Rhizobium* (notamment *Rhizobium tropicii*, *R. phaseoli*, *R. Leguminosarium biovar* et *R. etli*) qui sont les principales espèces nodulant le haricot (Sawada *et al.*, 2003). Ces bactéries vivent en symbiose avec la plante. Elles reçoivent par la sève des hydrates de carbone et fournissent de l'ammonium synthétisé à partir de l'azote atmosphérique (Campbell and Reece, 2007). Les conditions optimales pour le développement des nodosités sont d'une température de 25 à 35 °C et un pH de 6 à 7 (Wan der Burg, 2004).

Les tiges sont plus ou moins longues suivant les variétés. Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long pour le haricot à rames ; les tiges courtes ne dépassent guère 40 à 60 cm de long pour le haricot nain. Toutes ces tiges plus ou moins couvertes de poils, sont cannelées et rugueuses (Hamdani, 2012). Les tiges grimpantes sont peu ramifiées et s'enroulent autour de leur support dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (tige volubile « sinistrose »).

Les feuilles adultes de *P. vulgaris* sont entières, pétiolées et légèrement pubescentes à trois nervures. On distingue deux types : deux feuilles opposées simples qui s'attachent face à face sur la tige et des feuilles trifoliolées alternes, mesurant 7,4 à 14 cm de long sur 5,5 à 10 cm de large. Les folioles latérales sont asymétriques, la centrale est symétrique (Hamdani, 2012) (Fig. 1a).

La fleur hermaphrodite (Fig. 1b), est papilionacée : un calice tubulaire à cinq lobes et une corolle formée de cinq pétales dont l'étendard, deux ailes et une carène composée de deux pétales inférieurs, internes et soudés à leurs bords inférieurs. Cette carène renferme dix étamines (9 étamines soudées par leur base et une étamine libre) et un ovaire supère (une loge renfermant 4 à 8 ovules (Satabie, 1989). La couleur des pétales varie du blanc verdâtre au carmin (Brink and Belay, 2006). La germination du pollen a généralement lieu au moment de l'anthèse. Ainsi, la pollinisation avant l'ouverture du bouton floral, la position très proche des anthères et du stigmate dans la carène et la maturation presque simultanée du pollen et du stigmate sont trois facteurs favorisant l'autofécondation surtout la nuit (Brink and Belay, 2006).

Les fleurs sont portées sur les grappes axillaires courtes, de 10 à 15 fleurs. La couleur de la fleur est généralement indépendante de celle des graines et peut être blanche, rose, rouge, violette, jaunâtre ou même bicolore.

Deux à trois semaines après l'anthèse, le fruit qui est une gousse atteint ses dimensions maximales. Les gousses sont allongées, généralement droites et terminées par une pointe (Fig. 1c). Leur couleur varie selon les cultures du vert pale ou du jaune au vert foncé. Elles sont tachées de couleurs diverses à maturité (Guignard, 1998). Elles mesurent 4 à 25 cm de long à deux valves contenant 4 à 10 graines (Nyabyenda, 2005). Le nombre de graines ainsi que la longueur des gousses du haricot varient selon le cultivar. Les graines sont réniformes, arrondies plus ou moins allongées, à section circulaire ou plus ou moins aplaties et plus ou moins grosses selon les variétés. Le tégument peut être noir, blanc ou revêtu de différentes nuances de jaune, brun, rouge ou rose (Chaux and Foury, 1994). Les graines contiennent un embryon à deux cotylédons volumineux dans lesquels s'accumulent les réserves nécessaires à la croissance future de la plantule, avant que le relais soit pris par les premières feuilles chlorophylliennes. Les graines peuvent garder leur faculté germinative de 3 à 5 ans (Brink and Belay, 2006).



Fig. 1. Morphologie de *Phaseolus vulgaris* L. a : feuilles ; b : Fleurs ; c : fruits. (Anonyme, 2015 ; Anonyme, 2021a ; Rania *et al.*, 2010)

I.1.2.2. Biologie et écologie du haricot commun

En Afrique tropicale, le haricot commun s'adapte bien à des altitudes de 1 200 à 2 200 m, où les températures moyennes pendant la saison de croissance sont de 15 à 35 °C (Westphal *et al.*, 1985). La plante supporte de temps en temps des températures journalières de 35 °C, mais cela aboutit souvent à l'avortement des fleurs. On trouve des productions de haricot commun là où la pluviométrie moyenne au cours de la saison de croissance est de 250 mm ; toutefois, on estime que 50 % de la production a eu lieu dans les régions où la moyenne pluviométrique est supérieure à 400 mm. Selon Rosales *et al.*, (2012), le déficit hydrique cause plus de 80 %

de perte dans plus de 60 % des zones de production du haricot ; c'est aussi une plante qui craint les trop fortes humidités.

Le pH optimal du haricot commun est de 6,0 à 7,5. En Afrique tropicale, la majeure partie de la production se fait sur des sols dont le pH est de 5 à 6 ; il préfère les sols sableux humifères et silico-argileux. C'est une plante de lumière ; son optimum de croissance est estimé à 10 000 lux (Doré and Varoquaux, 2006).

I.1.3. Production et utilisation du haricot commun

I.1.3.1. Production du haricot commun

Le haricot commun est bien produit de nos jours dans le monde et principalement en Amérique latine et en Afrique. En Amérique latine, il est répandu dans la zone amazonienne du Brésil, dans la Cordillère des Andes et en Amérique centrale. En Afrique, il est surtout produit en Afrique centrale, subsaharienne et orientale (Nyabyenda, 2005, Huignard *et al.*, 2011).

I.1.3.1.1. Production du haricot commun dans le monde

À l'échelle mondiale, le haricot commun est classé au premier rang des légumineuses consommées en légumes secs, avec une production estimée à 27,41 millions de tonnes sur une superficie de 34,47 millions d'hectare en 2020 (Anonyme, 2022).

L'Afrique produit environ 6 à 7 millions de tonnes par an sur environ 7 à 8 millions d'hectares (Anonyme, 2022). Les gros producteurs d'Afrique tropicale (100 000-600 000 ha/an) sont la République démocratique du Congo, le Rwanda, le Burundi, l'Éthiopie, le Kenya, l'Ouganda, la Tanzanie, le Malawi, l'Angola et le Mozambique ; les petits producteurs (2000-100 000 ha/an) sont le Cap-Vert, le Niger, le Cameroun, le Soudan, la Zambie et le Zimbabwe. La plus grande part des haricots secs produits en Afrique tropicale est autoconsommée, mais 40 % peuvent être commercialisés et approvisionnent les zones urbaines et l'export, ce qui représente une valeur de 200 millions de dollars par an payée aux producteurs. Les échanges commerciaux avec les pays voisins sont importants. Par exemple, des quantités notables passent de l'Ouganda au Kenya, au Rwanda et au Soudan ; ce qui n'empêche pas l'Ouganda d'en importer éventuellement de ces pays lorsque des déficits se présentent ici et là. Un exemple de commerce de haricots sur de longues distances est le transport entre le Kivu (à l'Est de la R.D. du Congo) et Kisangani puis Kinshasa, en redescendant le fleuve Congo. Une partie de la production de haricot est destinée à l'export pour des marchés spécialisés, comme celle

d’Ethiopie pour l’Europe et le Proche-Orient, et celle du Nord de la Tanzanie aussi pour l’Europe (Wortmann, 2006).

I.1.3.1.2. Production du haricot commun au Cameroun

Au Cameroun, le haricot commun est la deuxième légumineuse la plus cultivée après l’arachide en raison de sa faible exigence en termes de coût de production et de son importance dans les habitudes alimentaires des populations avec une production nationale estimée à 390816 tonnes sur 300153 hectares en 2016 (Anonyme, 2022). Le haricot est cultivé essentiellement au Cameroun dans les régions du Nord-Ouest et de l’Ouest. Avec l’introduction de douze nouvelles variétés, la production camerounaise du Haricot est partie de 234218 tonnes en 2005 à 390816 tonnes en 2016 et le rendement de 11375 hg/ha en 2005 à 13021 hg/ha en 2016. Soit un taux d’accroissement de 66,86 % de la production nationale et un rendement accru de 0,16 t/ha inondant tous les marchés nationaux et internationaux (Anonyme, 2022).

I.1.3.2. Importance du haricot commun

I.1.3.2.1. Importance alimentaire

Le haricot commun est une culture vivrière de base dans plusieurs pays d’Amérique Latine et d’Afrique et de ce fait joue un rôle très important dans l’alimentation humaine et fournit dans certaines régions plus de 45 % des protéines consommées.

De par sa richesse en protéine, le haricot joue un grand rôle dans la couverture des besoins alimentaires en protéines pour les pays en voie de développement et compense le manque de sources de protéines animales pour une grande partie de la population (Broughton *et al.*, 2003). Le haricot fournit une grande quantité de vitamines B, de calcium, de fer, de phosphore, de potassium et de zinc (Huignard *et al.*, 2011).

En effet le haricot apporte à l’organisme des Glucides (41,9 %), et des fibres alimentaires (18,1 %), des protéines (22 à 24 %), des oligoéléments (Mn, Zn, Fe, Cu, Na, P, Se et Cl ; vitamines B1, B2, PP, B5, B6, E) et une faible quantité de lipide (1,5 %) (Tableau I).

Tableau I. Composition type du haricot commun par 100 g de partie comestible (Holland *et al.*, 1991).

Eléments	Valeurs
Eau	11,3 g
Energie	1218 KJ (291Kcal)
Protéines	21,4 g
Lipides	1,6 g
Glucides	49,7 g

Fibres alimentaires	22,9 g
Ca	180 mg
Mg	180 – 310 mg
Fe	6,7 mg
Zn	2,8 mg
Carotènes	Traces
Thiamine	0,45 mg
Riboflavine	0,13 mg
Niacine	2,5 mg
Vitamine B6	0,56 mg
Acide ascorbique	Traces

Parce que riches en protéines et moins chers que la viande, les haricots sont parfois considérés comme « la viande des pauvres ». La forte teneur en certains acides aminés essentiels de leurs protéines, particulièrement la lysine et dans une moindre mesure la méthionine et le tryptophane, complète favorablement celle du maïs, pauvre en lysine dans un régime à base de maïs, pratiqué traditionnellement dans certaines régions du Cameroun (Anonyme, 2013) (tableau II). La composition n'est pas en soi un indicateur fiable de la valeur nutritive, car le haricot est peu digeste. Une bonne part du phosphore est liée à des *Phytates* et les protéines ne sont digestibles qu'à 55-65 %. Le haricot nécessite généralement une cuisson longue et il peut s'avérer « dur à cuire », propriété qu'on peut attribuer à des facteurs génétiques et écologiques.

Il contient des composés antinutritionnels tels que des lectines (hémagglutinines) et des inhibiteurs de trypsine, mais ils sont inactivés par une cuisson appropriée également des tanins et des composés qui provoquent des flatulences (Wortmann, 2006).

Tableau II. Composition en acides aminés essentiels du haricot commun par 100 g de partie comestible (Paul *et al.*, 1980).

Acide aminés	Valeurs (mg)
Tryptophane	210
Lysine	1540
Méthionine	240
Phénylalanine	1130
Thréonine	860
Valine	990
Leucine	1640
Isoleucine	890

Selon l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la consommation moyenne de haricot sec au niveau mondial en 2000 était estimée à 2,2 kg par

habitant et par an avec des fortes variations selon les continents : Amérique Latine : 9,4 kg ; Amérique du Nord : 5,5 kg ; l'Afrique : 2,2 kg ; Asie : 1,3 kg ; Europe : 0,7 kg (Anonyme, 2004). Dans les Pays du tiers monde où les haricots sont un aliment de base, la consommation peut être élevée jusqu'à 55 kg/an au Rwanda et 66 kg/an dans l'Ouest du Kenya (Buruchara, 2007).

I.1.3.2.2. Importance agronomique

L'intérêt agronomique du haricot commun provient en premier lieu de son aptitude à la fixation symbiotique de l'azote, qui leur permet de produire en abondance des protéines végétales. En effet, le haricot est capable comme la plupart d'autres légumineuses, d'enrichir le sol grâce aux nodosités qu'il peut former sur ses racines contenant des bactéries du type *Rhizobium* capables de fixer l'azote atmosphérique, dont une partie est assimilable par la plante hôte, tandis que l'azote dans le sol se trouve accru par les nodosités qui éclatent et se désagrègent dans le sol.

Le haricot et d'autres légumineuses sont considérés comme des cultures appropriées pour le perfectionnement de la bio-productivité et la récupération des terres marginales. Donc, ils contribuent beaucoup à l'amélioration de la fertilité du sol dans les zones tropicales et subtropicales où la plupart des sols sont déjà salins, de la structure et la stabilité structurale du sol (Gama *et al.*, 2007).

I.1.3.2.3. Importance médicinale

Le haricot est parfois utilisé pour guérir certaines morsures, brûlures ou pour prévenir et pour traiter certaines maladies (Din *et al.*, 2011) ; c'est ainsi que les cosses du haricot sont depuis longtemps utilisées comme antidiabétiques. Le haricot est doté d'un faible indice glycémique, d'une faible teneur en graisse et d'une haute teneur en fibres. Sa teneur élevée en fibres augmente la satiété et aide à stabiliser la glycémie et le taux d'insuline, ce qui réduit les pointes après les repas et améliore la résistance à l'insuline. Cette propriété en fait un aliment idéal pour la gestion du poids et peut aussi contribuer à réduire les risques de maladies coronariennes grâce à leurs effets positifs sur le taux du LDL-cholestérol qui représente un facteur de risque reconnu pour les maladies coronariennes (Helmtädter, 2010).

Son amidon s'est avéré efficace dans la réduction du cholestérol chez le rat. La lectine quant à elle ayant montré une action inhibitrice *in vitro* contre la transcriptase inverse du VIH-1. Une décoction de gousses a montré des effets hypoglycémiques chez les lapins. Les

substances contenues dans le tégument (extraits au Méthanol, fractions de tanins et flavonoïdes purs) ont manifesté une activité antioxydante.

I.1.3.2.4. Importance économique

Parmi les cinq espèces cultivées, le haricot commun est l'espèce économiquement la plus importante avec plus de 90 % de la production mondiale de haricot (Silué *et al.*, 2011). Il a l'avantage d'être une source de protéines bon marché. En Afrique Centrale, Australe et Orientale il est consommé par 80 % des communautés humaines et représente une source de revenus notables et de plus en plus importante en faveur des foyers ruraux. D'ailleurs les ventes annuelles africaines ont été estimées à plus de 580 millions de dollars en 2005 (Anonyme, 2006).

Au Cameroun, le haricot commun constitue l'une des principales légumineuses cultivées et consommées en raison de son importance dans les habitudes alimentaires des populations et de sa richesse en amidon et protéine. Le haricot est consommé dans les grandes villes du Cameroun, et exporté vers les pays voisins tels que le Gabon, la République Centrafricaine (RCA) (Anonyme, 2013).

I.1.4. Culture du haricot commun

Le meilleur moment pour la culture du haricot qu'on soit en zone forestière ou en zone d'altitude se situe entre août et septembre, c'est-à-dire à la deuxième campagne. Toutefois, si la culture en première campagne est envisagée, le semis devrait avoir lieu juste après les premières pluies (entre mi-mars et début avril dépendant de la localité où l'on se trouve), cela suppose que la préparation du sol doit être faite avant cette période (Ngueguim *et al.*, 2011).

I.1.4.1. Préparation du sol

La préparation du terrain se résume en un défrichage et l'abattage des arbres s'ils en existent en excès afin obtenir une meilleure luminosité. Une fois le défrichage effectué, il faudra entasser les herbes en tas dans le champ pour en faire le compost ou alors pour brûler si la masse est importante. Ensuite, il faut procéder au labour. Un labour à 20-25 cm de profondeur est largement suffisant. La formation des billons est toutefois conseillée si on travaille sur un site où le sol est dur et que l'eau ne s'infiltrerait pas facilement.

Une préparation des sols et des alentours (défrichage, nettoyage) constitue des facteurs qui favorisent l'éloignement des rongeurs et des insectes ravageurs.

I.1.4.2. Semis

Il est recommandé de semer au début des pluies tout en respectant les dates de semis et les semences doivent être traitées avec un fongicide/insecticide. Les densités de semis diffèrent selon que l'on cultive uniquement le haricot. En culture pure, on adoptera une densité de 70 x 30 cm (70 cm entre les poquets sur la ligne et 30 cm entre deux lignes) pour les variétés grimpantes avec des tuteurs de 2 à 3 m et 50 x 30 cm pour les variétés naines avec deux à trois graines par poquet (Djeugap *et al.*, 2014a). En culture associée au maïs par exemple, on adoptera un écartement de 15 x 90 cm si le maïs est semé en respectant un écartement de 50 x 90 cm. Ceci suppose qu'on formera deux poquets de haricots entre deux poquets de maïs sur la ligne.

I.1.4.3. Entretien de la plantation

L'entretien se résume en un sarclage si les billons étaient formés dès le départ et un traitement phytosanitaire. Le haricot commun est une plante sujette à beaucoup d'attaques d'insectes, de champignons et de virus et cela à tous les stades de son développement. Ces ravageurs et maladies peuvent compromettre totalement le succès dans la production du haricot si aucune mesure d'entretien n'est entreprise.

Il est conseillé d'effectuer deux sarclages, le premier deux à trois semaines après le semis ; et le deuxième cinq à six semaines après le semis. Le buttage est important car il empêche les jeunes plants de se renverser surtout lorsqu'ils portent une quantité importante de gousses. En le faisant, on évite aussi certaines maladies d'attaquer les plants au niveau de la tige (Djeugap *et al.*, 2014b). L'on peut également procéder à un traitement chimique selon l'évolution des plantes pour réduire l'incidence de ces pressions parasitaires.

I.1.4.4. Récolte

Lorsque le haricot atteint la maturité, les feuilles jaunissent et les gousses changent de couleur. Elle a lieu 60 JAS (jour après semis) pour des haricots verts, 90 jours pour des haricots à écosser demi-secs et 120 jours pour des haricots secs (Dutartre, 2015). A ce moment, on peut commencer la récolte en arrachant les pieds, puis séparer les gousses des pieds et ranger les tiges en champ entre les billons pour la fertilisation. Il doit être récolté avant la déhiscence complète des gousses, surtout en saison sèche ensoleillée. Le battage des gousses sèches se fait dans des sacs, des bâches, à l'aide d'un bâton ; les graines sont alors libérées des gousses. Les rendements varient beaucoup en fonction des variétés, de l'entretien apporté, et de la localité. Ainsi, on peut obtenir des rendements pouvant varier entre 800 et 2 000 kg à l'hectare. Les

semences sont conservées dans des sacs en jute entreposés dans un magasin grillagé et bien ventilé (Baudouin *et al.*, 2001).

I.1.5. Contraintes liées à la culture et à la productivité du haricot commun

Malgré les excellentes propriétés du haricot commun, celui-ci occupe cependant une place très modeste dans les systèmes cultureux traditionnels des régions tropicales. Sa productivité se trouve gravement entravée par des contraintes biotiques et abiotiques qui entraînent une production faible en dépit de la demande croissante.

I.1.5.1. Ennemis du haricot commun

Les cultures de haricot sont sujettes à de nombreuses attaques de maladies et d'insectes ravageurs qui peuvent entraîner de nombreux dégâts en l'absence des moyens de lutte appropriés.

I.1.5.1.1. Maladies du haricot commun

Plusieurs maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales sont susceptibles d'affecter les cultures de haricot. L'antracnose du haricot, causée par *Colletotrichum lindemuthianum* ; la graisse du haricot causée par des bactéries tels *Pseudomonas Siringae* pv. *phaseolicola* et *Xanthomonas campestris* pv. *phaseolis* ; la fonte des semis, imputable à divers champignons. La rouille du haricot causée par *Uromyces appendiculatus*, la pourriture grise par *Botrytis cinerea*, la maladie du pied du haricot par *Fusarium phaseoli*, l'oïdium américain par *Erysiphe polygoni*, la mosaïque commune du haricot causée par un virus et transmise par les semences et par les pucerons, la Sclérotiniose ou pourriture blanche par *Sclerotinia sclerotiorum*.

La pourriture à sclérotites occasionne une perte de la masse et de la qualité de la graine (Bolton *et al.*, 2006). Aux États-Unis, ce champignon était parmi les dix premiers agents pathogènes causant des pertes chez le soja entre 1996 et 2015 (Koenning and Wrather, 2010 ; Allen *et al.*, 2017). En effet en 2009, la Sclérotiniose ou pourriture à sclérotites, causée par *Sclerotinia sclerotiorum* a occupé la deuxième place des pathologies les plus sévères des légumineuses avec des pertes qui dépassaient 500 millions de dollars (Peltier *et al.*, 2012 ; Koenning and Wrather, 2010). Entre 2010 et 2015, les statistiques montrent que les pertes de rendement aux États-Unis et en Ontario (Canada) ont atteint 3,8 millions de tonnes (Allen *et al.*, 2017).

I.1.5.1.2. Ravageurs du haricot commun

Bon nombre de ravageurs, notamment les gastéropodes, les insectes, les acariens, sont susceptibles de s'attaquer aux cultures de haricot (*Ophomyia* spp ; *Agrotis* spp ; *Spodoptera* spp ; *Frankliniella occidentalis* ; *F. shultzei*, *Megalurothrips sjostedti*, *Helicoverpa armigera*, *Maruca testulalis*, *Clavigralla* spp., *Aphis fabae*, *A. craccivora*), ainsi qu'aux graines entreposées. Dans ce dernier cas, il s'agit principalement des bruches (*Zabrotes subfasciatus* et *Acanthoscelides obtectus*), occupant la sixième place parmi les causes principales des pertes de rendements (250000 t/an) en Afrique Subsaharienne (Wortmann, 2006).

I.2. Généralités sur *Sclerotinia sclerotiorum*

I.2.1. Systématique et morphologie de *Sclerotinia sclerotiorum*

I.2.1.1. Systématique

Sclerotinia sclerotiorum a été décrit pour la première fois en 1837 sous le nom de *Peziza sclerotiorum* (Bolton *et al.*, 2006). Ce nom était utilisé avant que l'espèce ne soit transférée dans le nouveau genre *Sclerotinia* (Fuckel, 1870 cité par Bolton *et al.*, 2006). Selon Purdy (1979), le nom *Sclerotinia sclerotiorum* a été utilisé pour la première fois par de Bary en 1884. Depuis, le nom *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary est officiellement utilisé dans la littérature. *Sclerotinia sclerotiorum* compte plus de 250 espèces dont seulement trois sont reconnues : *Sclerotinia minor* Jagger, *Sclerotinia trifoliorum* Eriks, et *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (Bolton *et al.*, 2006).

Sclerotinia sclerotiorum S'attaque à plus de 400 espèces selon Boland and Hall (1994), majoritairement des dicotylédones. L'agent pathogène touche des espèces chez plusieurs familles telles que les astéracées, cucurbitacées, crucifères et apiacées. En plus du soja, d'autres espèces d'importance économique sont également affectées tel que le tournesol, le canola, la laitue, la pomme de terre, la luzerne, l'arachide et bien évidemment le haricot commun (Boland and Hall, 1994 ; Bolton *et al.*, 2006).

I.2.1.1.1. Classification taxonomique de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

L'espèce *Sclerotinia sclerotiorum* appartient au Règne des Fungi, à la Division des Ascomycota, à la classe des Leotiomycetes, à l'Ordre des Helotiales, à la Famille des Sclerotiniaceae et au Genre *Sclerotinia*.

I.2.2. Symptômes et cycle de développement

L'infection de la plante se fait via des ascospores ou parfois via du mycélium (Boland and Hall, 1988). Le champignon se propage rapidement à travers le pétiole vers la tige causant une lésion humide de couleur gris-verdâtre puis beige (Fig. 2a). Une fois que la maladie est installée, le signe typique de la pourriture à sclérotés est : l'apparition d'un mycélium duveteux blanchâtre recouvrant les tiges, les feuilles, et les gousses, d'où le nom de pourriture blanche (white mold) (Saharan and Mehta, 2008). À maturité, la tige est fortement altérée par des sclérotés qui apparaissent sur la surface et à l'intérieur du tissu. De ce fait, le transport de l'eau et des nutriments vers les organes est perturbé causant un flétrissement de la partie de la plante infectée puis de la plante toute entière (Fig. 2b). En conséquence, les gousses sont souvent mal développées et peuvent contenir des sclérotés à la place des graines. Lorsqu'elles sont présentes, ces graines sont aplaties avec un tégument rompu et ridé (Saharan and Metha, 2008). Cette maladie affecte les feuilles, les tiges et les gousses de haricot commun et engendre des pertes importantes pouvant aller de 30 à 100 % dans les champs en l'absence de moyens de lutte appropriés (Buruchara *et al.*, 2010).



Fig. 2. Symptômes de la Sclérotiniose sur le haricot commun : a) tige infectée (cf flèche) ; b) gousse infectée avec des sclérotés à la surface (cf flèche). (Rasback. 2009; Martínez-de la Parte *et al.*, 2013).

Les sclérotés sont les structures de conservation de l'agent pathogène (Willetts and Wong, 1980). Leur formation dépend de plusieurs conditions telles que la température, le pH, la disponibilité des nutriments et d'acides aminés dans les tissus de l'hôte (Chet and Henis, 1975). Après la récolte, ces sclérotés sont dispersés dans le sol et peuvent rester viables jusqu'à huit ans (Adams and Ayer, 1979). Lorsqu'ils sont suffisamment exposés à des conditions fraîches et humides, ils produisent des apothécies (Abawi and Grogan, 1979). La germination carpogénique dépend toujours des conditions environnementales, idéalement une température entre 5 et 25 °C (Mila et Yang, 2008). Au Québec, la production d'apothécies commence à la fin juillet et s'étend jusqu'à la fin octobre (Bastien *et al.*, 2014). Les apothécies libèrent par la suite les ascospores lorsque les conditions d'humidité relative se trouvent entre 65 et 95 % et la température entre 4-32 °C. Un faible taux d'humidité peut causer la déshydratation des apothécies et une température inférieure à 4 °C ou supérieure à 32 °C empêchera la libération des ascospores (Clarkson *et al.*, 2003). Ces dernières infectent la plante via les tissus sénescents ou le plus souvent via les pétales des fleurs les plus anciennes (Purdy, 1979). Par la suite, le mycélium traverse les tissus pour atteindre des parties saines, puis les sclérotés se forment une fois que la plante est épuisée. Après l'hiver suivant, ils sont prêts à germer et à déclencher l'infection et un nouveau cycle infectieux (Fig. 3).

Au contact avec l'hôte, *S. sclerotiorum* secrète un ensemble d'enzymes pour dégrader la paroi cellulaire et faciliter la pénétration du mycélium via les stomates (Cotton *et al.*, 2003). Une étude transcriptomique a montré que 68 % des gènes sur-exprimés chez le champignon lors de l'infection du tournesol codent pour des CWDE (Cell Wall-Degrading Enzymes) impliqués dans la dégradation de la pectine, de la cellulose, et du xylane. Ces enzymes incluent des pectinases, glucanases, glycosidases, cellulases, xylanases et des cutinases (Annis and Goodwin, 1997). La dégradation de la pectine affaiblit la structure de la paroi, mais fournit aussi le carbone nécessaire pour le développement du champignon. Une autre clé du pouvoir pathogène du *Sclerotinia sclerotiorum* est la sécrétion de l'acide oxalique. Cet acide est produit par toutes les classes de champignons, et joue un rôle physiologique et écologique important. Quant à son rôle dans la virulence, diverses théories ont été proposées. Au début de l'infection, il supprimerait le burst oxydatif, un mécanisme de défense naturel de la plante (Cessna *et al.*, 2000). Puis en augmentant l'acidité du milieu, il favorise la dégradation de la paroi des cellules par les CWDE en rapprochant le pH de la valeur optimale pour leur action (Magro *et al.*, 1984 ; Marciano *et al.*, 1983). En outre, il induit l'ouverture des stomates en inhibant l'action de l'acide abscissique ce qui engendre le flétrissement des feuilles. Finalement, l'acide oxalique peut aussi être toxique pour la plante et la rendre plus sujette ou sensible au

développement du champignon. Des lignées transgéniques de soja qui portent des gènes codant pour une oxalate oxydase ou une décarboxylase qui dégrade l'acide oxalique ont été capables d'arrêter l'infection (Cunha *et al.*, 2010 ; Donaldson *et al.*, 2001 ; Yang *et al.*, 2018). Enfin, des études ont montré que les isolats de *Sclerotinia sclerotiorum*, non producteur de l'acide oxalique (AO-), n'étaient pas virulents lorsqu'ils étaient inoculés sur la tige (Williams *et al.*, 2011).

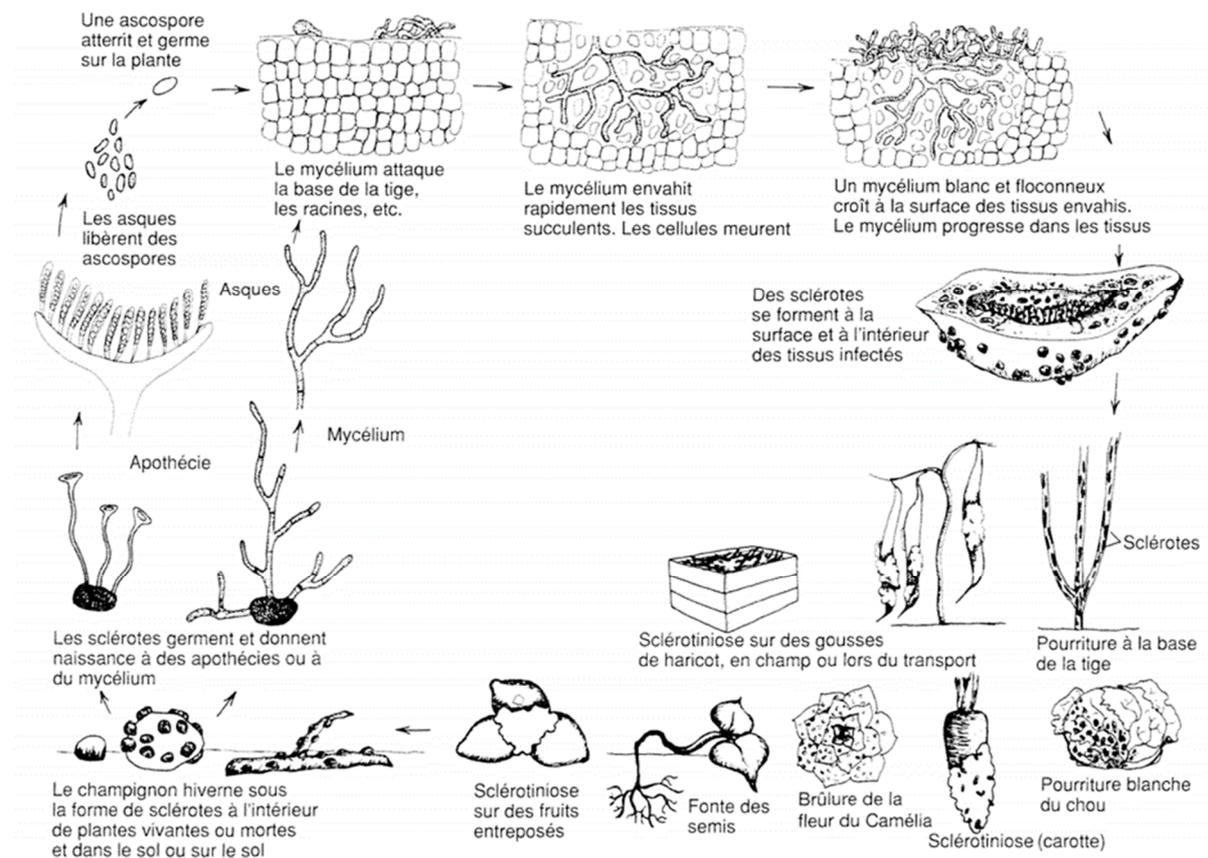


Fig. 3. Cycle évolutif du *Sclerotinia sclerotiorum* chez les cultures légumières. (Agrios, 2005 reproduit et publié par Bolton *et al.*, 2006).

I.3. Généralités sur *Acanthoscelides obtectus* Say.

I.3.1. Systématique de *Acanthoscelides obtectus* Say.

Acanthoscelides obtectus est un ravageur des zones tropicales et subtropicales. Originaire des régions Andines Equatoriales en Amérique du Sud, il a suivi l'importation récente du haricot de l'Amérique Centrale à l'Amérique du Nord, l'Europe puis vers l'Afrique (Huignard *et al.*, 2011). Son aire d'expansion s'est développée de l'Espagne à l'Ukraine, au milieu du XIX^{ème} siècle jusqu'au début du XX^{ème} Siècle (Serpeille, 1991). De nos jours, le haricot étant cultivé dans le monde entier, la répartition de l'insecte est donc cosmopolite avec un grand

pouvoir migratoire en raison de son cycle de vie polyvoltin. Cette particularité en fait un ravageur dont la dispersion est très liée aux sociétés humaines et dont l'expansion est de ce fait, potentiellement illimitée (Hossaert-Mckey & Alvarez, 2003).

La bruche de haricot (*Acanthoscelides obtectus* Say) appartient au Règne des animaux, à l'Embranchement des *Arthropodes*, au Sous Embranchement des *Antennates*, à la Classe des Insectes, à la Sous Classe des *Ptérygotes*, à l'Ordre des Coléoptères, au Sous Ordre des *Phytophages*, à la Famille des *Bruchidae*, au Genre *Acanthoscelides*, et à l'épithète spécifique *obtectus*.

I.3.2. Description de *Acanthoscelides obtectus* Say.

Acanthoscelides obtectus est une espèce cosmopolite inféodée au genre végétal *Phaseolus*. Elle a été décrite par « Say » sans le nom spécifique *obtectus* (Khelil, 1977), La bruche du haricot Selon Delobel & Tran (1993) fait partie du deuxième groupe de la famille des *Bruchidae* qui se multiplie à l'intérieur des entrepôts, dans les graines sèches.

Acanthoscelides obtectus a plusieurs générations par an (espèces polyvoltines) et est d'une grande nuisibilité capable d'évoluer dans deux milieux totalement différents à savoir les cultures et les entrepôts dans toute la zone climatique où les conditions lui permettent de suivre la culture (Hoffman and Labeyrie, 1962). Insecte holométabole de l'Ordre des Coléoptères et de la Famille des *Bruchidae*, *Acanthoscelides obtectus* adulte mesure 2,5 à 3,5 mm de long et 1,7 à 1,9 mm de large (Fig. 4). Cette bruche infecte sa plante hôte (*Phaseolus vulgaris*) comme d'autres légumineuses originellement non hôte tel le niébé (*Vigna unguiculata*), la fève (*Vicia faba*), le pois chiche (*Cicer arietinum*) (Regnault-Roger, 1997). Le corps d'une couleur généralement brun ferrugineux est recouvert partout de soies dorées, courtes, couchées vers l'arrière (Labeyrie, 1962).



Fig. 4. Adulte de *Acanthoscelides obtectus* Say (Alvarez, 2004)

L'éthologie des adultes est complètement modifiée par le changement de milieu car les exigences phénologiques des femelles dans la nature disparaissent dans les entrepôts (Labeyrie, 1962). Le mâle est légèrement plus petit que la femelle (Chauvin, 1986). Il se distingue par une particularité anatomique située au niveau du pygidium (Doumandji, 1972). En effet le pygidium largement apparent chez *Acanthoscelides obtectus*, échancre largement le dernier anneau ventral du mâle qui reste entier chez la femelle (Fig. 5).

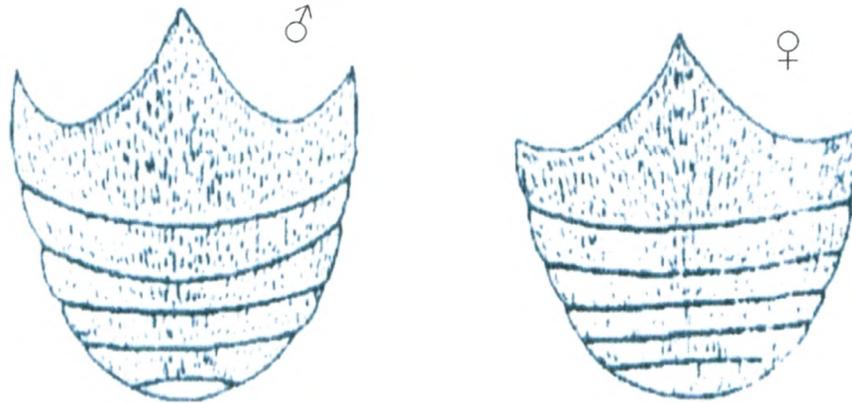


Fig. 5. Forme du pygidium chez les deux sexes de la bruche du haricot (Daviaux, 1928)

I.3.3. Cycle évolutif de *Acanthoscelides obtectus* Say

Acanthoscelides obtectus peut évoluer dans deux milieux totalement différents à savoir sur la graine et dans la graine (Fig. 6) (Damerdji & Bouklikha, 2009). Cette bruche infecte sa plante hôte (*Phaseolus vulgaris*) comme d'autres légumineuses originellement non hôte tel le niébé (*Vigna unguiculata*), la fève (*Vicia faba*), le pois chiche (*Cicer arietinum*) (Regnault-Roger, 1997).

Les adultes commencent à s'accoupler quelques heures après leur émergence. La copulation a lieu plusieurs fois dans leur existence et dure jusqu'à dix minutes (Dungelhoff and Schmitt, 2006). La femelle pond ses minuscules œufs (0,5 mm), allongés et blanchâtres, dans les gousses mûres en champs, ou les dépose par paquets sur les graines de haricot entreposées. Le dépôt des œufs a lieu le plus souvent sur les graines ou entre les graines, mais il peut se produire aussi sur les emballages. Le nombre d'œufs pondus par une femelle est de 50 à 100 (Balachowsky, 1963). Après éclosion, les larves blanchâtres, arquées et apodes (Fig. 7) creusent des galeries dans les cotylédons (Habibi, 1998). Avant de se nymphoser complètement (Fig. 8), la larve se rapproche de la surface de la graine et prépare la sortie de l'adulte en découpant un petit opercule circulaire que ce dernier soulèvera pour émerger. Si les ravageurs ne peuvent pas sortir du lieu de stockage, les générations se poursuivent dans le lot jusqu'à une totale

perforation des grains (Serpeille, 1991). Dans les conditions de laboratoire (27 °C de Température, et 75 % d'humidité relative) le cycle de développement (Fig. 6) est influencé par la variété des graines du haricot *Phaseolus vulgaris* utilisée comme substrat alimentaire et dure en moyenne 30 ± 2 jours (Hamdani, 2012). En effet la durée du cycle de développement de la bruche (*A. obtectus*) varie entre 29 et 31 jours suivant la variété de haricot utilisée (Kassemi, 2006).

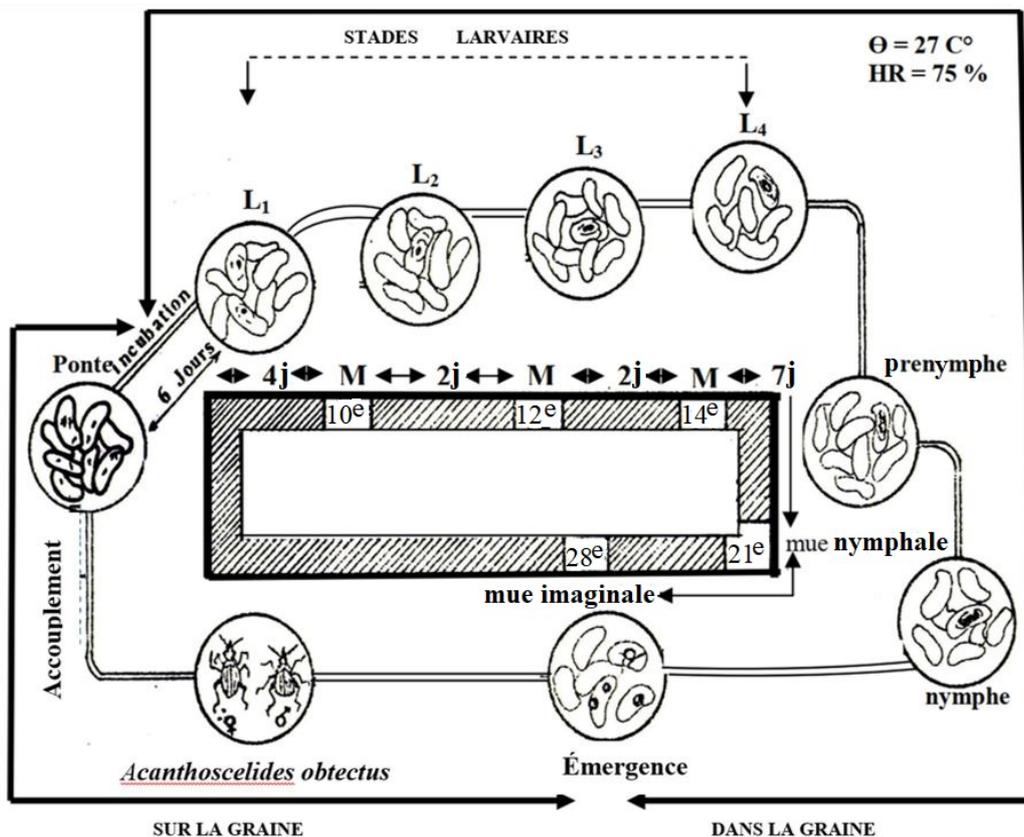


Fig. 6. Cycle évolutif chez *Acanthoscelides obtectus* Say. : j = jour ; L1 = stade larvaire n°1 ; L2= stade larvaire n°2 ; L3 = stade larvaire n°3 ; L4 = stade larvaire n°4 ; M = mue. (Damerdji & Bouklikha, 2009).

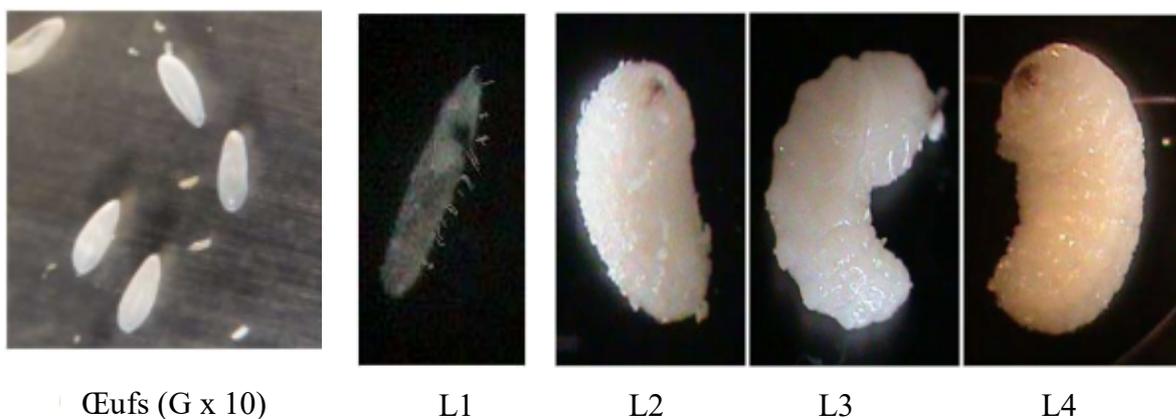


Fig. 7. Morphologie de l'œuf et des stades larvaires chez *Acanthoscelides obtectus* (Hamdani, 2012 ; [Khelfane, 2014](#))



Nymphe



Nymphe sclérotinisé



Jeune imago

Fig. 8. Morphologie des stades de nymphe chez *Acanthoscelides obtectus* (Hamdani, 2012)

I.3.4. Dégâts et pertes causés par *Acanthoscelides obtectus* Say

En culture, les symptômes qui traduisent la présence de l'insecte sont difficiles à observer. Généralement ils passent toujours inaperçus. En revanche après la récolte, sur les graines, il est nettement plus facile de distinguer celles qui sont atteintes de celles qui sont saines, surtout lorsque l'infestation est relativement ancienne. Plusieurs mois après le début de l'infestation, on se trouve en présence d'un lot comprenant des graines perforées (Fig. 9), des insectes adultes et des graines à l'intérieur desquelles les larves continueront leur évolution (Goix, 1986).



Fig. 9. Graines de haricot attaquées par *Acanthoscelides obtectus* Say (Delobel, 2008)

Des études réalisées dans divers pays ont montré que les pertes en poids des graines pouvaient être supérieures à 80 % après six à sept mois (Sanon *et al.*, 2002). Cette perte de poids est causée exclusivement par le stade larvaire qui creuse des galeries dans les cotylédons,

utilisant les réserves contenues à ce niveau et rejette leurs excréments riches en acide urique dans ces galeries (Habibi, 1998). L'apport d'acide urique et de fragments de chitine donne aux haricots contaminés un goût les rendant impropres à la consommation pour l'homme (Balachowsky, 1963). En-outre, la dégradation des constituants de la graine provoque l'échauffement et un dégagement de vapeur d'eau créant ainsi un milieu favorable au développement des microorganismes qui vont accélérer le processus de dégradation (Cruz *et al.*, 1988). L'infestation provoque aussi la formation des facteurs antinutritionnels tel que l'acide phytique, l'augmentation des saponines, l'activité des inhibiteurs de la trypsine du haricot (Modgil *et al.*, 1993) et la qualité des protéines change avec probablement une élévation du taux d'azote non protéique. Le contenu des graines en vitamine du complexe B (Modgil et Mehta, 1997), en amidon et en sucre non réducteur décroît entraînant non seulement une réduction de poids sec, mais également une diminution de la qualité organoleptique des graines et de la viabilité des semences compromettant leurs consommations et leur semis (Odah, 1995).

I.3.5. Lutttes contre les agents pathogènes et les ravageurs des cultures

De bonnes pratiques de protection des plantes et de leurs productions consistent à éviter leur altération en contrôlant les principaux facteurs de détérioration (Molinie *et al.*, 2005). En d'autres termes, il s'agit de préserver par des moyens appropriés l'intégrité des plants en champ et des principales qualités de leur production pendant le stockage. On distingue de nombreuses techniques permettant de maintenir les populations des ravageurs et des agents pathogènes à un niveau assez bas pour que les dommages occasionnés soient économiquement tolérables.

I.3.5.1. Lutttes prophylactiques

Il s'agit de l'ensemble des pratiques visant à prévenir l'infestation des graines ou à limiter son impact. Ainsi les actions suivantes sont menées :

- récoltes des haricots en temps opportun ; utilisation de matériel inerte (cendre ou sable fin) dans les récipients de stockage en vrac (jarres) qui possèderait un effet abrasif et une absorption des lipides cuticulaires conduisant à la mort des insectes par dessiccation (Korunic, 1996) ;
- utilisation d'éléments physiques s'appuyant essentiellement sur l'exploitation de la sensibilité des ravageurs aux radiations, aux températures extrêmes ainsi qu'au taux d'oxygène et de dioxyde de carbone dans les dispositifs de stockages (stockage en atmosphère confinée, exposition au soleil, enfumage, froid et chaleur). Toutefois, ces méthodes peu onéreuses sont moins pratiquées si l'on dispose de grande quantité de graines (Boeke *et al.*, 2001).

I.3.5.2. Lutte chimique

C'est la méthode fréquemment utilisée de nos jours en raison de l'efficacité et de l'application facile et pratique des produits chimiques. La lutte chimique consiste à l'utilisation des substances chimiques actives appelées « pesticides » pour l'élimination pure et simple des ravageurs.

En première place, on a les insecticides organochlorés qui regroupent : les dérivés biphényles tels que le DDT, le dicofol, le rhothane, le chlorbenside, le métoxychlore et les cyclodiènes tels que l'aldrine, la dieldrine, l'endrine et l'endosulfan.

En seconde place on a les organophosphorés qui sont des esters ou des sels organiques de l'acide phosphoriques ou de ses dérivés ; On peut citer dans ce groupe, le parathion, le bromophos, le monocrotophos, le gardona, le méthylparathion, le tétralorvinphos et le malathion.

En troisième place, les pyréthriinoïdes de synthèse tels que la deltaméthrine et la bioresméthrine et la perméthrine (Kellouche, 2005). Il est souvent employé des fumigants (bromure de méthyl et phosphure d'hydrogène) dont l'intérêt est lié à leur diffusion à l'intérieur des graines, pouvant atteindre des formes cachées des ravageurs tel que les larves, les œufs et les nymphes (Kellouche, 2005).

Toutefois l'utilisation intensif de ces produits a causé une contamination de la biosphère (Lamiri *et al.*, 2001) et de la chaîne alimentaire, une élimination des espèces non cibles (faune auxiliaire) et l'apparition des espèces résistantes (Taponjou *et al.*, 2003). L'homme peut être affecté par les pesticides de trois façons différentes : orale, respiratoire et cutanée ; ils sont à forte dose à l'origine de cancer, malformations congénitales ou des transformations génétiques (Ngamo, 2004).

I.3.5.3. Lutte génétique

La lutte génétique consiste à utiliser des variétés plus tolérantes aux insectes et aux maladies dans le but de limiter les pertes ; elle est liée essentiellement à la composition des graines en certains composés inhibiteurs d'enzymes tels que les inhibiteurs de protéase, d'alpha amylase et les arcelines (Baldin and Lara, 2008). Bien que ce moyen de lutte ait donné des résultats intéressants, la vulgarisation et l'adoption de nouvelles variétés de haricot commun ne sont pas encore effectives en milieu rural dans de nombreux pays surtout en voies de développement (Kisyombe & Chirwa, 2005).

I.3.5.4. Lutte biologique

La lutte biologique consiste en l'identification et utilisation d'un prédateur, un parasitoïde ou un microorganisme pathogène capable de tuer ou de contrarier le développement du ravageur dans son milieu. C'est le cas notamment de l'ectoparasitisme de *Dinarmusbasalis*, agent de contrôle promettant contre *A. obtectus* (Schmale *et al.*, 2006). La lutte biologique est pratiquée soit directement en introduisant dans les champs les ennemis du ravageur ou indirectement en aménageant le milieu de culture de telle sorte qu'il accueille le plus grand nombre possible d'ennemis des principaux ravageurs des plantes cultivées (Dupriez & De Leener, 1987).

D'après Gueye *et al.*, (2011), les différentes méthodes présentées comme alternatives aux pesticides présentent chacune des avantages, mais aussi quelques limites. C'est là tout le sens d'une gestion intégrée basée sur la combinaison de plusieurs procédés pour circonscrire l'activité des insectes redoutables.

I.3.5.5. Lutte phytothérapeutique

Le mot « phytothérapie » se compose étymologiquement de deux racines grecques : *phuton* et *therapeia* qui signifient respectivement « plante » et « traitement ».

La Phytothérapie peut donc se définir comme étant une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et /ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes (Wichtl & Anton, 2009), qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe.

L'utilisation des substances naturelles des plantes en tant que biopesticide dans la protection des légumineuses permet de limiter la toxicité des insecticides d'origines chimiques. Ils se présentent sous plusieurs formes : extraits aqueux (Ambang *et al.*, 2011), extraits organiques (Regnault-Roger *et al.*, 1993), huiles végétales (Kellouche, 2005), les huiles essentielles (Woguem, 2017) et les poudres végétales (Munyuli, 2003).

De nos jours, la Phytothérapie est basée sur les avancées scientifiques et les recherches des extraits actifs des plantes. Une fois identifiés ces derniers sont standardisés. Cette pratique conduit aux phytomédicaments et selon la réglementation en vigueur dans un pays, la circulation de ces derniers est soumise à l'autorisation de mise sur le marché. On parle alors de pharmacognosie ou de biologie pharmaceutique (Boussoufa, 2018). La phytothérapie moderne trouve donc sa justification dans la pharmacognosie, aspect multidisciplinaire de la connaissance du végétal et de ses propriétés.

I.4. Généralité sur le Moringa

I.4.1. Origine et classification du *Moringa oleifera* Lam.

I.4.1.1. Origine de *Moringa oleifera* Lam.

Les Moringacées sont une famille d'arbres et arbustes comprenant 14 espèces parmi lesquelles le *Moringa oleifera* (Lam) qui est l'espèce la plus connue et la plus utilisée. Ressemblant aux Capparidacées et aux Papilionacées, *Moringa oleifera* (Lam) serait originaire des régions d'Agra et de Oudh, au Nord-Est de l'Inde et au Sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya (Jahn *et al.*, 1986). *Moringa oleifera* (Lam) est un arbre connu et utilisé depuis l'antiquité par les Romains, les Grecs et les Egyptiens. Ces derniers cultivaient le Moringa à des fins médicinales et pour extraire l'huile contenue dans les graines. De nos jours, cet arbre est largement rependu sous les climats tropicaux et subtropicaux du monde entier (Rakotomamonjy, 2016).

Moringa oleifera (Lam) est appelé, en Inde, l'arbre miracle et en anglais on le connaît sous le nom de Horseradish tree découlant du goût d'un condiment préparé à partir de ces racines, ou encore appelé Drumstick tree (découlant de la forme de ces gousses) ou bien Neverdie (Foidl *et al.*, 2001). Au Soudan, il est connu sous le nom de Shagara al Rauwaq qui signifie l'arbre purificateur.

I.4.1.2. Classification de *Moringa oleifera* Lam

Le Moringa (*Moringa oleifera* Lam) appartient au Règne des *plantae*, au Sous-règne des *Tracheobionta*, à la Super Division des *Spermatophyta*, à la Division des *Magnoliophyta*, à la Classe des *Magnoliopsida*, à la Sous-classe des *Dilleniidae*, à l'Ordre des *Capparales*, à la Famille des *Moringaceae*, au Genre *Moringa* et à l'Epithète spécifique *oleifera* (Singh *et al.*, 2011).

I.4.2. Description botanique et écologie de *Moringa oleifera* Lam.

I.4.2.1. Description botanique de *Moringa oleifera* Lam.

Le Moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 10 mètres de hauteur et dont le tronc atteint 20 cm de diamètre. Le tronc est généralement droit, parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 m de haut avant de se ramifier. Son écorce est gris brunâtre ou gris foncé, grossièrement lenticellée, épaisse, tranche jaunâtre exsudant une gomme blanchâtre et opaque qui rougit en surface. Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol. Les feuilles alternes (Fig. 10), composées et bi ou tripennées,

longues de 20 à 70 cm de long se développent principalement dans la partie terminale des branches ; 5-13 pennes opposées comprenant 5-11 pinnules opposées, divisées elles-mêmes en 3 ou 5 folioles (généralement trois dans les pennes supérieures) ; folioles ovales et elliptiques atteignant 2 x 1,5 cm, arrondies aux deux extrémités, pétiole très courte (Arbonnier, 2002).



Fig. 10. Feuilles du *Moringa oleifera* (Louni, 2009)

Les fleurs (Fig. 11) mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 15 à 20 cm de longueur. Les fleurs sont de couleur blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base sont généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont hermaphrodites, irrégulières, pentamères ; pétales inégaux ; cinq étamines jaunes, cinq staminodes, ovaires à une loge (Arbonnier, 2002).



Fig. 11. Fleurs du *Moringa oleifera* (Louni, 2009)

Les fruits ont la forme des gousses à trois lobes mesurant 20 à 60 cm de long (Fig. 12a). Lorsqu'ils sont secs, ils s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines. Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes

blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle (Fig. 12b). Un arbre peut produire entre 15000 et 25000 graines par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25 % du poids de la graine (Makkar and Becker, 1997). Le Moringa donne des fruits à partir du mois de février (Arbonnier, 2002).



Fig. 12. Fruits du *Moringa oleifera*. (a) Gousses du *M. oleifera*; (b) Graines du *M. oleifera* (Louni, 2009)

I.4.2.2. Ecologie de *Moringa oleifera* Lam

Moringa oleifera peut se trouver dans des zones très arides comme le Sahara, mais il préfère les climats semi-tropicaux humides (Broin, 2006). Il peut s'accommoder à tout type de sol mais s'adapte mieux sur les collines et les bordures de rivières.

Les limites écologiques de *Moringa oleifera* sont présentées dans le (tableau III) :

Tableau III. Limites écologiques de *Moringa oleifera*

Caractéristiques	Conditions acceptables	Condition optimale
Altitude	0 - 1500m	100 à 700 m
Température moyenne annuelle	8°C – 45°C	22°C – 25°C
Précipitation	100 – 1500 mm	700 – 900 mm
Types de sols	Tous sauf les vertisols	Les sols sablonneux ou limoneux bien drainés
PH du sol	4,5 – 7	Neutre à légèrement acide

I.4.3. Distribution géographique et culture de *Moringa oleifera* Lam.

I.4.3.1. Distribution géographique de *Moringa oleifera* Lam.

Les fruits et les graines très appréciés de *M. oleifera* ont facilité, au cours du dernier siècle, sa dispersion rapide à partir de son aire d'origine dans les régions subhimalayennes du Nord de l'Inde, vers de nombreuses régions tropicales et subtropicales. Il est maintenant disséminé et cultivé dans le reste du monde et s'est naturalisé dans de nombreux pays africains (Louni, 2009).

I.4.3.2. Culture de *Moringa oleifera* Lam.

Moringa oleifera peut être planté en plein champ par bouture, par semis et par repiquage. On peut le cultiver de façon intensive irriguée pour une production optimale de feuilles afin de les récolter toutes les six semaines (Palada & Chang, 2003). Il peut aussi se cultiver en culture de case ou dans un système de cultures intercalaires.

Les travaux d'entretien consistent à nettoyer les mauvaises herbes autour de la plante. Un sarclage est nécessaire dans le cas de la culture intensive. La taille est une opération nécessaire chez le Moringa, car elle permet de maximiser la production en feuilles et de stimuler la pousse de nombreux bourgeons. La récolte des feuilles se fait au stade juvénile. Les jeunes feuilles récoltées sont séchées à l'ombre pour permettre la conservation des matières nutritives. Les gousses peuvent être récoltées avant leur maturité et consommées comme haricots verts. Cependant on les récolte de préférence après leur maturité pour une utilisation des graines (Broin, 2006).

Au Niger, la production de feuilles est surtout élevée pendant la saison des pluies : pour une parcelle de 1000 m², les rendements sont de 13-14 sacs par récolte, ce qui équivaut à environ 27 sacs de 600 Kg par mois. Pendant la saison sèche, les rendements mensuels tombent à 2-4 sacs au cours des mois frais, et à 10-15 sacs pendant les mois chauds si l'on arrose. Cela équivaut à une production annuelle de 27 t/ha de feuilles fraîches. En Tanzanie, le rendement en graines d'un arbre de 4 ans est d'environ 3,3 Kg. En Inde, un bon arbre produit 1000 fruits (Louni, 2009).

I.4.4. Utilisation du *Moringa oleifera* Lam.

De par ses nombreuses qualités, *Moringa oleifera* est utilisé dans les secteurs : pharmaceutiques, nutritionnelles et industrielles. Ses différentes parties (feuilles, fleurs, graines, gousses, gommes, racines, écorces) sont réputées pour leurs diverses vertus médicinales (régule le taux de sucre dans le sang chez les diabétiques), cosmétique, diététiques

(complément alimentaire chez l'enfant, la femme enceinte, allaitante et chez les personnes âgées) et agronomiques (comme hormone de croissance végétale). Son écorce est utilisée pour rendre l'eau potable.

I.4.4.1. Utilisation Pharmaceutique du *Moringa oleifera* Lam.

Partout dans le monde, le Moringa a été utilisé avec succès pour soulager diverses maladies. En Inde par exemple, le Moringa est utilisé dans la médecine traditionnelle pour le traitement d'au moins 300 maladies. Par ailleurs diverses études ont identifié les parties du *M. oleifera* comme ayant de nombreuses activités pharmacologiques à savoir une activité antifongique (Ayirezang *et al.*, 2020) antimicrobienne (Bansode and Chavan., 2012) et insecticide (Oliveira *et al.*, 2020).

I.4.4.2. Utilisation alimentaire du *Moringa oleifera*

Des analyses nutritionnelles ont montré que les feuilles de *Moringa oleifera* sont plus riches en vitamine, minéraux et en protéines que la plupart des légumes. En effet par gramme, les feuilles fraîches de *Moringa oleifera* contiennent 7 fois la vitamine C des oranges, 4 fois le calcium du lait, 4 fois la vitamine A de la carotte, 3 fois le potassium de la banane, 3 fois le fer de l'épinard, et autant de protéines que dans les œufs (Rakotomamonjy, 2016). Les jeunes fruits se mangent comme légume. La gousse entière peut être préparée cuite et mangée en tant que haricot vert. Les graines doivent d'abord être bouillies et elles ont le goût des cacahuètes. Les fleurs qui doivent être cuites sont consommées soit mélangées avec d'autres aliments et se sont révélées riches en potassium et en calcium.

I.4.4.3. Utilisation thérapeutique du *Moringa oleifera*

Plusieurs composés bioactifs ont été isolés dans les feuilles de Moringa comme les glucosinolates, les thio carbamates et les carbamates ainsi que d'autres groupes nitriles. Ces composés sont responsables de plusieurs effets bénéfiques comme : hypotensifs (Guevara *et al.*, 1999), hypolipidémiques et antiathérosclérotiques (Chumark *et al.*, 2008) hypoglycémiant (Kar *et al.*, 2003), régulateur du statut de la thyroïde (Tahiliani and Kar, 2000), antioxydante (Awa *et al.*, 2018). Dans les graines, plusieurs composés bioactifs isolés comme les glucosinolates, les isothiocyanates et hémagglutinines (Katre *et al.*, 2008) possèdent des effets anticancéreux, antibiotiques, anti-inflammatoires et agglutinogènes. L'action des racines est principalement antiseptique, anti inflammatoire (Louni, 2009), sédative, cardiotonique, potentialisateur de certains médicaments analgésiques et antidépresseurs (Gupta *et al.*, 1999).

Ces actions sont dues principalement à la présence de certains composés chimiques tels que les alcaloïdes (Moringine, Spirochine, Ptérygospermine, l'Anthonin) et les composés phénoliques (Louni, 2009).

I.4.4.4. Utilisation industrielle

Les graines de *Moringa oleifera* contiennent 30 à 42 % d'huile comestible. Il est possible d'extraire l'huile pour la vendre et le tourteau obtenu comme sous-produit, lors de l'extraction de l'huile, est très riche en protéines et certaines de ces protéines (environ 1 %) peuvent être utilisées comme source de flocculant pour la clarification et le traitement de l'eau (Louni, 2009).

I.5. Généralité sur les métabolites secondaires

I.5.1. Origine des Métabolites secondaires

Les plantes produisent au niveau de leurs différentes parties, une grande diversité de produits naturels ayant une fonction importante, soit dans la croissance et le développement des plantes (métabolites primaires M1), soit dans la protection contre les prédateurs et agents pathogènes microbiens, ceci sur la base de leur nature toxique ou répulsive pour les herbivores et les microbes (métabolites secondaires M2) (Mazid *et al.*, 2011). Ces métabolites secondaires peuvent être stockés dans une vacuole ou vésicule (détoxification ou réservoir en molécules), ou synthétisés dans les divers organes de la plante, et, souvent, produits seulement sur une durée spécifique du développement de la plante. Ils sont souvent synthétisés en situation de stress biotique ou abiotique.

De nombreuses propriétés sont attribuées aux métabolites secondaires :

- protection contre l'attaque des agents pathogènes (production de phytoalexines qui empêchent la germination de spores de champignons) ou d'herbivores (menthe) ;
- attraction des pollinisateurs (couleur des fleurs) ;
- participation à des réponses allélopathiques (inhibition de la germination, de la croissance et du développement d'autres plantes) ;
- fonction signalétique ;
- influence de l'activité métabolique des autres cellules.

Un métabolite secondaire peut être présent dans la plante mais non exsudé. Il peut être dégradé ou présent à des concentrations non détectables, tout en ayant un impact sur le contrôle d'un ravageur. (L'Etang, 2012)

Il existe 3 grandes catégories de métabolites secondaires (tableau IV) :

Tableau IV. Les catégories de métabolites secondaires (L'Etang, 2012).

Métabolites secondaires	Origine	Nombre de molécules
Terpénoïdes ou isoprénoïdes	L'IPP (isopentenyl diphosphate), une molécule à 5 C	25000
Alcaloïdes (composés azotés)	Acides aminés	12000
Molécules phénoliques	Voie de l'acide shikimique et acétate /malonate	8000

I.5.2. Toxicité reconnue aux trois grandes familles de molécules chez les plantes

I.5.2.1. Alcaloïdes

Le principal rôle des alcaloïdes est un rôle de protection de la plante contre les mammifères et les insectes. Parmi les effets physiologiques produits par certains d'entre eux, on recense :

- des effets sur l'activité cérébrale et le système nerveux : stimulant, euphorisant, excitant, hallucinogène, antalgique, hypnotique, paralysant, tétanisant, dilatateur ou constricteur de la pupille, vomitif, analgésique (comme la morphine, la codéine) dans le cadre de protocoles de sédation (anesthésie) souvent accompagnés d'hypnotiques ;
- des effets sur le système cardio-vasculaire : régulateur de la tension sanguine (hypertension, hypotension), anti-arythmique, bronchodilatateur ;
- pas effet direct sur le système nerveux : lutte contre le paludisme, inhibiteur de la division cellulaire (quinine, chloroquinine), agent anticancéreux (taxol, vinblastine, vincristine).

Les sous-familles d'alcoïdes présentant des effets intéressants pour la protection des plantes contre des agresseurs se répartissent en 2 groupes :

- Les acides aminés non protéiques : on dénombre environ 250 acides aminés non protéiques chez les plantes (L'Etang, 2012), parmi lesquels certains jouent un rôle de défense, dont certains sont toxiques,
- Les alcaloïdes pyrrolizidiniques (PAs) forment une classe d'alcaloïdes et de métabolites secondaires, caractérisés par une structure pyrrolizidine formée de deux cycles pyrroles. Les diesters macrocycliques (sénécionine, rétrorsine, sénéciphylline, ridelline) sont les plus toxiques. Ensuite viennent les diesters qui sont plus toxiques que les monoesters.

Selon Bouchelta *et al.*, (2005), les alcaloïdes peuvent avoir des effets toxiques par contact chez les embryons, et par contact et/ou par ingestion chez les adultes de *Bemisia tabaci*. L'effet insecticide du fruit de *Capsicum frutescens* a été observé chez *Collosobruchus maculatus* (Gakuru and Foua, 1996). La monocrotaline est un alcaloïde de type pyrrolizidine chez les crotalaires (Stoeckli-Evans, 1979), qui a montré un effet inhibant sur le pouvoir infestant et la mobilité de juvéniles infestantes, ainsi que sur la mobilité de *Meloidogyne incognita* sur des cultures de tomate (Fassuliotis et Skucas, 1969).

Jourand *et al.*, (2004) a pu démontrer que l'effet nématostatique observé sur les juvéniles de *Meloidogyne* serait vraisemblablement dû à la présence de substances toxiques dans les tissus des crotalaires tels que des alcaloïdes de type pyrrolizidinique comme la monocrotaline (Polhill, 1982). Cette molécule fut isolée pour la première fois sur des crotalaires à partir de *Crotalaria spectabilis*. Elle engendre, d'une part, une paralysie réversible des juvéniles, et, d'autre part, une perturbation dans l'orientation et dans la recherche de la plante hôte (due à la perturbation des chimio-récepteurs sensitifs et des organes sensoriels). Jourand *et al.*, (2004) a pu isoler, outre la monocrotaline, divers autres types d'alcaloïdes à partir de 15 crotalaires sélectionnées, ce qui expliquerait la différence des effets nématostatiques observés sur les juvéniles (plusieurs alcaloïdes pouvant être présents dans une même espèce).

Marie-Magdeleine *et al.*, (2010), démontrent une activité anti-helminthique d'extrait de *Tabernaemontana citrifolia* envers des nématodes présents chez les petits ruminants (*Haemonchus contortus*), qui pourrait être due à la présence d'alcaloïdes présente au niveau des différentes parties de la plante.

I.5.2.2. Polyphénols

L'appellation « polyphénols » ou « composés phénoliques » regroupe un vaste ensemble de plus de 8 000 molécules, divisé en une dizaine de classes chimiques qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH). Ces structures peuvent également être acylées, glycosylées, ce qui donne une grande variété de structures et de polarités.

Les composés phénoliques sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois), et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits.

Il existe de nombreuses classes de polyphénols. Les plus représentés sont les phloroglucinols, quinones, stilbénoides, coumarines, anthocyanes, tanins, flavonoïdes, acides-phénols. Les composés phénoliques sont une famille thérapeutiquement et économiquement intéressante (propriétés vasculo protectrices (flavonoïdes, anthocyanes, tanins), antispasmodiques (phloroglucinols) et suscitent beaucoup d'intérêt par leur potentiel antioxydant et pesticide.

Les polyphénols regroupent un ensemble de sous familles de molécules possédant diverses propriétés protectrices :

- action structurelles : Les composés phénoliques comme la lignine. Tous les herbivores sont sensibles à cette molécule. Ces molécules ont, en effet, un pouvoir d'astringence. Ils agglomèrent les glycoprotéines de la salive qui lubrifient la langue grâce à leurs nombreux groupements hydroxyles, ce qui provoque le dessèchement de la bouche,

- action de tactisme : Les composés phénoliques sont principalement responsables de la couleur, des arômes et des parfums des plantes. Les flavonoïdes ont également d'autres fonctions. Ils ont un effet attracteur sur les pollinisateurs, et protègent également les plantes des rayons UV,

- action hormonale : certains composés phénoliques agissent comme des phyto-œstrogènes (action néfaste sur l'activité testiculaire de certains prédateurs), d'autres ont des propriétés intéressantes dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec diverses hormones végétales de croissance.

- résistance aux stress biotique et abiotique (Delalonde *et al.*, 1996),

- action comme herbicide par le biais de l'allélopathie en accumulant des phénols simples, des acides phénoliques, des coumarines, des flavonoïdes, des isoflavonoïdes, des tannins, et une variété de composés phénoliques conjugués, en empêchant la germination des graines ou la croissance des plantes voisines (Baskin *et al.*, 1967 ; Patterson, 1981),

- action comme pesticides : répulsif d'insecte, insecticide, bactéricide, anti fongique, nématocide. (Marston *et al.*, 1988 ; Waterman and Mole, 1989 ; Ndakidemi and Dakora, 2003),

- action comme phytoalexines : En effet certaines plantes synthétisent certains composés phénoliques en grande quantité pour lutter contre une infection causée par des champignons ou par des bactéries.

Selon Bouchelta *et al.*, (2005), les flavonoïdes issus de *Capsicum frutescens* ont peu, ou pas, d'effets sur l'éclosion des œufs, et sur la survie d'adultes de *Bemisia tabaci*. Ce résultat concorde avec celui observé chez *Manduca sexta* avec la rutine (Barbosa *et al.*, 1991). L'effet de ces composés peut être anti-appétant et /ou toxique, comme, par exemple, chez les chenilles

de *Utetheisa ornatix* (Gronquist *et al.*, 2001). *In vitro*, certains flavonoïdes inhibent la réductase d'aldose. C'est le cas de la quercitrine (Lee, 2002).

Du *et al.*, (2011), démontre que deux flavones -C- glycoside (schaftoside et isoschaftoside) issus de tubercules de *Arisaema erubescens* possèdent des propriétés nématocides contre *Meloidogyne incognita*.

Selon Barrau *et al.*, (2005), trois flavonols glycosides (rutin, nicotiflorin et narcissin) extraits de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) possèdent des propriétés antihelminthiques contre des nématodes gastro-intestinaux. Ils inhibent, en effet, significativement la mobilité de larves (L3) d'*Haemonchus contortus*.

Selon Singh *et al.*, (2011), la quercétine (flavonoïde de type flavonol), extraite de *Cassia renigera*, posséderait une activité antibactérienne inférieure à celle de la gentamycine, mais une activité anti fongique supérieure voir égale à celle de la mycostatine.

1.5.2.3. Terpénoïdes

Les terpénoïdes, aussi appelés terpènes, existent chez toutes les plantes, et représentent de loin, la plus vaste catégorie de métabolites secondaires, avec plus de 22 000 composés décrits. Les terpénoïdes sont, pour la plupart, des anti-herbivores. Ils ont des effets différents selon la plante. Ils peuvent provoquer des convulsions, des allergies de la peau. Ils ont un goût amer, et peuvent également inhiber les microsymbioses de l'appareil digestif. Les terpénoïdes contenus dans le latex sont utiles à la plante pour lutter contre les prédateurs. En effet, quand des insectes, comme les chenilles, pénètrent dans l'écorce d'un arbre producteur de latex, celui-ci va réagir en produisant un gel collant. Le gel collant empêche les insectes de se nourrir, et ces derniers finissent par mourir de faim. Les stéroïdes constituent un groupe de lipides dérivant de triterpénoïdes (lipides à 30 atomes de carbones), majoritairement du squalène indispensables au développement. Les cardenolides sont un type de stéroïde contenu dans de nombreuses plantes. Les cardenolides glycosilés sont souvent toxiques, entraînant des arrêts cardiaques. De nombreuses plantes et animaux utilisent les cardenolides comme mécanisme de défense. Marie-Magdeleine *et al.*, (2010), démontrent une activité antihelminthique des extraits de graines de *Cucurbita moschata* envers des nématodes présents chez les petits ruminants (*Haemonchus contortus*), qui pourrait être due à la présence de terpénoïdes présents au niveau des extraits. Selon Wang *et al.*, (2009), les saponines possèdent une activité antihelminthique contre *Dactylogyrus intermedius*, parasite que l'on retrouve chez le poisson *Carassius auratus*. Cette activité a aussi été observée sur des nématodes des petits ruminants, entraînant une paralysie de ces derniers, notamment avec le lupéol (Shai *et al.*, 2010).

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Site d'étude

Le présent travail a été réalisé en laboratoire plus spécifiquement au laboratoire de Biotechnologies et Environnement : Unité de Recherche de Phytopathologie et Protection des Végétaux du Département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I pour les tests *in vitro* et *in vivo* ; au laboratoire du Département de Chimie Pharmaceutique de la Faculté de Pharmacie de l'Université Dicle Diyarbakir de Turquie pour les tests physico-chimiques des extraits par HPLC-MS et au laboratoire du Contrôle des Pesticides du MINADER (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) pour la GC-MS des extraits et dans le laboratoire de Chimie Organique de l'Université de Yaoundé I pour la concentration des extraits.

L'expérimentation en champ s'est conduite dans la localité d'Akonolinga durant deux campagnes successives 2016-2017 et 2017-2018 dans une jachère d'au moins 2 années d'âge avec le macabo, le manioc et l'arachide comme précédent cultural. Cette localité est le chef-lieu du Département du Nyong-et-Mfoumou située à 118 km de la ville de Yaoundé, et les coordonnées géographiques du site sont : 3° 48' 137" de latitude Nord et 12° 15' 519" de longitude Est, altitude 681 m pour une précision de ± 3 m (Fig. 13). Akonolinga appartient à la zone agro-écologique V dite zone forestière à pluviométrie bimodale. Cette zone est caractérisée par un climat Sub-équatorial de type Congo-guinéen, avec deux saisons sèches (de décembre à février et de juillet à août) alternant avec deux saisons de pluies (de mars à juin et de septembre à novembre). La pluviométrie moyenne varie entre 1 500 à 2 000 mm par an. Le sol appartient au groupe de sols ferrallitiques de roches acides, latéritiques, limono-sableux et marécageux. Il est caractérisé par une faible capacité de rétention des éléments nutritifs (Anonyme, 2010) et par des affleurements de l'horizon induré sous forme de dalles ou de gravillons qui stérilisent d'importantes superficies de terre (Moudingo, 2007).

Le site est situé dans le bassin moyen du fleuve Nyong et Mfoumou. Les principaux cours d'eaux sont : la Longo, Ebolba'a, Wombo, Yanga, Yang, So'o, Lala et Bakou. La température annuelle moyenne est relativement constante (de l'ordre de 23 à 27 °C) et l'humidité relative supérieure à 80 %.

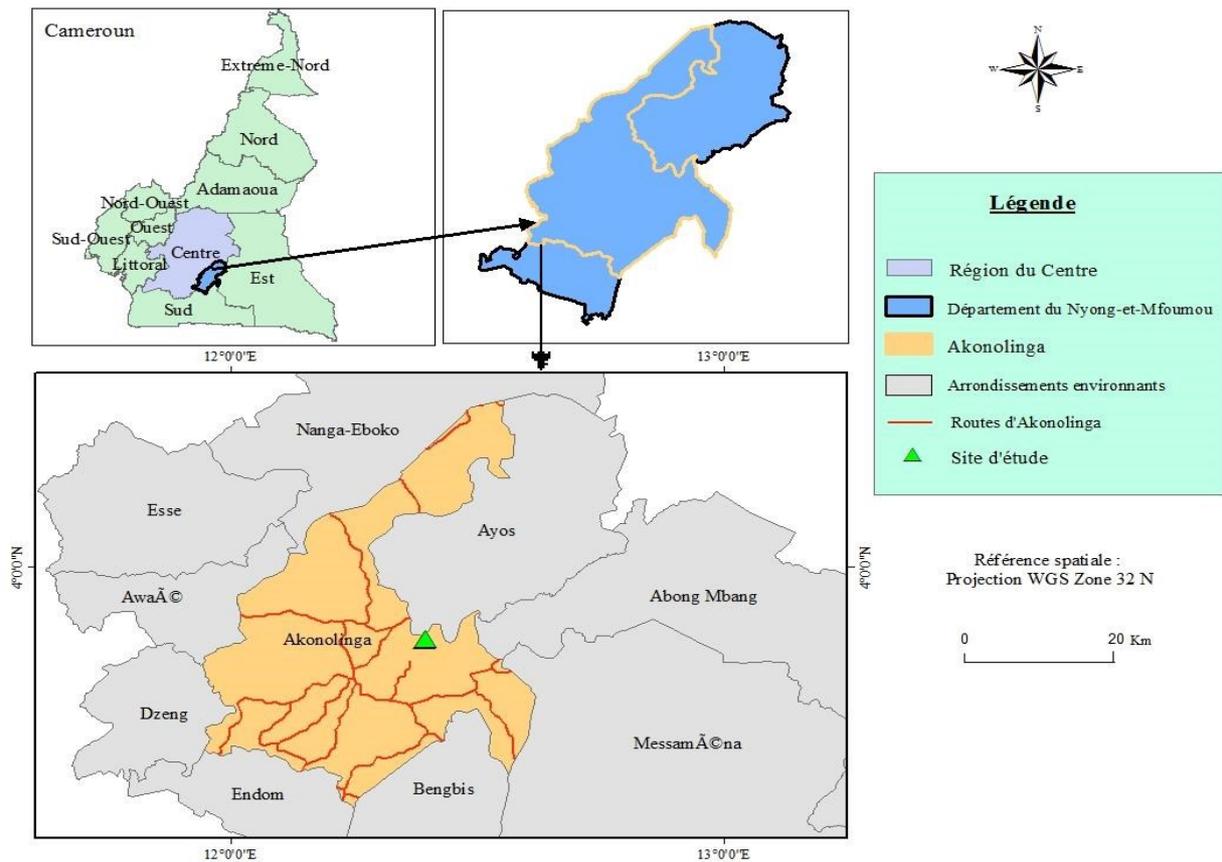


Fig. 13. Localisation du site d'étude dans l'arrondissement d'Akonolinga

II.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué des graines de trois variétés de haricot commun fournies par l'IRAD de Foumbot de susceptibilité différente aux maladies et aux ravageurs dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau V. Ces variétés de haricot commun (Fig. 14) font parties des variétés nouvellement introduites au Cameroun en février 2012 sur la base de leurs performances agronomiques attestées par le Centre International de l'Agriculture Tropicale (CIAT) et l'Alliance Panafricaine de Recherche sur le Haricot (PABRA). Elles s'adaptent aux zones de haute, basse et moyenne altitude (zones agro-écologiques III, IV et V) (Anonyme, 2012). Les graines de *Moringa oleifera* (Fig. 15) récoltées et achetées dans les villes de la région du centre (Cameroun) ont également été utilisées.

Tableau V. Caractéristiques des trois variétés de haricot commun (Djeugap *et al.*, 2014a).

Nom commun	Origine	Port	Rendement potentiel de l'IRAD (en t/ha)	Maturité	Couleur des grains
GLP 190 S	Locale	Nain	1,5-2,0	88 jours	Rouge tâcheté de blanc
NITU G16187	Exotique	Nain	2,0-2,5	90 jours	Beige
MEX 142	Exotique	volubile	2,5-3,0	90 jours	Blanche



Fig. 14. Variétés de haricot utilisées. (a) Variété GLP 190S ; (b) Variété NITU G16187 ; (c) Variété MEX 142.



Fig. 15. Fruits et graines de *Moringa oleifera* LAM. (a) fruits matures et secs ; (b) graines matures ; (c) graines décortiquées.

II.1.3. Matériel animal

Le matériel animal était constitué d'une population d'insectes de *Acanthoscelides obtectus* élevées dans des seaux en polystyrène et dans des conditions optimales pour leur développement (température 27 °C ; humidité relative 75% pendant 15 jours) selon la méthode décrite par Damerdji & Bouklikha (2009).

II.1.4. Matériel fongique

Le matériel fongique était constitué de deux isolats purs de *S. sclerotiorum* obtenus à partir des fragments d'organes prélevées sur des feuilles infestées de deux variétés de haricots communs (NITU G16187 et GLP 190S), collectées dans une parcelle expérimentale à Akonolinga (N 03°48.136' et E 012°15.518', altitude 681 m) et qui présentaient une forte intensité de pourriture blanche.

II.1.5. Matériel chimique

Le matériel chimique utilisé lors de l'expérimentation était constitué : d'un fongicide ayant 80 % de Mancozèbe (FM80_{WP}) comme matière active (Fig. 16a) et de deux insecticides chimiques à savoir un insecticide de contact et d'ingestion et un insecticide de contact ayant respectivement comme matière active, 50 % de Cyperméthrine (IC50_{EC}) et 2 % de pyrimiphos méthyl (IPM_{2%}) (Fig. 16b et 16c) (Anonyme, 2021b). Les solvants d'extraction étaient l'Acétone, l'Éthanol et le Méthanol et l'eau.



Fig. 16. Produits chimiques : (a) Fongicide avec 80 % de manèbe (80 WP) ; (b) Insecticide avec 50 % de Cyperméthrine (50 g/L) ; (c), Insecticide avec 2 % pyrimiphos méthyl (2 % Dp).

II.1.6. Matériel technique

Au cours de la réalisation de ce travail en champs, le matériel technique utilisé était constitué des bottes de sécurité, d'un GPS pour géo référencier le site d'étude, des machettes pour le défrichage de la parcelle, un décamètre et des ficelles pour délimiter le site expérimental, des houes pour le labour et sarclage, un bloc note et un crayon pour relever les données, une règle, un mètre ruban et un pied à coulisse pour la prise des paramètres agronomiques, une machine manuelle de marque « Victoria » pour écraser les graines de *Moringa oleifera*, un tissu de mousseline utilisé pour filtrer l'extrait aqueux, un pulvérisateur à dos de 15 L pour épandre les différents pesticides, des piquets étiquetés et des sceaux, une balance de précision de marque « Sartorius Ag Göttingen », une seringue graduée pour effectuer des pesées de poudres et mesurer des volumes de pesticides liquides, un appareil photo numérique de marque « CANON » pour les prises de vue.

II.1.7. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire était constitué, d'un microscope photonique, d'un réfrigérateur, d'un incubateur, d'une hotte à flux laminaire, d'une balance à précision, de l'alcool 70°, de l'eau distillée, des boîtes de Pétri pour la mise en culture de l'agent pathogène, des pinces, des lames des lamelles ainsi qu'une trousse à dissection contenant des lames et bistouri.

II.2. Méthodes

II.2.1. Analyse phytochimique des extraits de *Moringa oleifera*

II.2.1.1. Extraction des graines de *Moringa oleifera*

Les graines matures de *M. oleifera* récoltées ou achetées ont été dépulpées et séchées à température ambiante pendant 3 à 4 semaines. Les graines sont ensuite débarrassées de leurs téguments puis séchées avant d'être écrasées.

Les clés de systématique botanique ont été utilisées pour l'identification de l'espèce (Spichiger *et al.*, 2002) en se référant à la version récente du code International de Nomenclature Botanique (Greuter, 2003)

Les extraits organiques ont été préparés par macération de la poudre obtenue au laboratoire à raison de 300 g dans 1 L de solvant organiques (Acétone, Méthanol et Éthanol). Après 48 heures de macération, les produits obtenus ont été filtrés à l'aide du papier filtre wathman N 4 et concentrés dans un évaporateur rotatif. Les extraits obtenus ont été pesés et conservés au réfrigérateur à 4 °C jusqu'à utilisation (Gata-Gonçalves *et al.*, 2003).

L'extrait aqueux de *M. oleifera* a été obtenu par macération de 300 g de poudre dans 3 L d'eau distillée et incubé pendant 48 heures (Stoll, 1994).

Les rendements d'extraction (Rdt) des graines de *M. oleifera* estimés en pourcentage ont été calculés par rapport aux poids du matériel végétal suivant la formule utilisée par Ambang *et al.* (2011)

$$Rdt(\%) = \frac{\text{Masse de l'extrait (g)}}{\text{Masse du matériel végétal (g)}} \times 100$$

II.2.1.2. Screening phytochimique des extraits de *Moringa oleifera*

Les grandes familles de métabolites secondaires ont été recherchées dans la plante suivant les méthodes classiques de caractérisation décrite par Tiwari *et al.*, (2011) et Banu and Cathrine (2015) (Tableau VI). Les tanins et polyphénols ont été identifiés par le test au FeCl₃ et le réactif de Stiasny ; les flavonoïdes par la réaction à la cyanidine ; les saponosides par le test de mousse ; les quinones par le test de Borträger ; les triterpenes et stéroïdes par le test de Libermann-Burchard et enfin les alcaloïdes par les tests de Mayer et Dragendorf. (Munirat *et al.*, 2016)

Tableau VI. Protocole du screening chimique des extraits des graines de *Moringa oleifera*

Famille	Mode opératoire	Caractéristiques
Huiles essentielles	Evaporation de 2 mL d'extrait dans l'eau	
Huiles saponifiables	2 gouttes d'extrait sur du papier filtre.	Tache translucide sur papier
Coumarines	1 mL d'extrait + eau chaude + 10 % de NH ₄ OH	Fluorescence
Alcaloïdes	1 mL d'extrait + 2 mL de réactif de Meyer + agitation	Un précipité blanc crémeux
Stérols	1 mL d'extrait + 4 mL d'anhydride acétique + 1 mL CHCl ₃ + quelques gouttes H ₂ SO	Coloration bleu vert
Triterpénoïdes	1 mL d'extrait + 4 mL d'anhydride acétique + 1 mL CHCl ₃ + quelques gouttes de H ₂ SO ₄ concentré	Coloration jaune marron
Flavonoïdes	2 mL d'extrait + 3 mL H ₂ SO ₄ concentré + 3 mL tournures de magnésium	Coloration jaune
Anthraquinones	2 mL d'extrait + 1 mL de CHCl ₃ + 1 mL NHOH ou NaOH	Coloration bleu vert
Tannins catéchiques	1 mL d'extrait + 1 mL d'eau + 3 gouttes de chlorure ferrique à 0,1 %	Coloration vert brunâtre ou bleu noire

Saponines	1 mL d'extrait + 1 mL d'eau + agitation vigoureuse	Formation d'une mousse persistante indiquant leur présence
Anthocyanes	Extrait + NaOH + HCl + papier pH	Couleur rouge sur milieu acide, violette sur milieu neutre, vert sur milieu basique
Phénols	1 mL d'extrait + éthanol + solution d'acétate	Apparition d'un précipité blanc

II.2.1.3. Chromatographie en phase liquide des extraits de *Moringa oleifera*

Le système instrumental utilisé pour la détection quantitative des substances phytochimiques dans les extraits étudiés était un spectromètre de masse en tandem de marque Shimadzu, modèle LC-MS 8040, couplé à un chromatographe liquide à ultra-haute performance (U-HPLC), modèle Nexera. Des pompes binaires (LC 30AD), un four à colonne (CTO 10 ASvp), un passeur d'échantillons (SIL 30 AC) et un dégazeur (DGU 20 A3R) étaient les composants du système de séparation (le chromatographe). Les analyses ont été réalisées par une méthode LC-MS/MS développée et validée précédemment (Yilmaz, 2020). Les conditions chromatographiques optimisées étaient les suivantes : Une colonne analytique en phase inverse Agilent-Poroshell 120 EC-C18 (150 mm × 2,1 mm, 2,7 µm) a été utilisée, la température de la colonne LC était de 40 °C, l'éluant A (eau/5 mM de formiate d'ammonium/0,1 % d'acide formique) et l'éluant B (Méthanol/5 mM de formiate d'ammonium/0,1 % d'acide formique) étaient les composants de l'élution en gradient. Le programme d'élution en gradient était de 0-25 min (20-100 % B), 25-35 min (100 % B), 35-45 min (20 % B). De plus, le débit du solvant et le volume d'injection ont été optimisés à 0,5 mL/min et 5 µL, respectivement.

Un spectromètre de masse en tandem modèle Shimadzu LC-MS 8040 a été utilisé pour effectuer la détection par spectrométrie de masse. En outre, le logiciel LabSolutions (Shimadzu) a été utilisé pour traiter les données acquises par LC-ESI-MS/MS. Le mode MRM (multiple reaction monitoring) a été utilisé pour la quantification des substances phytochimiques. La méthode MRM a été optimisée pour détecter et quantifier sélectivement les composés phytochimiques sur la base du criblage des transitions ioniques phytochimiques précurseurs spécifiées vers les fragments. Le débit du gaz de nébulisation (azote), le flow du gaz de séchage (azote), la température du bloc thermique, la température du DL et la température de l'interface ont été optimisés comme suit : 3 L/min, 15 L/min, 400 °C, 250 °C et 350 °C, respectivement (Yilmaz, 2020). Les paramètres analytiques détaillés de la méthode validée appliquée ont été donnés dans les matériaux supplémentaires.

II.2.1.4. Chromatographie en phase gazeuse des extraits de *Moringa oleifera*

Les extraits des graines de *Moringa oleifera* ont été également analysés par chromatographie en phase gazeuse capillaire suivie d'une spectrométrie de masse (CG-MS), à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse Autosystem XL (Agilent GC 7890A) doté d'un injecteur à vaporisation en mode split (1:50) interfacé avec un spectromètre de masse Turbomass Perkin-Elmer (Agilent 5975 C TAD VL MSD). Les paramètres analytiques étaient l'hélium comme gaz porteur avec le débit de la colonne de 1,21 ml/min. Le programme de température du four était de 40 °C pendant 3 min, puis augmenté à 5 °C/min jusqu'à 180 °C, suivi de 15 °C/min jusqu'à 240 °C et enfin jusqu'à 300 °C à 10 °C/min (isotherme 15 min). Une colonne capillaire en silice fondue, de 30×25 mm de diamètre interne et de 30×32 mm (DB-1 ; 100 % di- 150 99. Méthylpolysiloxane) a été utilisée. La source d'ions et la ligne de transfert ont été maintenues à 200 et 280 °C, respectivement. Les spectres de masse par ionisation électronique dans la gamme 40-500 Da ont été enregistrés à une énergie électronique de 70 eV. Le temps de balayage était de 1 ms, le potentiel du multiplicateur 430 V et la pression de la source 10 Torr. Un ordinateur a enregistré toutes les données et les composés ont été identifiés par comparaison avec la banque de données spectrales des bibliothèques Wiley et Nist. Banque de données spectrales. La fraction préalablement évaporée et remise en suspension dans le dichlorométhane a été analysée deux fois (1 ml ; aiguille chaude) et à des fins semi quantitatives, la composition moyenne en pourcentage a été calculée à partir des aires de pic normalisées sans utiliser de facteurs de correction.

II.2.2. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur le développement de *Sclerotinia sclerotiorum*

II.2.2.1. Préparation du milieu de culture PDA

Le PDA (Potato Dextrose Agar) est préparé à partir de 200 g de pomme de terre découpée en morceaux puis bouillie ; le jus recueilli est complété à 1 litre avec de l'eau distillée auquel 15 g d'agar et 20 g de D-glucose sont ajoutés. Le mélange est homogénéisé puis stérilisé à l'autoclave à la température de 121 °C pendant 15 min. Une solution d'antibiotiques est ajoutée au milieu avant qu'il ne soit coulé dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre en conditions d'asepsie sous la hotte à flux laminaire (Ngho Dooh, 2014).

II.2.2.2. Isolement et obtention des isolats purs de *Sclerotinia sclerotiorum*

Les isolats de l'agent pathogène sont obtenus partir des parties des feuilles et tiges des deux cultivars de haricot commun infectés par *Sclerotinia sclerotiorum*. En effet les explants collectés sur des plantes infectées ont été introduits dans des enveloppes et placés dans une glacière contenant de la glace puis ramenés au laboratoire pour l'isolation. Une fois au laboratoire les explants collectés ont été découpés en fragments d'environ 2 mm² au niveau du front de croissance de l'agent pathogène avant d'être désinfectés superficiellement dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5 % pendant 2 min. Après trois rinçages à l'eau distillée stérilisée (EDS), les fragments ont été séchés sur du papier hydrophile puis déposés à raison de trois fragments par boîte de Pétri sur milieu de culture PDA préalablement préparé.

Après trois jours d'incubation au laboratoire à une température de 23 ± 1 °C, des colonies de l'agent pathogène, visibles autour des fragments ont été prélevées et repiquées dans de nouvelles boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA. Ce processus a été répété plusieurs fois jusqu'à l'obtention de cultures pures de *S. sclerotiorum* (Fig. 17), puis l'identification a été faite d'une part par observation macroscopique et d'autre part sur la base des caractéristiques morphologiques du mycélium (septé) et des fructifications (sporangies) et d'une clef d'identification (Njambere *et al.*, 2008)

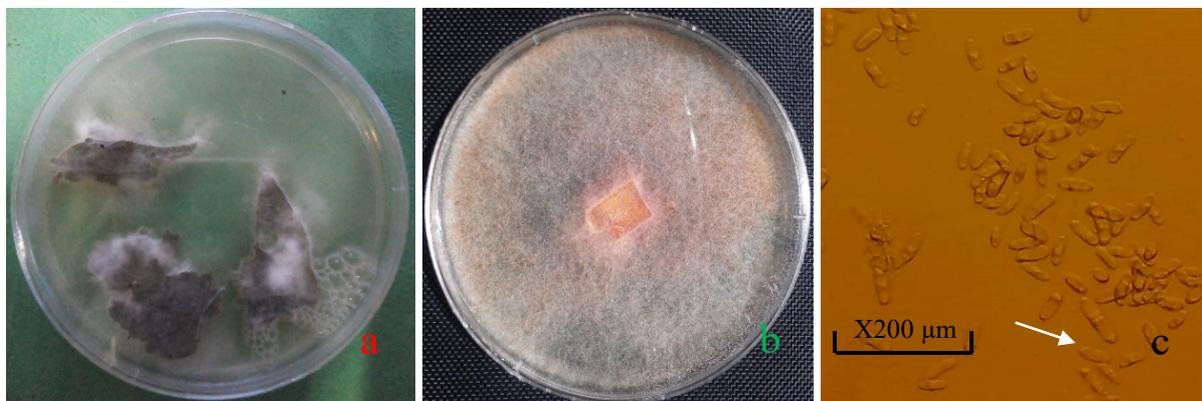


Fig. 17. Isolement de *S. sclerotiorum* : a) explant de feuille infectée, vue dorsale après quelques jours d'incubation sur PDA ; b) culture pure de *S. sclerotiorum* sur milieu PDA ; c) Spores de *S. sclerotiorum*

II.2.2.3. Postulat de Koch

Les plants de haricots ont été cultivés en pots et transportés au laboratoire. Les feuilles de ces plants ont été nettoyées avec de l'alcool 70° et rincées avec de l'eau distillée stérile. Une suspension de spores a été réalisée en prélevant le mycélium du champignon dans une boîte de

culture pure en présence de 5 ml d'eau distillée stérile. 10 µl de la suspension sporale de *Sclerotinia sclerotiorum* sont déposés sur les feuilles à l'aide d'une micropipette (Fig. 18). Au bout de 15 jours après inoculation, l'on a observé les symptômes de la pourriture blanche sur les feuilles des plantes. Les parties nécrosées des feuilles sont prélevées puis purifiées pour une reconfirmation de l'identité de l'agent pathogène.



Fig. 18. Points d'inoculation des pieds de haricot commun avec suspension des spores de *Sclerotinia sclerotiorum*

II.2.2.4. Préparation des différentes concentrations de l'extrait et évaluation de la croissance mycélienne

Une solution mère de 500 µl/ml est préalablement préparée en mélangeant 1 ml d'extrait pur avec 0,3 ml d'eau distillée stérile et 0,7 ml d'alcool éthylique à 70°, soit un volume initial de 2 ml. De cette solution des milieux de culture de concentration 12,5 ; 25 et 50 µl/ml sont préparés en prélevant successivement 0,75 ; 1,5 et 3 ml de cette solution mère et en y ajoutant respectivement 59,25 ; 58,5 et 57 ml de PDA pour un volume final de 60 ml chacun. Le mélange est ensuite coulé aseptiquement dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre sous la hotte à flux laminaire, en raison de 20 ml chacune. Ces volumes sont obtenus en utilisant la formule $C_i V_i = C_f V_f$ (Gata-gonçalves, 2001). Le témoin est réalisé dans les mêmes conditions mais sans addition de fongicide ni d'extraits organiques ou minérales. Des disques mycéliens de 7 mm de diamètre, issus de cultures jeunes de *S. sclerotiorum* sont déposés au centre des boîtes de Pétri. L'incubation a lieu à 28 °C, sous 14 heures de lumière continue. Chaque combinaison est répétée trois fois. L'équivalent en volume d'extraits organiques a servi à l'obtention de la

concentration du fongicide de synthèse ayant 80 % de manèbe comme matière active. C'est ainsi que 0,375 mL de ce fongicide a été ajouté à 59,625 ml de milieu PDA.

La croissance mycélienne des champignons est estimée tous les jours et s'est poursuivie jusqu'à ce que le mycélium remplisse les boîtes témoins en mesurant les deux diamètres perpendiculaires. Les différents diamètres se calculent suivant la formule utilisée par Singh *et al.* (1993).

$$D = \frac{D1 + D2}{2} - D0$$

où : D0 est le diamètre de l'explant de départ ; D1 et D2 sont les diamètres de culture mesurés dans les deux directions perpendiculaires.

Boîte de Pétri

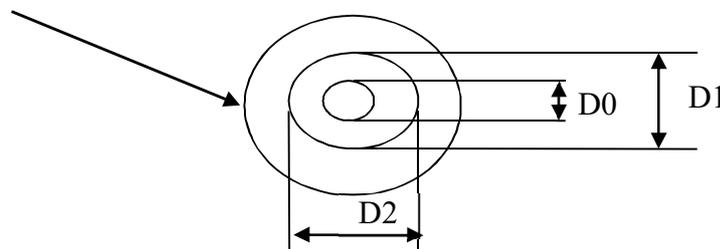


Fig. 19. Schéma de mesure de la croissance mycélienne en boîte de Pétri sur milieu PDA

II.2.2.5. Evaluation de l'activité fongicide ou fongistatique des extraits des graines de *Moringa oleifera*

Dans le but d'évaluer l'activité fongicide ou fongistatique des extraits de *Moringa oleifera* sur le développement de *Sclerotinia sclerotiorum*, les explants issus des différentes boîtes de pétrie où la croissance a été totalement inhibée ont été transférés dans un nouveau milieu de culture ne comportant pas d'extrait. Après 4 à 6 jours d'attente, selon qu'il ait reprise de croissance du champignon dans le nouveau milieu, l'extrait de départ est qualifié de fongistatique ; dans le cas contraire il est qualifié de fongicide (Ngoh Dooh, 2014).

II.2.2.6. Corrélations entre les concentrations et les pourcentages d'inhibitions de la croissance radiale

Les différentes corrélations entre les concentrations et les pourcentages d'inhibitions ont été déterminés à partir de l'équation $y = ax + b$ avec $x =$ concentration, et $y =$ pourcentage d'inhibition. Dans ce cas, si $a < 0$, la pente est négative ; si $a > 0$, alors la pente est positive ; si r est compris entre 0,8 et 1 alors la corrélation est parfaite et positive ; si r est compris entre -0,8 et -1 alors la corrélation est parfaite et négative ; si $r < 0,8$ alors la corrélation est positive mais imparfaite ; si $r > -0,8$ alors la corrélation est négative mais imparfaite (Ngoh Dooh, 2014).

II.2.2.7. Évaluation de la concentration minimale inhibitrice (CMI 50 et CMI 90)

Le taux d'inhibition (I %) dû à chaque extrait est évalué par rapport à la croissance mycélienne dans les boîtes témoins selon la formule développée par Singh *et al.*, (1993)

$$I(\%) = \frac{D_{to} \text{ (mm)} - D_{xi} \text{ (mm)}}{D_{to} \text{ (mm)}} \times 100$$

I(%): Pourcentage d'inhibition; D_{to} est le diamètre moyen du lot témoin et D_{xi} le diamètre moyen des lots en présence de l'extrait.

A partir de la régression linéaire entre les concentrations (en abscisse) et des pourcentages d'inhibition de la croissance des isolats (en ordonnée), on détermine la concentration réduisant de 50 % ou 90 % la croissance du champignon Dohou *et al.*, (2004).

Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne, sont transformés en valeurs probit (Finney, 1971). Les droites de régression sont établies : $y = a \log x + b$ où a est le coefficient de régression, b une constante, x la concentration en fongicide, y le probit, \log le logarithme décimal. Ces droites de régression permettent de déterminer par simple projection les CMI₅₀ et CMI₉₀, concentrations minimales d'extraits bruts de *M. oleifera* réduisant de 50 % ou 90 % la croissance mycélienne du champignon.

II.2.3. Évaluation du potentiel biopesticide des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur *Acanthoscelides obtectus*

II.2.3.1. Collecte et élevage des bruches

Les adultes de *A. obtectus* sont issus des grains de haricot commun infestés naturellement et prélevés dans les entrepôts des producteurs à l'Ouest Cameroun. Les échantillons sont ramenés au laboratoire pour un suivi des émergences. Après l'émergence, les graines sont tamisées et les adultes de *A. obtectus* obtenus sont introduits dans un sac pouvant permettre les échanges gazeux contenant au préalable 2 kg de graines saines de haricot commun. Quarante-huit heures après, les insectes sont retirés et les graines contaminées sont laissées en incubation jusqu'à l'émergence des adultes. À l'émergence, le contenu de la boîte est tamisé de manière à éliminer les adultes. Vingt quatre heures (24 h) après, le contenu de la boîte tamisé la veille est tamisé de nouveau afin d'obtenir des adultes âgés tout au plus de 24 heures. Ce sont ces adultes qui sont utilisés pour l'expérimentation.

II.2.3.2. Mise en place du dispositif expérimental

L'évaluation *in vivo* de l'effet insecticide s'est fait aux doses 12,5 ; 25 et 50 µl/ml d'extrait. Chaque concentration d'extrait est obtenue par dilution dans 1 ml d'éthanol, des volumes d'extraits bruts. Dans chaque bocal, 15 adultes de *A. obtectus* ont été introduits en présence de 50 grains de haricot commun de la variété MEX 142 pesés et déposés dans les bocaux. À 50 grains de haricot commun contenus dans des bocaux transparents en polystyrène et préalablement pesés, sont ajoutés différentes doses d'extraits de graine de *M. oleifera* déjà préparées par dilution, puis 15 insectes adultes sont introduits dans chaque bocal et ce dernier est recouvert. Les boîtes témoin négatif, préparées dans les mêmes conditions, sont traitées uniquement à l'Éthanol (1 ml). Un insecticide de synthèse ayant 20 % de pyrimiphos méthyl comme matière active (couramment utilisé dans la lutte contre les insectes ravageurs des grains stockés) a été utilisé à la dose de 50 g pour 100 kg de grains comme témoin positif. Les bocaux sont disposés et conservés de façon aléatoire à une photopériode normale (10 heures de lumière et 14 heures d'obscurité par jour).

II.2.3.3. Collecte des données

II.2.3.3.1. Taux de mortalité des bruches du haricot commun

Le taux de mortalité a été évalué toutes les 24 h pendant une période de 3 jours. Le taux de mortalité est calculé en utilisant la formule de Singh & Jakhmola (2011)

$$\text{Taux de mortalité} = \left(\frac{\text{Nombre d'insectes morts}}{\text{Nombre total d'insectes introduits}} \right) \times 100$$

II.2.3.3.2. Ponte des œufs et émergence des bruches

Le nombre total d'œufs pondus et le pourcentage d'éclosion des œufs ont été évalués. En effet après la mort des insectes introduits dans les différents bocaux, les graines de haricot sont observées à la loupe pour estimation du nombre d'œufs déposés par ces derniers avant leur mort. Ensuite, les graines sont réintroduites dans les mêmes bocaux et conservées jusqu'à l'apparition de la nouvelle génération (F1). Une fois apparus, les individus de la F1 sont également comptés. Ceci a permis de calculer le taux d'émergence suivant la formule de Singh & Jakhmola (2011) :

$$PE = \left(\frac{AC-AT}{AC} \right) \times 100$$

Où PE = Taux d'émergence, AC = Nombre d'adultes émergés dans les bocaux témoins, AT = Nombre d'adultes émergés dans les bocaux traités

II.2.3.3. Perte pondérale des graines

La perte en poids des grains ayant subi des dégâts causés par les adultes de *A. obtectus* de la première génération (F1) dans les différents traitements a été évaluée par simple pesée des lots de graines à l'aide d'une balance à précision. Le poids obtenu a été ensuite comparé au poids initial avant traitement. La perte en poids a été exprimée en pourcentage d'après la formule utilisée par Khelfane (2014)

$$\text{Perte en poids (\%)} = \left(\frac{\text{poids initial} - \text{poids final}}{\text{poids initial}} \right) \times 100$$

II.2.3.4. Evaluation de la faculté germinative des graines traitées

Pour évaluer l'effet des différents traitements aux doses testées sur le pouvoir germinatif des graines, 20 graines de haricot commun ont été prises au hasard dans chaque lot haricot commun testé aux extraits des graines de *Moringa oleifera*. Ces graines ont été ensuite introduites dans des boîtes de Pétri contenant du coton imbibé d'eau (Fig. 20). Deux à trois jours après expérimentation, les graines germées sont comptées et le taux de germination a été calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{nombre total de graine}} \times 100$$



Fig. 20. Test de germination des graines de haricots traités

II.2.4. Évaluation du potentiel pesticide des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur *Sclerotinia sclerotiorum* et les insectes ravageurs du haricot commun en champ

II.2.4.1. Préparation des parcelles d'études

La préparation du site a débuté entre le 10 et 15 Mars lors des deux campagnes 2016-2017 et 2017-2018 (Fig. 21) par un défrichage à l'aide d'une machette et d'une pioche. Les troncs d'arbres et les herbes ont été entassés par endroits à l'aide d'un râteau puis brûlés. Le labour a été effectué à l'aide d'une houe après délimitation de la parcelle d'étude en remuant le sol à une profondeur de 15 à 20 cm et a permis la mise en place du dispositif expérimental.



Fig. 21. Préparation du site expérimental : Mise en place du dispositif expérimental.

II.2.4.2. Dispositif expérimental et pratiques culturales

Pour mener à bien ce travail en champ, un dispositif bifactoriel en « split-plot » (Wooding, 1973 ; Ngatsi *et al.*, 2020) avec quatre blocs a été mis en place durant deux campagnes expérimentales 2017 et 2018. Les variétés constituent le facteur principal à deux niveaux (V1 : GLP 190 S et V2 : NITU G16187). Les traitements représentent le facteur secondaire à cinq niveaux (T0 : témoin négatif ; T1 : insecticide (IC50_{EC} : témoin positif 1) ; T2 : extraits aqueux des graines de *Moringa oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *Moringa oleifera* ; T4 : fongicide (FM80_{WP} : témoin positif 2). Chaque bloc est composé de dix sous parcelles soit un total de quarante (40) sous-parcelles ou unités expérimentales. Les parcelles élémentaires qui mesurent environ 2 m x 2 m sont séparées entre elles par des allées de 1 m. Les blocs sont quant à eux distants de 2 m l'un de l'autre. Chaque sous parcelle comporte 4 rangées de 8 poquets. Le dispositif expérimental a été étalé sur une superficie de 343 m² (Fig. 22).

Le semis des graines a été effectué entre le 20 et le 25 Mars pour chaque campagne. Dans chacune des unités expérimentales, les graines d'une variété de haricot commun ont été semées à une profondeur d'environ 3 cm en raison de trois graines par poquets en respectant les écartements de 60 cm x 20 cm soit quatre lignes contenant chacune 8 poquets. Pour toute la parcelle, 3 072 graines de haricot ont été utilisées soit 1 536 graines par variété.

Les mauvaises herbes ont été éliminées par deux sarclages/binages à 3 et 6 semaines après semis et à l'aide d'une houe.

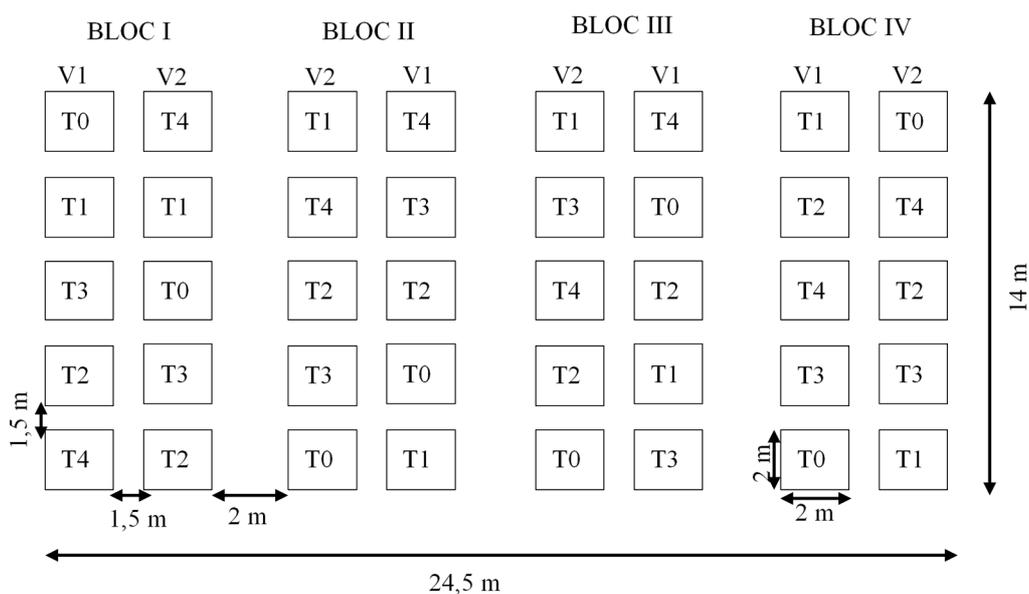


Fig. 22. Dispositif expérimental.

V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *Moringa oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *Moringa oleifera* ; T4 : FM80_{WP}

II.2.4.3. Préparation des traitements à base des graines de *Moringa oleifera*

Partant de la concentration ayant inhibé la croissance radiale des isolats (C3), les extraits aqueux de *M. oleifera* ont été préparés suivant la méthode proposée par Stoll (1994). Ainsi, 300 g de poudre de graines sont pesés à l'aide d'une balance de précision de marque « Sartorius Ag Gottingen » et macérés dans 3 L d'eau pendant 24 h. Le mélange hétérogène est filtré à l'aide d'un tissu de mousseline et le filtrat recueilli est versé dans un pulvérisateur à dos de 15 L, auquel 10 g de savon en poudre sont ajoutés comme agent mouillant afin de renforcer l'adhésion des produits sur les parties de la plante à traiter. La bouillie a été complétée à 15 L avec de l'eau avant son application en champ (Ngho Dooh, 2014).

S'agissant de l'extrait organique, 50 mL d'extrait sont introduits dans un pulvérisateur à dos de 15 L contenant 5 L d'eau, auquel 10 g de savon en poudre sont ajoutés comme agent

mouillant afin de renforcer l'adhésion des produits sur les parties de la plante traitée. La bouillie a été complétée à 15 L avec de l'eau avant son application en champ.

II.2.4.4. Préparation du traitement fongicide et insecticide

L'insecticide à base de Cyperméthrine 50 g/L et le fongicide à base de 80 % manèbe ont été utilisés suivant la dose recommandée par le fabricant. En effet, à l'aide d'une seringue, 10 mL d'insecticide à base de Cyperméthrine 50 g/L, ont été prélevés dans une bouteille de 1 L puis versés dans un pulvérisateur contenant 5 L d'eau. De même, à l'aide d'une balance de précision, 33,3 g de fongicide à base de 80 % manèbe ont été prélevés dans un sachet de 100 g et introduits dans un pulvérisateur contenant 5 L d'eau puis homogénéisés. Le mélange ainsi obtenu est prêt pour le traitement des huit sous-parcelles concernées.

II.2.4.5. Application des traitements

L'extrait aqueux et organique de *Moringa oleifera* ainsi que les pesticides de synthèse (insecticide et fongicide) ont été appliqués une fois toutes les semaines durant toute la période d'expérimentation. L'application des traitements a débuté 4 SAS (semaine après semis) lorsque quelques feuilles se sont épanouies pour prendre fin 9 SAS, période marquant la fin du cycle de développement de la plante. Les différentes solutions ont été appliquées sur les feuilles, les tiges et les gousses à l'aide d'un pulvérisateur à dos de 15 L.

II.2.4.6. Collecte des paramètres agro-morphologiques

Dans les sites expérimentaux, les observations faites durant les deux campagnes ont été portées sur le taux de levée, la hauteur des plants, le nombre de feuilles, le diamètre au collet et le rendement en grains.

Le taux de levée, c'est le rapport des plantules obtenues par rapport au nombre de graines mises en terre. Il a été évalué à partir de 4, 5, 7 et 8 jours après le semis (JAS) par simple comptage et calculé par la formule utilisée par Moubitang (2010).

$$Tl = \left(\frac{n}{N} \right) \times 100$$

Avec, Tl = taux de levée des graines exprimé en pourcentage ; n = nombre de graines levées ; N = nombre total de graines semées.

La hauteur des plants, le diamètre au collet et le nombre de feuilles ont été évalués chaque semaine sur 12 plants étiquetés au hasard dans les unités expérimentales à 4, 5, 6, 7 et 8 SAS.

La hauteur des plants a été mesurée à l'aide d'un mètre du collet jusqu'au niveau de l'apex, le diamètre au collet à l'aide d'un pied à coulisse et le nombre de feuilles par simple comptage.

Le rendement a été évalué par des pesés des grains secs obtenus dans les unités expérimentales et extrapolé à l'hectare par la formule utilisée par Zakari (2003).

$$Rdt \text{ en Kg/ha} = \frac{\text{poids/parcelle (g)}}{\text{surface/parcellaire (m}^2\text{)}} \times \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}}$$

II.2.4.7. Collecte des paramètres épidémiologiques

II.2.4.7.1. Identification des maladies fongiques et des insectes ravageurs

La culture du haricot commun est le plus souvent menacée par plusieurs maladies cryptogamiques. Cependant une seule maladie a fait l'objet de l'étude ; il s'agit précisément de la pourriture blanche du haricot connu sous le nom de la sclérotiniose du haricot, causée par *Sclerotinia sclerotiorum*. Les feuilles présentant les différents symptômes ont été récoltées puis ramenées au laboratoire de Phytopathologie et Protection de Végétaux de l'Université de Yaoundé I pour l'identification en culture *in vitro*. Les feuilles et tiges échantillonnées présentant les symptômes de la maladie ont été lavées avec de l'eau de robinet et désinfectée à l'aide d'un coton imbibé d'alcool puis un fragment infecté a été prélevé et déposé dans des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA préalablement préparé. Les boîtes de Pétri ont été ensuite incubé à une température de 28 °C pendant 5 jours. La croissance est complète 5 à 7 jours après l'ensemencement et se traduit par l'invasion totale de la surface du milieu de culture. Les cultures émergentes ont été purifiées par repiquage successif et les spores ont été observées au microscope afin de confirmer l'identité de l'agent pathogène.

Pour ce qui est des insectes ravageurs identifiés en champ ont été collectés et conservés dans une boîte contenant de l'alcool à 70°, puis ramenés au laboratoire d'entomologie de l'Université de Yaoundé I pour une identification et à l'aide des clefs dichotomiques.

II.2.4.7.2. Évaluation de l'incidence de la sclérotiniose et des insectes ravageurs

L'incidence est la proportion des plants malades ou ravagés au sein d'une unité expérimentale donnée, indépendamment de la gravité de l'attaque de chaque plante ; c'est-à-dire le nombre de plants attaqués par les maladies ou les insectes ravageurs sur le nombre total de plants dans la parcelle. L'incidence est évaluée chaque semaine à partir de la première semaine d'application des traitements, sur les 12 plants étiquetés au hasard dans chaque unité expérimentale (feuilles, tiges, gousses) (Aroga, 2007). L'incidence est déterminée suivant la formule de Tchoumakov and Zaharova (1990).

$$I(\%) = \frac{N_{pa}}{N_{pt}} \times 100$$

Où : I (%) est l'incidence des insectes ravageurs ou maladies dans la parcelle exprimée en pourcentage, N_{pa} est le nombre de plants atteints par les maladies ou les insectes dans la parcelle et N_{pt} le nombre total de plants dans la parcelle.

II.2.4.7.3. Évaluation de la sévérité de la sclérotiniose et des insectes ravageurs

La sévérité est le degré d'attaque d'un organe ou d'une plante entière par une maladie ou un ravageur. La sévérité est évaluée visuellement chaque semaine dès l'apparition des premiers symptômes de la maladie et ou des ravages, sur les 12 plants étiquetés au hasard dans chaque unité expérimentale (feuilles, tiges, gousses) (Aroga, 2007). La sévérité est déterminée en utilisant la formule proposée par Tchoumahov et Zahanova (1990)

$$S(\%) = \frac{\sum(ab)}{N} \times 100$$

Où : S (%) est la sévérité, $\sum(ab)$ est la somme des produits du nombre de plants malades ou atteints (a) par le degré d'infection (b) donné en % et N est le nombre de plants malades ou atteints.

La sévérité (S) des ravageurs traduisant le degré d'attaque des insectes ravageurs sur les plants (b) est évaluée à l'aide d'une échelle de notation visuelle de 1 à 9 proposé par Fablo *et al.*, (2012) où : 1 = 0 ; 2 = 2,5 % ; 3 = 12,5 % ; 4 = 25 % ; 5 = 50 % ; 6 = 75 % ; 7 = 87,5 % ; 8 = 97,5 % et 9 = 100 % de pourcentage moyen d'attaque.

L'échelle utilisée pour le degré d'infection (b) lors de l'évaluation de la sévérité de la maladie est celle proposé par Wangungu *et al.*, (2011) où 0 = 0 % d'infection de la plante ; 1 = infection recouvrant entre 1 - 15 % de la plante ; 2 = infection recouvrant entre 16 - 40 % de la plante ; 3 = infection recouvrant entre 41 - 75 % ; 4 = infection recouvrant entre 76 - 100 % de la plante.

II.2.4.7.4. Évaluation de l'efficacité technique des produits utilisés

L'efficacité technique est mesurée à partir des meilleures pratiques dans le secteur. Autrement dit, il mesure comment une exploitation valorise les intrants qui entrent dans le processus de production de manière optimale (Farrell, 1957). La mesure de l'efficacité s'inscrit

dans le cadre d'une meilleure utilisation des ressources productives afin de réaliser des économies et maximiser les gains de productivité.

L'efficacité technique des produits utilisés est calculée en utilisant la formule suivante :

$$Et = \frac{St - Str}{St} \times 100$$

Où, Et : l'efficacité technique, St : sévérité de la maladie ou des ravageurs sur la parcelle témoin et Str : sévérité de la maladie ou des ravageurs sur la parcelle traitée.

II.3. Analyse statistique des données

Les données relevées pour les différents tests *in vitro* et *in vivo* ont été saisies sous formes de moyenne \pm écart type d'un minimum de trois répétitions ($n = 3$) puis représentées sous forme de graphes de même que les tests en champ à l'aide du tableur Microsoft Excel 2013. L'analyse de variance à un facteur et à deux facteurs (ANOVA) des données a été possible grâce aux logiciels R version 3.5.1 et SPSS version 20.0. La comparaison multiple des moyennes a été déterminée et le test de Duncan après vérification de la normalité des données (Test de Shapiro-Wilk à $P > 0,05$) et l'homogénéité de variance (Test de Levene à $P > 0,05$) et lorsque des différences significatives ($P < 0,05$) pour un des facteurs ont été décelées. La droite de régression linéaire de type $Y = ax + b$ issue de la fonction $PI = f(\ln Ci)$ a été obtenu à partir du tableur Excel 2013 pour déterminer les CMI50 et CMI90. L'analyse en composantes principales (ACP) et le dendrogramme ont été réalisé grâce au logiciel R version 3.5.1 entre les variétés. De ce fait, les paramètres agronomiques (diamètre au collet, hauteur des plants et nombre de feuilles), épidémiologiques (incidence et sévérité), et le rendement ont été évalués en vue de déceler le rapprochement entre les variétés moins susceptibles à la sclérotiniose, aux insectes ravageurs et plus performantes du point de vue productivité du haricot commun.

CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Rendement d'extraction

L'utilisation des différents solvants organiques a permis d'obtenir différents extraits de graines de *Moringa oleifera* de volume, de couleur et d'aspect variable (Tableau VII). Le résultat obtenu montre que l'extraction à l'eau a présenté un plus faible rendement (14,7 %) suivi de celui de l'extraction au Méthanol (15,5 %) et de celui de l'extraction à l'Éthanol (16,6 %). Le plus grand rendement est obtenu avec l'Acétone comme solvant d'extraction (19,1 %).

Tableau VII. Rendement d'extraction (%) et caractérisation des extraits des graines de *Moringa oleifera*

Solvant d'extraction	Rendement (%)	Aspect physique	Couleur
Méthanol	15,5	Onctueux	Jaunâtre
Acétone	19,1	Onctueux	Jaunâtre
Éthanol	16,6	Onctueux	Jaunâtre
Eau	14,7	Laiteux	Blanchâtre

III.1.2. Analyse phytochimique des extraits de graines de *Moringa oleifera*

III.1.2.1. Screening phytochimique

Un examen attentif des résultats du screening phytochimique des extraits des graines de *Moringa oleifera* a révélé la présence de plusieurs composés chimiques qui appartiennent à diverses familles de métabolites secondaires. Cette présence varie avec le type de solvant utilisé (Tableau VIII).

En effet, les alcaloïdes, les huiles essentielles, les acides organiques et les flavonoïdes ont été présents dans tous les différents extraits des graines de *Moringa oleifera* analysés (Aqueux, Acétone, Méthanol et Éthanol). Par contre les tanins étaient absents dans les extraits organiques et les stérols ont été en trace uniquement dans l'extrait au Méthanol. Les glycosides, les terpénoïdes et tannins hydrolysables sont non déterminés.

Les extraits au Méthanol et Aqueux sont les plus riches en famille de composés chimiques. L'extrait à l'Acétone est le plus pauvre en famille des composés chimiques car seuls les alcaloïdes, les saponines et les huiles sont présents.

Tableau VIII. Screening phytochimique des extraits des graines de *Moringa oleifera*.

Composés Phytochimiques	Extrait Aqueux	Extrait Éthanolique	Extrait Méthanolique	Extrait Acétonique
Alcaloïdes	+	+	+	+
Tannins	T	-	-	T
Flavonoïdes	+	+	+	T
Saponines	-	T	T	-
Terpenoïdes	nd	nd	nd	nd
Glycosides	nd	nd	nd	nd
Stérols	-	-	+	-
Huiles essentielles	+	+	+	+
Acides organiques	+	+	+	T
Tannins hydrolysables	nd	nd	nd	nd

(-) : Absence, (+) : présence, (T) : trace, (nd) : non déterminé.

III.1.2.2. Composition chimique des extraits de graines de *Moringa oleifera* par HPLC-MS

L'analyse phytochimique des extraits des graines de *Moringa oleifera* par la HPLC-MS a révélé plusieurs composés chimiques (Hesperidin, acide Quinique, acide Fumarique, acide Aconitique, acide Gallique, acide Protocatechuïque, acide 4-OH Benzoïque, Cyanoside, Isoquercitrine, Cosmosiin, Quercitrin, Luteolin, Naringenin, Apigenin, acide Salicylique) appartenant à différentes classes chimiques (Flavonoïde, acide Phénolique, acide organique, Flavonol, Flanonoïde, Flavone). La composition chimique détaillée des extraits ainsi que la concentration des molécules spécifiques sont présentés dans le (tableau IX). Il est à noter que la composition chimique des extraits a varié en quantité et en qualité en fonction du type de solvant d'extraction utilisé. En effet, 12 ; 13 et 5 molécules chimiques ont été trouvées dans les extraits au Méthanol, à l'Éthanol et aqueux respectivement. L'on a constaté qu'aucune molécule chimique n'a été déterminée lors de l'analyse chimique de l'extrait à l'Acétone par la HPLC-MS. L'on peut également constater que les concentrations des molécules chimiques dans les différents extraits varient de 0.001 à 6,717 mg/g. L'acide fumarique suivie de l'acide Quinique ont eu des niveaux les plus élevés (1,263 et 0,933 mg/g respectivement) dans l'extrait au Méthanol. Dans l'extrait à l'Éthanol, l'acide Quinique suivi de l'acide 4-OH benzoïque ont eu les niveaux les plus élevés (0,297 et 0,207 mg/g respectivement). Dans l'extrait à l'eau, l'acide Quinique suivi de l'acide l'acide fumarique a obtenu des niveaux les plus élevés (6,717 et 0,768 mg/g respectivement). De ce fait, la concentration d'acide quinique était la plus élevée de tous les extraits des graines de moringa (6,717 mg/g).

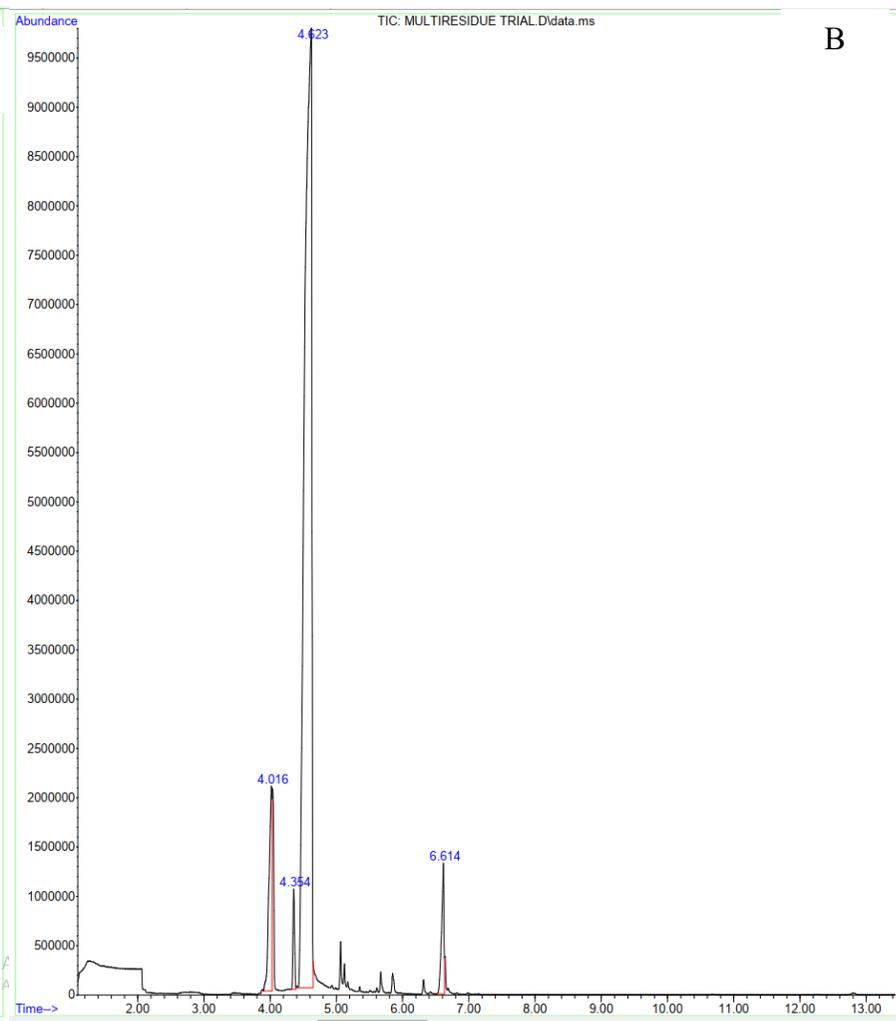
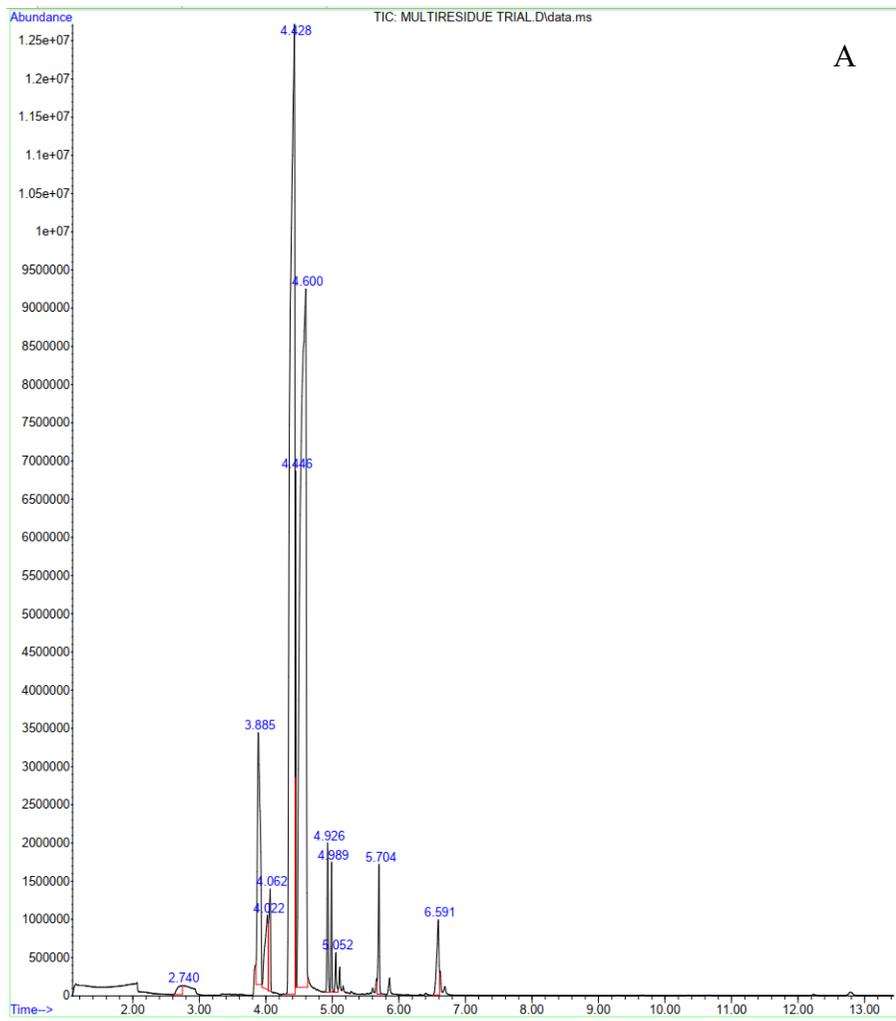
Tableau IX. Composition chimique de quelques extraits de graines de *Moringa oleifera* (mg/g extrait)

Composés chimiques	Méthanol	Acétone	Éthanol	Eau	Classe chimique	Activité biologique
Hesperidin	0,006	nd	0,009	nd	Flavonoïde	Fongicide et insecticide (Kopustinskiene <i>et al.</i> , 2020 ; Ilboudo <i>et al.</i> , 2016)
Acide Quinique	0,933	nd	0,297	6,717	Acide phénolique	Insecticide (El-Kady <i>et al.</i> , 2010)
Acide Fumarique	1,263	nd	0,153	0,768	Acide organique	nd
Acide Aconitique	Nd	nd	nd	0,011	Acide organique	nd
Acide Gallique	0,014	nd	0,013	nd	Acide phénolique	Fongicide (Dang-Minh-Ghanb <i>et al.</i> , 2013)
Acide Protocatechuïque	0,051	nd	0,020	nd	Acide phénolique	Fongicide (Nguyen <i>et al.</i> , 2014)
Acide 4-OH Benzoïque	0,570	nd	0,207	0,255	Acide phénolique	nd
Cyranoside	Nd	nd	0,012	nd		nd
Isoquercitrine	0,037	nd	0,017	nd	Flavonol	Fongicide (Busko <i>et al.</i> , 2014)
Cosmosiin	Nd	nd	0,003	nd	Flavonoïde	nd
Quercitrin	0,089	nd	0,077	nd	Flavonol	Fongicide (Busko <i>et al.</i> , 2014)
Luteolin	0,003	nd	0,002	nd	Flavone	Fongicide (Busko <i>et al.</i> , 2014)
Naringenin	0,002	nd	nd	nd	Flavonoïde	Fongicide (Busko <i>et al.</i> , 2014)
Apigenin	0,001	nd	0,001	nd	Flavonoïde	Fongicide (Busko <i>et al.</i> , 2014)
Acide Salicylique	0,030	nd	0,010	0,009	Acide phénolique	Fongicide, insecticide, hormone de croissance et stimulateur des défenses naturelles des plantes. (Dieryckx <i>et al.</i> , 2015 ; Ola, 2016)

nd: Non déterminé.

III.1.2.3. Composition chimique des extraits de graines de *Moringa oleifera* par GC-MS

Le profil chromatographique en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse (GC-MS) des extraits des graines de *Moringa oleifera* présente des pics dont le nombre, et le temps de rétention est fonction du type d'extrait analysé (Fig. 23). En général le plus grand nombre de pics est enregistré avec l'extrait au Méthanol (plus de 12 pics) suivi de l'extrait aqueux (plus de 10 pics) puis de l'extrait à l'Éthanol (plus de 07 pics). Le plus petit nombre de pics est enregistré avec l'extrait à l'Acétone (plus de 04 pics). Les temps de retentions varient entre 4,011 et 6,597 min dans l'extrait à l'Éthanol (Fig. 23C), entre 2,740 et 6,591 min dans l'extrait au Méthanol (Fig. 23A), entre 4,016 et 4,614 min dans l'extrait à l'Acétone (Fig. 23B) et entre 1,150 et 5,836 min dans l'extrait aqueux (Fig. 23D). De nombreuses molécules de poids moléculaire différent ont été obtenues à partir de chaque pic (Tableau X.). Les principaux composés obtenus dans les extraits étaient des acides gras. Des composés acides tels que l'acide décanoïque, l'acide tridécanoïque, l'acide pentadécanoïque, l'acide n-Hexadécanoïque, l'acide 6-Octadécenoïque, l'acide Cis-13- Eicosenoïque, l'acide Cis-Vaccénique et l'acide Cis-11-Eicosenoïque ont été révélés. Des esters d'acide gras tels que l'éthyl nonadecanoate, l'éthyl docosanoate, le methyl hexadecanoate, le methyl stearate, le methyl eicosanoate ont été obtenus. Des alcools tels que le 5-Hexyn-1-ol, le 3-HydroxybenzenemÉthanol, le 4-HydroxybenzenemÉthanol et le 1-methyl-1-indanol ont été obtenus. Des alcanes tels que le cis-9-Oxabicyclo [6,1,0] nonane, le cis-9-Oxabicyclo [6,1,0] nonane, le 1,5-Hexadiyne, le 1-Octen-3-yne ... étaient également présents.



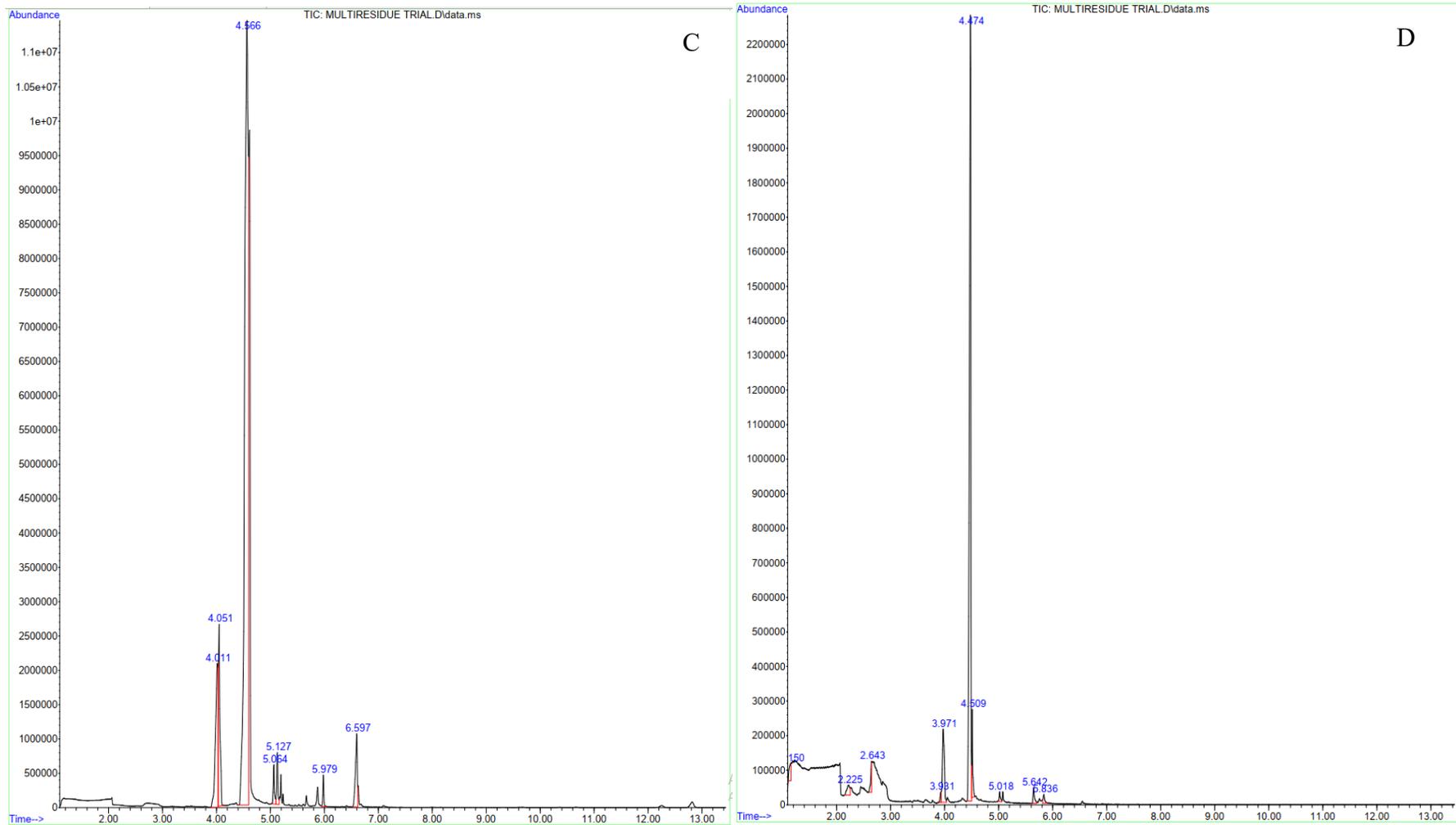


Fig. 23. Profil chromatographique des extraits de *Moringa oleifera* : A) extrait Méthanol, B) extrait acétone, C) extrait éthanol, D) extrait aqueux

Tableau X. Composition des constituants trouvés dans les différents extraits des graines de *Moringa oleifera* par GC-MS

Type d'extrait	Temps de retention (min)	Poids moléculaire	Noms hypothétiques	Bio activité	References
Éthanol	4,011	107549	acide n-Hexadécanoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
		72647	acide Tridécanoïque	I	Thanigaivel <i>et al.</i> , 2017
		107547	acide n-Hexadécanoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
	4,051	131261	acide Octadécanoïque	F et I	Yong-Hua <i>et al.</i> , 2009; Dayan <i>et al.</i> , 2009
		129353	acide (E)-Octadécanoïque	nd	
		129340	acide 6-Octadécenoïque	I	Adeniyi <i>et al.</i> , 2019
	5,064	153111	acide Cis-13- Eicosenoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
		129339	acide Cis-Vaccenique	nd	
		154906	acide Eicosanoïque	I	Sogan <i>et al.</i> , 2018
	5,127	153110	acide Cis-11- Eicosenoïque	nd	
		129339	acide Cis-Vaccenique	nd	
		166220	Nonadecanoate d'éthyle	nd	
	5,979	195792	Docosanoate d'éthyle	nd	
		119398	13-methyl-Tetradecanoate d' éthyle	nd	
	6,597	114272	(Z)-9,17-Octadecadienal	nd	

	188149	acide (Z) 2-hydroxy 9-Octadécenoïque	nd	
	177061	(9Z)-9-Octadécénoate de 3-hydroxypropyle	I	Adeniyi <i>et al.</i> , 2019
2,740	14746	4-hydroxy,Benzeneacetonitrile	nd	
	1014	methylene-Propanedinitrile	nd	
3,885	119408	Hexadecanoate de méthyle	I	Seng <i>et al.</i> , 2014
4,062	107549	acide n-Hexadécanoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay et al., 2013; Farag et al., 2011; Sogan <i>et al.</i> , 2018
	72647	Acide Tridécanoïque	I	Thanigaivel <i>et al.</i> , 2017
	95851	Acide Pentadécanoïque	nd	
4,428	141300	Acide (z) methyl-9-Octadécenoïque	I	Adeniyi <i>et al.</i> , 2019
4,446	143130	Stearate de méthyle	I	Farag <i>et al.</i> , 2011
4,600	129338	acide Oleïque	I	Farag <i>et al.</i> , 2011
	129353	acide (E)-Octadécanoïque	I	Yong-Hua <i>et al.</i> , 2009
4,926	164512	Cis-13- Eicosenoate de méthyle	nd	
	164497	l-9-Eicosenoate de méthyle	nd	
	129385	cis-10-Heptadecenoate de méthyle	nd	
4,989	166215	18-Méthylnonadecanoate de méthyle	nd	
	166218	Eicosanoate de méthyle	nd	
5,052	153111	acide Cis-13- Eicosenoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay et al., 2013; Farag et al., 2011; Sogan <i>et al.</i> , 2018
	153110	acide Cis-11- Eicosenoïque	I	Sogan <i>et al.</i> , 2018
	129339	acide Cis-Vaccénique	nd	

	5,704	186930	Docosanoate de méthyle	nd	
		114272	(Z)-9,17-Octadecadienal	nd	
	6,591	188149	acide (z) 2-hydroxy 9-Octadécenoïque	I	Adeniyi <i>et al.</i> , 2019
		11439	cis-9-Oxabicyclo[6,1,0]nonane	nd	
		107549	acide n-Hexadécanoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
	4,016	72647	acide Tridécanoïque	I	Thanigaivel <i>et al.</i> , 2017
		107547	acide n-Hexadécanoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
		141285	acide méthyl ester, 10-octadécenoïque	nd	
Acétone	4,364	141302	acide (z) méthyle-9-Octadécenoïque	I	Yong-Hua <i>et al.</i> , 2009
		129338	acide Oleïque	I	Farag <i>et al.</i> , 2011
		129340	acide 6-Octadécenoïque	I	Adeniyi <i>et al.</i> , 2019
	4,623	129339	acide Cis-Vaccénique	nd	
		114272	(Z)-9,17-Octadecadienal	nd	
	4,614	188149	acide (Z)-2-hydroxy 9-Octadécenoïque	nd	
		11439	cis-9-Oxabicyclo[6,1,0]nonane	nd	
	1,150	3143	5-Hexyn-1-ol	nd	
		5260	2,3-Diaminobut-2-enedinitrile	I	Seng <i>et al.</i> , 2014
		10444	3-HydroxybenzenemÉthanol	I	Seng <i>et al.</i> , 2014
	2,225	5399	1-Octen-3-yne	nd	
Aqueux		10441	4-HydroxybenzenemÉthanol	I	Seng <i>et al.</i> , 2014

2,643	14746	4-Hydroxybenzeneacetonitrile	nd	
	1020	1,5-Hexadiyne	nd	
3,931	105678	acide cis-9-Hexadécenoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
	82770	acide E-11-Tetradécenoïque	no	
	827688	acide E-9-Tetradécenoïque	no	
3,971	107549	acide n-Hexadécanoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
	107547	acide n-Hexadécanoïque	F et I	Tyagi et Agarwal, 2017; Abay <i>et al.</i> , 2013; Farag <i>et al.</i> , 2011; Seng <i>et al.</i> , 2014
	72643	acide Tridécanoïque	I	Thanigaivel <i>et al.</i> , 2017
4,474	129352	acide (E)-Octadécanoïque	I	Yong-Hua <i>et al.</i> , 2009
	129339	acide Cis-Vaccenique	nd	
	129357	acide cis-13-Octadecenoïque	nd	
4,509	131262	acide Octadécanoïque	I	Yong-Hua <i>et al.</i> , 2009
5,018	153110	acide Cis-11- Eicosenoïque	nd	
	129347	acide cis-13-Octadecenoïque	nd	
5,641	113721	Butyl nonyl sulfate	nd	
	14678	4-Hydrazinobenzonitrile	nd	
	22621	1-methyl-1-indanol	nd	
5,836	177130	acide Docosanoïque	nd	
	95855	acide pentadecanoïque	nd	

F : Fongicide ; I : Insecticide ; nd : non déterminé

III.1.3. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur le développement de *Sclerotinia sclerotiorum*

III.1.3.1. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur la croissance radiale des mycéliums des isolats de *Sclerotinia sclerotiorum*

La croissance radiale des différents isolats du champignon a été réduite avec l'augmentation de la concentration des extraits utilisés (Fig. 24). En comparaison au témoin négatif, les différentes concentrations ont provoqué des inhibitions significatives de la croissance mycélienne des deux isolats. Par ailleurs, on a même observé une inhibition totale (100 %) de la croissance radiale de l'isolat 1 avec l'extrait à l'Acétone à la concentration C3 et de l'isolat 2 avec l'extrait à l'Éthanol à la concentration C2 et C3 (Fig. 24).

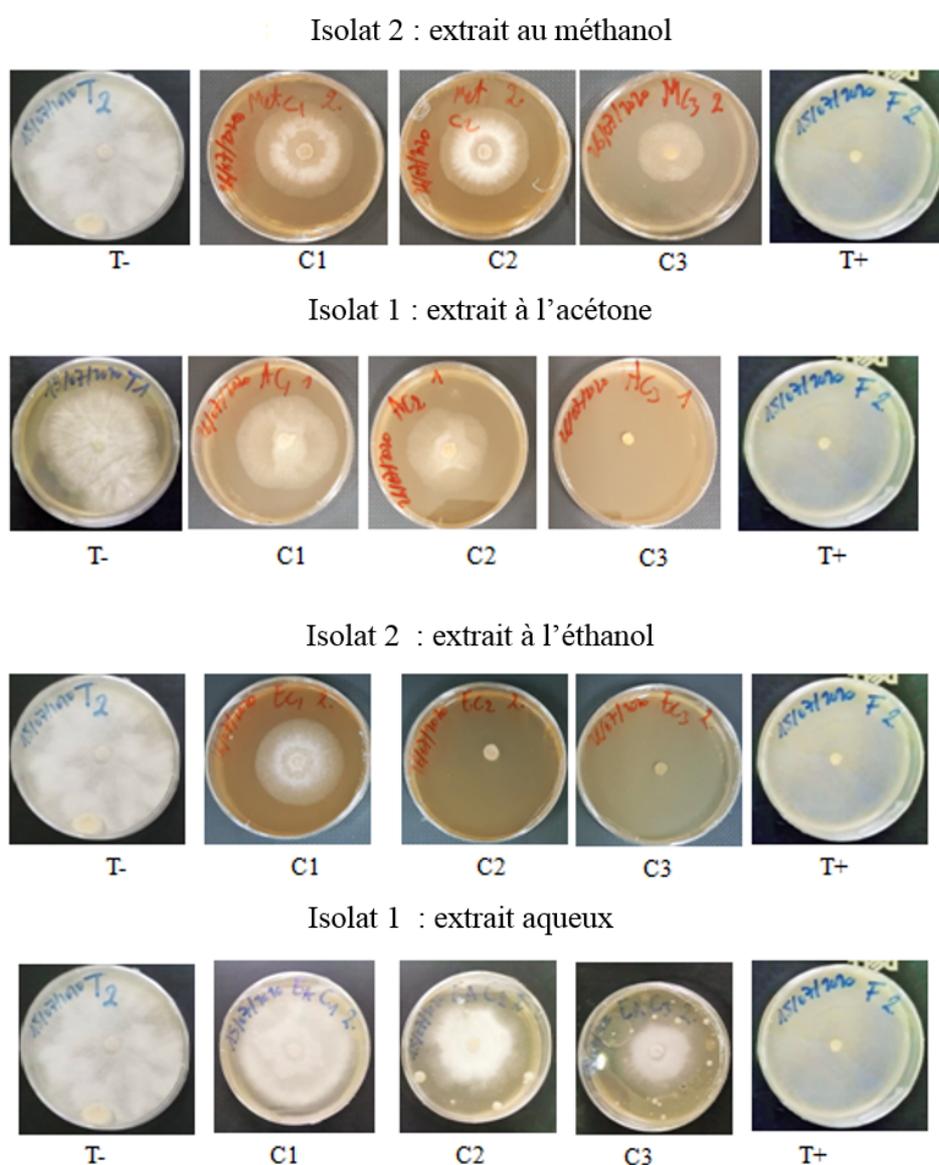


Fig. 24. Activité inhibitrice *in vitro* des extraits organiques et aqueux de *M. oleifera* sur la croissance de *S. sclerotiorum* après 6 jours d'incubation sur milieu PDA.

(T-) : témoin négatif ; (C1) : 12 $\mu\text{l.ml}^{-1}$, (C2) : 25 $\mu\text{l.ml}^{-1}$, (C3) : 50 $\mu\text{l.ml}^{-1}$ et (T+) : FM80_{WP}.

Les analyses de la croissance mycélienne des isolats 1 et 2 de *S. sclerotiorum* ont été révélées au seuil de 5 % des différences significatives ($P < 0,05$) (Fig. 25). Les extraits au Méthanol, à l'Eau, à l'Acétone et à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* à la concentration C3 ont montré une inhibition de 52,56 ; 60 ; 97,18 et 100 % respectivement pour l'isolat 1 et de 45,13 ; 13,85 ; 56,02 et 97,44 % respectivement pour l'isolat 2. Cependant, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été obtenue entre les pourcentages d'inhibition du fongicide synthétique (FM80_{WP}) et ceux des extraits à l'Éthanol pour les deux isolats et des extraits à l'Acétone pour l'isolat 2 à la plus grande concentration.

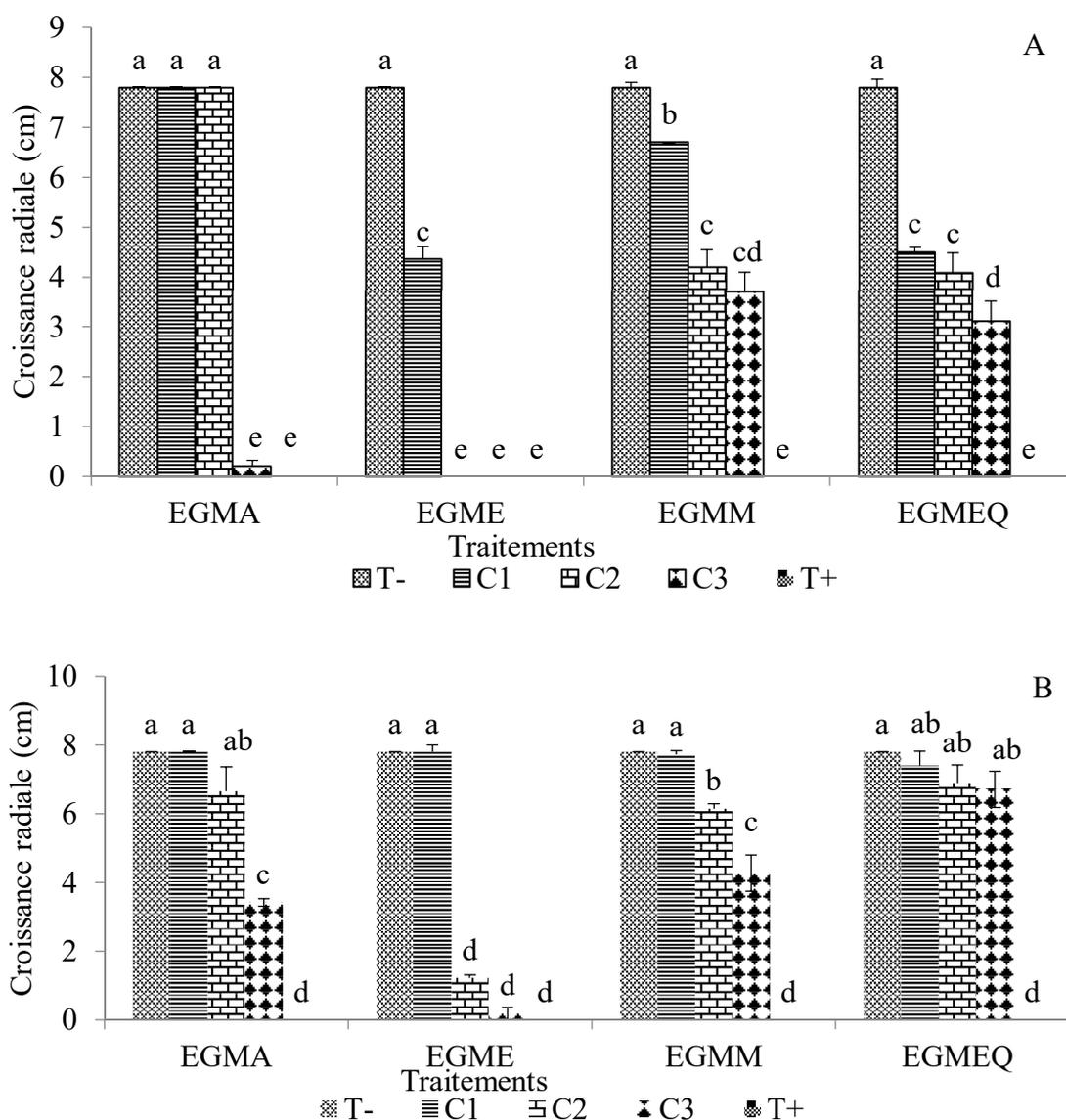


Fig. 25. Effet des traitements sur la croissance radiale des isolats *S. sclerotiorum*.

(T-) : Témoin négatif ; C1 : 12,5 $\mu\text{l.ml}^{-1}$; C2 : 25 $\mu\text{l.ml}^{-1}$; C3 : 50 $\mu\text{l.ml}^{-1}$; (T+) : FM80_{WP} ; (A) : Isolat 1 ; (B) : Isolat 2 ; EGMA : extrait à l'Acétone ; EGMM : au Méthanol ; EGMEQ : extrait aqueux ; EGME : extrait à l'Éthanol. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

III.1.3.2. Test de corrélation entre les concentrations et les pourcentages d'inhibition des extraits

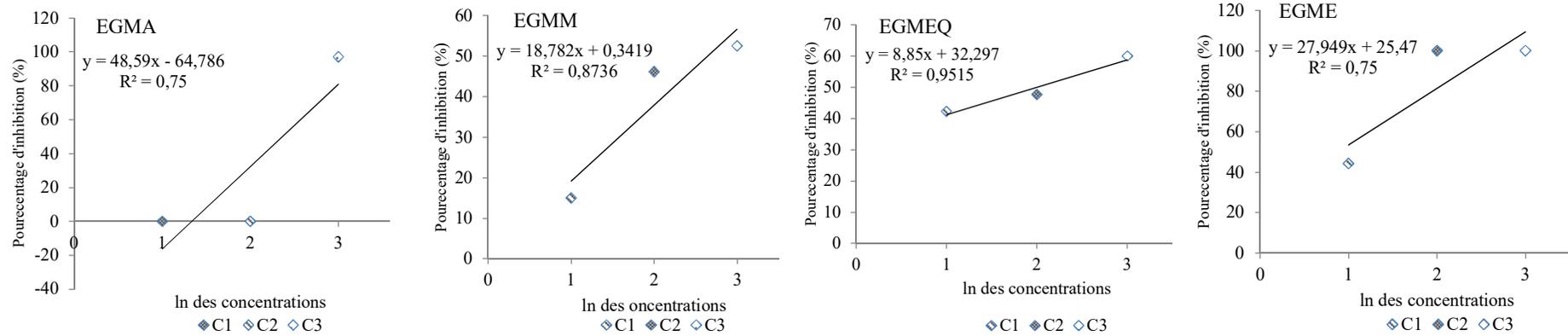
Les équations de régression obtenues avec les différents extraits testés contre les isolats de *S. sclerotiorum* montrent des relations linéaires croissantes puisque des droites de régressions à pente positive ont été obtenues. Des équations linéaires : $y = 48,59x - 64,786$; $y = 18,782x + 0,3419$; $y = 8,85x + 32,297$; $y = 27,949x + 25,47$ pour l'isolat 1 et $y = 28,013x - 32,479$; $y = 22,115x - 21,838$; $y = 4,359x + 1,453$; $y = 44,744x - 26,239$ pour l'isolat 2, ont été obtenues respectivement avec l'extrait à l'Acétone, au Méthanol, à l'Eau et à l'Éthanol (Fig. 26).

Une corrélation parfaite et positive a été obtenue entre les différentes concentrations. Le coefficient de corrélation (R^2) étant compris entre 0,74 et 1 : Soit 0,75 ; 0,8736 ; 0,9515 et 0,75 respectivement pour les extraits à l'Acétone, au Méthanol, à l'Eau et à l'Éthanol dans l'isolat 1 de *S. sclerotiorum*. Dans l'isolat 2 de *S. sclerotiorum*, les valeurs de (R^2) étaient de 0,9292 ; 0,9977 ; 0,9313 et 0,8569 respectivement pour l'extrait extrait à l'Acétone, au Méthanol, aqueux et à l'Éthanol (Tableau XI).

Tableau XI Corrélation entre le pourcentage d'inhibition et concentrations des différents extraits sur les isolats de *Sclerotinia sclerotiorum*

Types d'extraits	Isolat 1		Isolat 2	
	Coefficient de corrélation (R^2)	observations	Coefficient de corrélation (R^2)	observations
Acétone	0,75	Fortement corrélé	0,92	Fortement corrélé
Méthanol	0,87	Fortement corrélé	0,99	Fortement corrélé
Aqueux	0,95	Fortement corrélé	0,93	Fortement corrélé
Éthanol	0,75	Fortement corrélé	0,85	Fortement corrélé

ISOLAT 1



ISOLAT 2

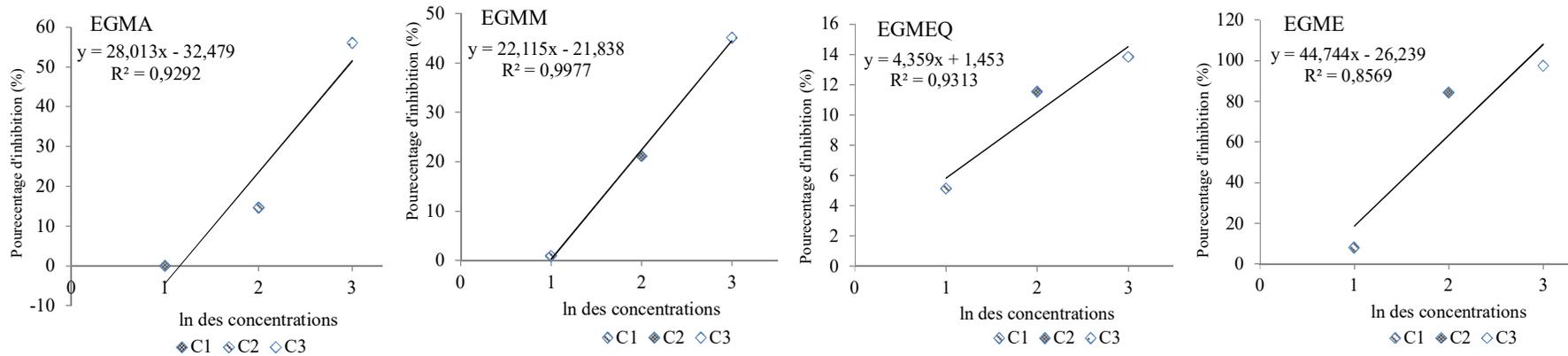


Fig. 26. Droites de régression de la croissance mycélienne aux différents traitements de l'isolat 1 et l'isolat 2 de *S. sclerotiorum*.

EGMA: extrait à l'Acétone ; EGMM : au Méthanol ; EGMAQ: extrait aqueux ; EGME: extrait à l'Éthanol, C1: 12,5 µl.ml-1 ; C2: 25 µl.ml-1 ; C3: 50 µl.ml-1

III.1.3.3. Concentrations minimales inhibitrices de l'extrait réduisant de 50 % et 90 % la croissance mycélienne du champignon

À partir des droites de régression obtenues après les tests de corrélation, les concentrations des différents extraits inhibant de 50 % et 90 % (CMI₅₀ ; CMI₉₀) la croissance des isolats 1 et 2 de *S. sclerotiorum* ont été déterminées. Les plus faibles concentrations minimales de l'extrait inhibant de 50 % (CMI₅₀) ont été obtenues avec l'extrait à l'Éthanol, soit 0,87 et 1,70 $\mu\text{l.ml}^{-1}$ pour l'isolat 1 et 2 respectivement. Pour la CMI₉₀, on a obtenu des concentrations minimales inhibitrices faibles de 2,30 et 2,59 $\mu\text{l.ml}^{-1}$ avec l'extrait à l'Éthanol pour les isolats 1 et 2 respectivement. La plus grande CMI₅₀ et CMI₉₀ a été obtenue avec l'extrait aqueux soit respectivement de 11,13 et 20,31 $\mu\text{l.ml}^{-1}$ pour l'isolat 2 de *S. sclerotiorum*. pour l'isolat 1, la plus grande concentration minimale est obtenue uniquement avec la CMI₉₀ (6,52 $\mu\text{l.ml}^{-1}$) (Tableau XII).

Tableau XII Concentrations minimales inhibitrices (CMI₅₀ et CMI₉₀) de la croissance mycélienne des isolats de *Sclerotinia sclerotiorum* avec les différents extraits testés (en $\mu\text{l/ml}$)

Concentration minimale inhibitrice	Type d'extraits	Concentration isolat 1 ($\mu\text{l/ml}$)	Concentration isolat 2 ($\mu\text{l/ml}$)
CMI 50	Extrait aqueux	2	11,13
	Extrait à l'acetone	2,36	2,94
	Extrait au Méthanol	2,64	3,24
	Extrait à l'Éthanol	0,87	1,70
CMI 90	Extrait aqueux	6,52	20,31
	Extrait à l'acetone	3,18	4,37
	Extrait au Méthanol	4,77	5,05
	Extrait à l'Éthanol	2,30	2,59

III.1.3.4. Activité fongicide ou fongistatique des extraits de graines de *Moringa oleifera*

Les données du tableau XIII présentent le statut antifongique des extraits de graines *Moringa oleifera* vis-à-vis de *S. sclerotiorum*. Il l'en ressort que la concentration des extraits ayant inhibé totalement la croissance mycélienne des souches de *S. sclerotiorum* ont des activités d'une part fongicide (Acétone, Éthanol), et d'autre part fongistatique (Aqueux et Méthanol).

Tableau XIII. Activité antifongique des extraits de graines de *S. sclerotiorum*

Extraits	Concentrations létales	Effets
Acétone	C3	Fongicide
Éthanol	C3	Fongicide
Aqueux	C3	Fongistatique
Méthanol	C3	Fongistatique

III.1.4. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* contre *Acanthoscelides obtectus*

III.1.4.1. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur la mortalité des adultes de *Acanthoscelides obtectus*

La survie des adultes de *A. obtectus* aux extraits des graines de *M. oleifera* est présentée dans le tableau XIV. De manière générale, les adultes de *A. obtectus* survivent pendant au moins 04 jours. Mais la mortalité est plus prononcée dans les lots de haricot commun traités avec des extraits de *M. oleifera*. L'élévation du taux de mortalité d'un traitement varie proportionnellement avec l'augmentation de la concentraion.

En effet au jour 1, les taux de mortalités des bruches dans les différents extraits étant comprises entre $82,07 \pm 1,92$ et $96,55 \pm 0,35$ % à diverses concentrations, ont été significativement ($P < 0,05$) plus élevés comparativement au taux de mortalité enregistré dans les lots non traités (témoin négatif : $7,80 \pm 1,25$ %). Par ailleurs, à partir du jour 4, aucune différence significative ($P > 0,05$), n'est enrégistrée entre le taux de mortalité des lots traités à l'insecticide chimique et les lots traités aux différents extraits à la concentration (C3 : 50 µl/ml).

Tableau XIV. Évolution du taux de mortalité (%) des adultes de *Acanthoscelides obtectus* après contact avec les extraits des graines de *Moringa oleifera*.

EGMM : extrait au Méthanol ; EGME ; extrait à l'Éthanol ; EGMA ; extrait à l'Acétone. 1 : concentration 1 (C1 :12,5 µl/ml) ; 2 : concentration 2 (C2 :25 µl/ml) et 3 : concentration 3 (C3 : 50 µl/ml)

Traitements	Jour 1	Jour 2	Jour 3
Témoin négatif	$7,80 \pm 1,25h$	$13,94 \pm 0,76d$	$60,6 \pm 2,91d$
EGMM1	$88,78 \pm 1,07e$	$94,43 \pm 1,46b$	$100 \pm 00a$
EGMM2	$93,8 \pm 1,08c$	$100 \pm 00a$	$100 \pm 00a$
EGMM3	$96,55 \pm 0,35b$	$100 \pm 00a$	$100 \pm 00a$
EGME1	$82,07 \pm 1,92g$	$86,17 \pm 0,84c$	$93,33 \pm 00c$
EGME2	$86,83 \pm 0,47f$	$93,88 \pm 0,96b$	$95,33 \pm 1,73b$

EGME3	90,87 ± 0,31d	97,77 ± 0,35a	100 ± 00a
EGMA1	88,22 ± 0,19ef	100 ± 00a	100 ± 00a
EGMA2	91,11 ± 1,92d	100 ± 00a	100 ± 00a
EGMA3	96,37 ± 0,19b	100 ± 00a	100 ± 00a
IPM2%	100 ± 00a	100 ± 00a	100 ± 00a
Moyennes	83,85 ± 25,72a	91,67 ± 25,83a	95,39 ± 11,76a

*Dans la colonne, les chiffres affectés d'une même lettre sont statistiquement identiques et ceux affectés de lettres différentes sont non identiques au seuil de 5 % (Test Duncan).

III.1.4.2. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur la ponte d'œuf et le taux d'émergence des adultes de *Acanthoscelides obtectus*.

Le tableau XV présente le nombre d'œufs pondus par les adultes de *A. obtectus* et le taux d'émergence de ces derniers. De manière générale les différents extraits des graines de Moringa ont significativement ($P < 0,05$) réduit la ponte des œufs chez les adultes de *A. obtectus* et le taux d'émergence des larves de *A. obtectus*, comparativement au témoin négatif. En effet s'agissant du paramètre nombre d'œufs pondus, l'on constate une diminution du nombre d'œufs pondus avec l'augmentation de la concentration de l'extrait utilisé. Ce nombre est de $236,67 \pm 9,6$ oeufs dans le traitement témoin et compris entre 0 ± 00 et $79 \pm 3,6$ oeufs dans les lots traités aux extraits des graines de moringa. Par ailleurs il n'existe aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les données obtenues dans les lots traités à l'insecticide chimique et les lots traités aux extraits au Méthanol et à l'Acétone à la concentration C3 (50 µl/ml).

En ce qui concerne le taux d'émergence, l'on constate de manière générale que les différents extraits des graines de Moringa ont significativement ($P < 0,05$) réduit taux d'émergence de la génération F1 de *A. obtectus* à la concentration C3 (50 µl/ml) comparativement aux lots non traités (témoin négatif). Il est à noter que cette diminution du taux d'émergence est fonction de l'augmentation de la concentration de l'extrait utilisé. En effet aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est observé entre le traitement témoin ($87,76 \pm 4,7$ %) et les extraits au Méthanol à la dose C1 (EGMM : $84,66 \pm 2,48$ %) et à l'Éthanol à la dose C1 (EGME1 : $84,39 \pm 1,09$ %). Par ailleurs il n'existe aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les données obtenues dans le traitement à l'insecticide chimique et le traitement à l'Acétone à la dose C3 (50 µl/ml) où l'on n'enregistre aucun insecte émergé.

Tableau XV: Variation du nombre d'œufs pondus par les adultes de *Acanthoscelides obtectus* et du taux de viabilité (%) de ces derniers en fonction des différents traitements

EGMM : extrait au Méthanol ; EGME ; extrait à l'Éthanol ; EGMA ; extrait à l'Acétone. 1 : concentration 1 (C1 : 12,5 µl/ml) ; 2 : concentration 2 (C2 : 25 µl/ml) et 3 : concentration 3 (C3 : 50 µl/ml)

Traitements	Nombre d'œufs pondus	Taux d'émergence (%)
Témoin négatif	236,67 ± 9,6a	87,76 ± 4,7a
EGMM1	56,6667 ± 3,05c	84,66 ± 2,48a
EGMM2	23 ± 2,64e	73,62 ± 6,02ab
EGMM3	2,66 ± 0,57g	17,77 ± 13,47c
EGME1	79 ± 3,6b	84,39 ± 1,09a
EGME2	35,6667 ± 2,52d	80,27 ± 3,66ab
EGME3	9,3333 ± 2,31f	65,28 ± 16,83b
EGMA1	51,6667 ± 1,53c	82,03 ± 5,72ab
EGMA2	14,3333 ± 3,21f	79,34 ± 3,48ab
EGMA3	0 ± 00g	-
IPM ₂ %	0 ± 00g	-

*Dans la colonne, les chiffres affectés d'une même lettre sont statistiquement identiques et ceux affectés de lettres différentes sont non identiques au seuil de 5 % (Test Duncan).

III.1.4.3. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* sur la perte pondérale du haricot commun en conservation

Le tableau XVI présente la perte pondérale des graines de haricot commun conservées. De manière générale l'on constate que les différents extraits des graines de *Moringa* ont significativement réduit la perte pondérale ($P < 0,05$) comparativement au témoin. L'on constate également une diminution de la perte pondérale avec l'augmentation de la concentration de l'extrait utilisé.

En effet à la plus grande concentration (C3 : 50 µl/ml), l'on constate que l'extrait des graines de *Moringa oleifera* à l'Acétone a enregistré une perte pondérale significativement faible ($0,83 \pm 1,44$ %) comparée aux pertes des extraits des graines de *Moringa* au Méthanol ($2,3 \pm 1,40$ %) et à l'Éthanol ($2,85 \pm 0,46$ %) à la même concentration. L'on constate évidemment que le traitement à l'insecticide chimique n'a enregistré aucune perte pondérale durant toute la période de conservation. Par ailleurs il n'existe aucune différence significative importante ($P > 0,05$) entre les données obtenues dans le traitement à l'insecticide chimique (00 ± 00 %) et le traitement EGMA3 ($0,83 \pm 1,44$ %).

Tableau XVI: Variation de la perte pondérale des graines de haricot commun conservées en fonction des différents traitements

EGMM : extrait au Méthanol ; EGME ; extrait à l'Éthanol ; EGMA ; extrait à l'Acétone. 1 : concentration 1 (C1 :12,5 µl/ml) ; 2 : concentration 2 (C2 :25 µl/ml) et 3 : concentration 3 (C3 : 50 µl/ml)

Traitements	Perte pondérale en (%)
Témoin	21,23 ± 1,17a
EGMM1	11,55 ± 1,68b
EGMM2	8,37 ± 0,75c
EGMM3	2,3 ± 1,40e
EGME1	7,63 ± 1,31c
EGME2	8,08 ± 0,97c
EGME3	2,85 ± 0,46de
EGMA1	9,27 ± 0,82c
AGMA2	4,76 ± 1,22d
EGMA3	0,83 ± 1,44ef
IPM _{2%}	00 ± 00f

*Dans la colonne, les chiffres affectés d'une même lettre sont statistiquement identiques et ceux affectés de lettres différentes sont non identiques au seuil de 5 % (Test Duncan).

III.1.4.4. Conservation du pouvoir Germinatif des graines de haricot commun traitées aux extraits des graines *Moringa oleifera*

Les résultats du test de germination des graines traitées aux différentes concentrations des extraits des graines de *Moringa oleifera* sont consignés dans le tableau XVII.

Il en ressort que les graines du lot témoin autant que celles traitées aux extraits des graines de *M. oleifera* ont germé à partir du deuxième jour. En effet Il n'existe pas de différence significative ($P > 0,05$) entre les traitements à base d'extrait des graines de *M. oleifera* et les témoins. Comme conclusion les extraits *M. oleifera* n'ont aucun effet sur le pouvoir germinatif des graines, quelle que soit la dose appliquée.

Tableau XVII : Taux de germination des graines de haricot traitées par les extraits des graines de *Moringa oleifera* et non traitées (témoin)

EGMM : extrait au Méthanol ; EGME ; extrait à l'Éthanol ; EGMA ; extrait à l'Acétone. 1 : concentration 1 (C1 :12,5 µl/ml) ; 2 : concentration 2 (C2 :25 µl/ml) et 3 : concentration 3 (C3 : 50 µl/ml)

Traitements	Taux de germination des graines	
	Jour 2	Jour 4
Témoin	26,66 ± 2,89a	96,66 ± 5,77a
EGMM1	25,00 ± 00a	91,67 ± 2,87a
EGMM2	25,00 ± 5,00a	90,00 ± 5,00a
EGMM3	26,67 ± 5,77a	91,667 ± 5,77a

EGME1	28,33 ± 5,77a	96,67 ± 5,77a
EGME2	26,67 ± 2,89a	93,33 ± 2,89a
EGME3	29,33 ± 2,89a	95,00 ± 5,00a
EGMA1	28,33 ± 2,89a	91,67 ± 7,64a
AGMA2	29,00 ± 5,0a	93,33 ± 7,63a
EGMA3	26,67 ± 2,87a	91,67 ± 2,87a
IPM2%	28,33 ± 2,87a	95,00 ± 5,00a

*Dans la colonne, les chiffres affectés d'une même lettre sont statistiquement identiques et ceux affectés de lettres différentes sont non identiques au seuil de 5 % (Test Duncan).

III.1.5. Phase d'expérimentation en Champ

III.1.5.1. Variation du taux de levée en fonction du temps durant les deux campagnes

Le taux de levée des deux variétés de haricot durant la campagne 2016-2017 et 2017-2018 est représenté par la figure 27. Il ressort de cette figure qu'au 7^{ième} JAS, les deux variétés ont enregistré un taux maximal de levée de 98,34 % et 96,67 % respectivement pour les variétés V1 et V2 à la campagne 2016-2017 et un taux de 96,34 et 94,47 % respectivement pour les variétés V1 et V2 à la campagne 2017-2018. Il n'existe aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les taux de levée des deux variétés durant les deux campagnes.

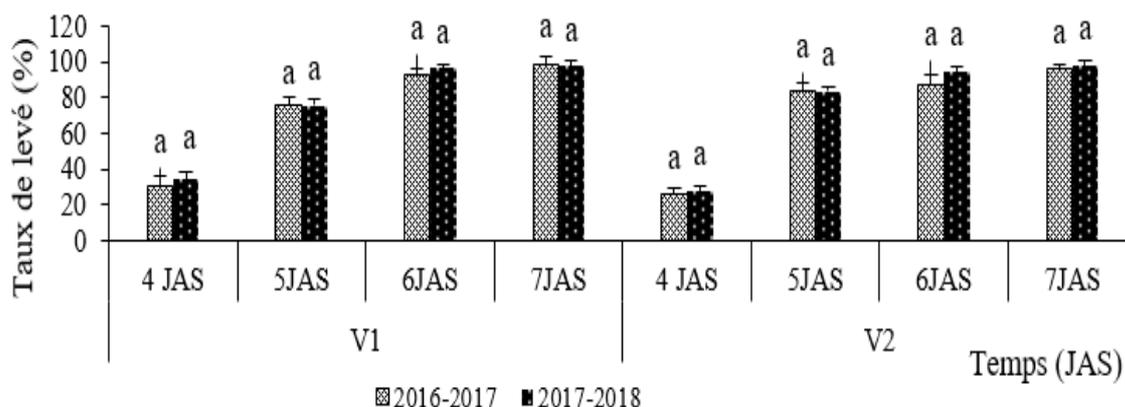


Fig. 27. Taux de levée des deux variétés de haricot en fonction du temps. JAS : jour après semis ; V1 : GLP 190 S ; V2 : NITU G16187.

III.1.5.2. Effet des extraits de graines de *Moringa oleifera* sur les paramètres de croissance du haricot commun

III.1.5.2.1. Effet des extraits de *Moringa oleifera* et de la variété sur la hauteur des plants du haricot commun durant les campagnes 2016-2017 et 2017-2018

L'analyse des données de la hauteur des plants durant la campagne 2016-2017 et 2017-2018 montre qu'aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les différents traitements sur

la hauteur des plants pour les deux variétés de haricots à 4 et 5 semaines après semis (SAS) n'est enregistrée. Par contre, à 5, 6, 7 et 8 SAS une différence significative ($P < 0,05$) est enregistrée entre les traitements. Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est observée sur la hauteur des plants en ce qui concerne l'interaction variété x traitement durant les deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018).

En effet, durant la campagne 2016-2017 (Fig. 28A), la hauteur moyenne des plants est de $43,75 \pm 1,67$ cm et $44,46 \pm 1,13$ cm dans le traitement à l'extrait aqueux et $45,14 \pm 1,97$ cm et $45,20 \pm 1,24$ cm dans le traitement à l'extrait à l'Éthanol respectivement pour la variété V1 et V2. Le traitement témoin enregistre une hauteur de $36,1 \pm 1,13$ cm et $40,11 \pm 1,77$ cm respectivement dans la variété V1 et V2 à 8 SAS. Durant la campagne 2017-2018 (Fig. 28B), à 8 SAS, les traitements T2 ($44,75 \pm 1,67$ et $45,6 \pm 1,35$ cm) et T3 ($45,96 \pm 1,97$ et $46,1 \pm 1,38$ cm) respectivement des variétés V1 et V2 ont les plus grandes hauteurs comparativement au traitement témoin T0 ($35,52 \pm 1,25$ et $40,17 \pm 1,77$ cm) respectivement de la variété V1 et V2.

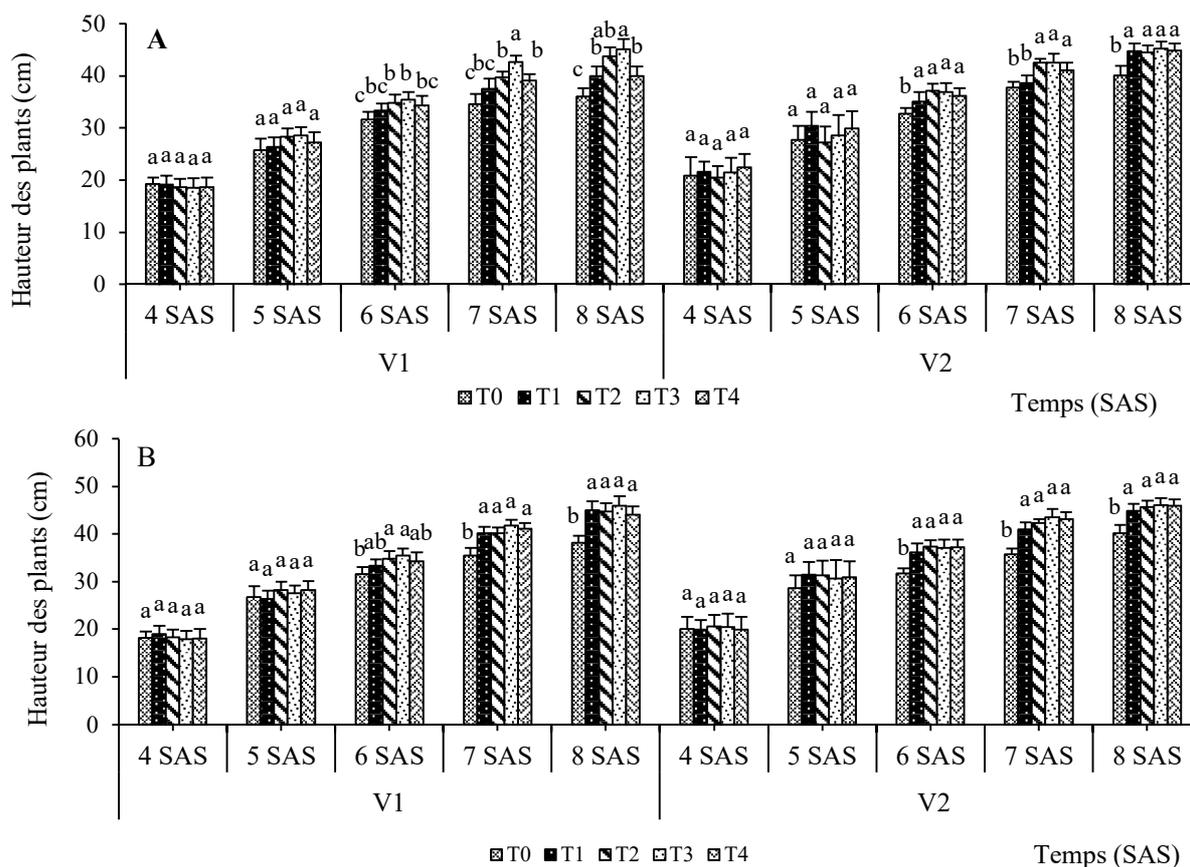


Fig. 28. Effet des traitements sur la hauteur des plants en fonction du temps (A) : Campagne 2016-2017 ; (B) : Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

III.1.5.2.2. Effet des extraits de *Moringa oleifera* et de la variété sur le diamètre au collet des plants de haricot commun durant les campagnes 2016-2017 et 2017-2018.

Le diamètre au collet des plants de haricot commun collecté durant les deux campagnes d'études (2016-2017 et 2017-2018) est présenté par la figure 29. Il ressort de cette figure que aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été enregistrée entre les traitements pour les variétés V1 et V2. De même, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est observée sur le diamètre au collet des plants en ce qui concerne l'effet variétal et l'interaction variété x traitement durant les deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018).

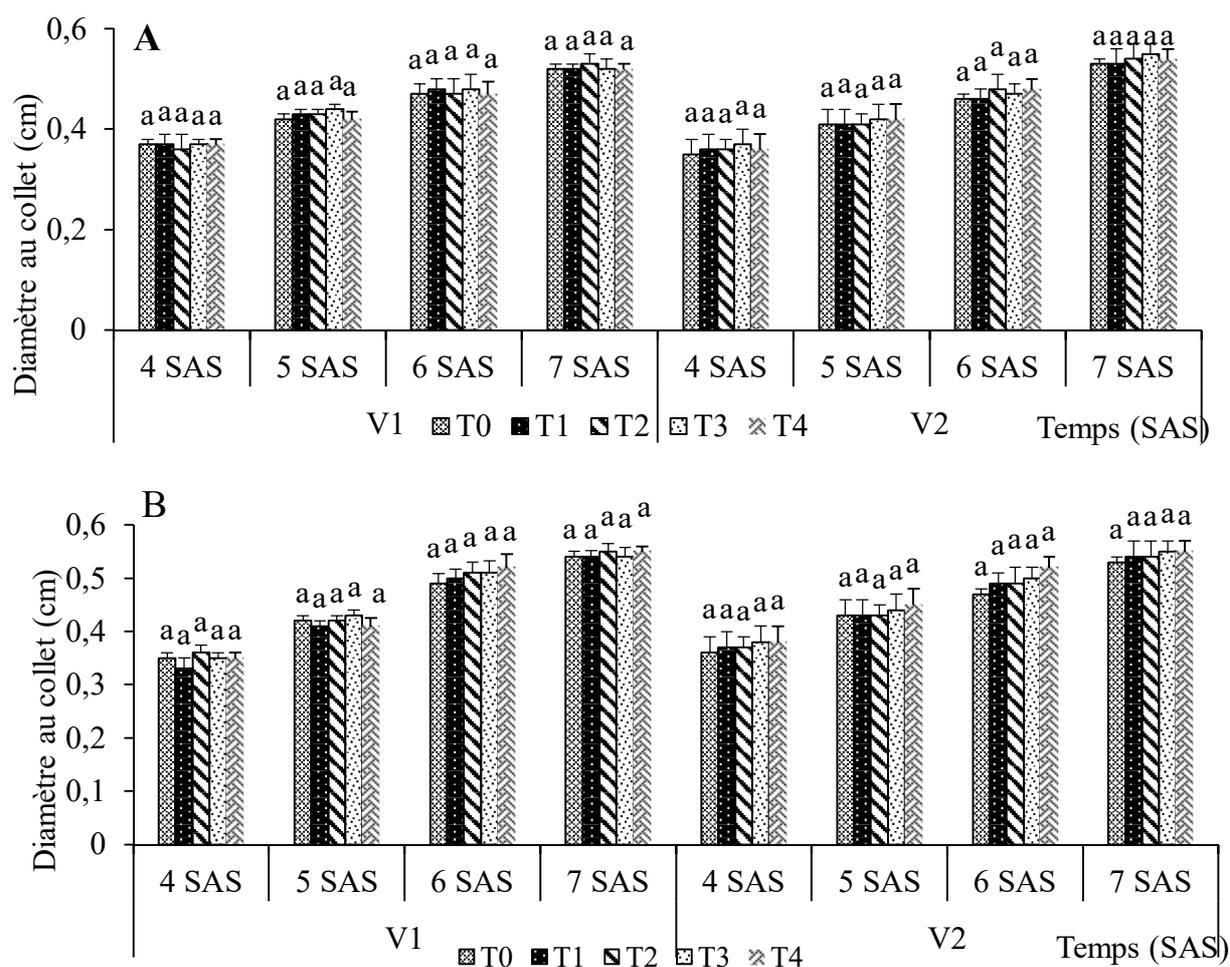


Fig. 29. Effet des traitements sur le diamètre au collet des plants en fonction du temps. (A) : Campagne 2016-2017 ; (B) Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

III.1.5.2.3. Effet des extraits de *Moringa oleifera* sur le nombre de feuilles des plants de haricot commun durant les campagnes 2016-2017 et 2017-2018.

L'analyse de variance du nombre de feuilles produites durant l'expérimentation montre qu'il n'existe aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les différents traitements à 4, 5 et 6 SAS dans la variété V1 et à 4 et 5 SAS dans la variété V2 durant la campagne 2016-2017 (fig.30A). Par contre à partir de 6 SAS dans la variété V2 et à 7 SAS dans la variété V1, une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements est enregistrée. En effet les traitements aux extraits des graines de morionga T2 ($13,7 \pm 1,13$) et T3 ($12,85 \pm 0,57$) dans la variété V1 enregistrent 7 SAS un nombre plus élevé de feuilles que le traitement T0 ($10,06 \pm 0,17$). Également dans la variété V2, l'on note que les traitements aux extraits des graines de Moringa T2 ($18,83 \pm 0,47$) et T3 ($15,25 \pm 1,12$) enregistrent un nombre plus élevé de feuilles que le traitement témoin T0 ($15,1 \pm 0,18$) qui enregistre un nombre de feuilles plus faible.

La figure 30B illustre les variations du nombre de feuilles de chaque traitement en fonction du temps dans les deux variétés de haricot durant la campagne 2017-2018. L'on observe une augmentation significative ($P < 0,05$) du nombre de feuilles dans les traitements à base des extraits des graines de Moringa à 6 SAS et 7 SAS dans la variété V1 et à 7 SAS dans la variété V2. En effet à 7 SAS, les traitements à base des graines de Moringa T2 ($20,65 \pm 1,13$ et $22,83 \pm 1,17$) et T3 ($21,59 \pm 0,57$ et $23,25 \pm 1,12$) respectivement dans la variété V1 et V2 enregistrent un nombre de feuille nettement supérieure comparativement au traitement témoin T0 ($16,06 \pm 1,17$ et $17,22 \pm 0,99$) respectivement dans la variété V1 et V2.

L'analyse de variance en ce qui concerne l'interaction variété x traitement montre des différences significatives ($P < 0,05$) observées durant les campagnes 2016-2017 et 2017-2018 (Fig. 31). À cet effet, l'on note à la 7 SAS une augmentation du nombre de feuilles dans la variété V2 ($16,1 \pm 1,2$ et $22,13 \pm 1,10$) respectivement durant la campagne 2016-2017 et 2017-2018 comparativement à la variété V1 où l'on enregistre un nombre de feuilles faible ($12,16 \pm 0,78$ et $19,9 \pm 0,98$) respectivement durant la campagne 2016-2017 (fig. 31A) et 2017-2018 (Fig. 31B).

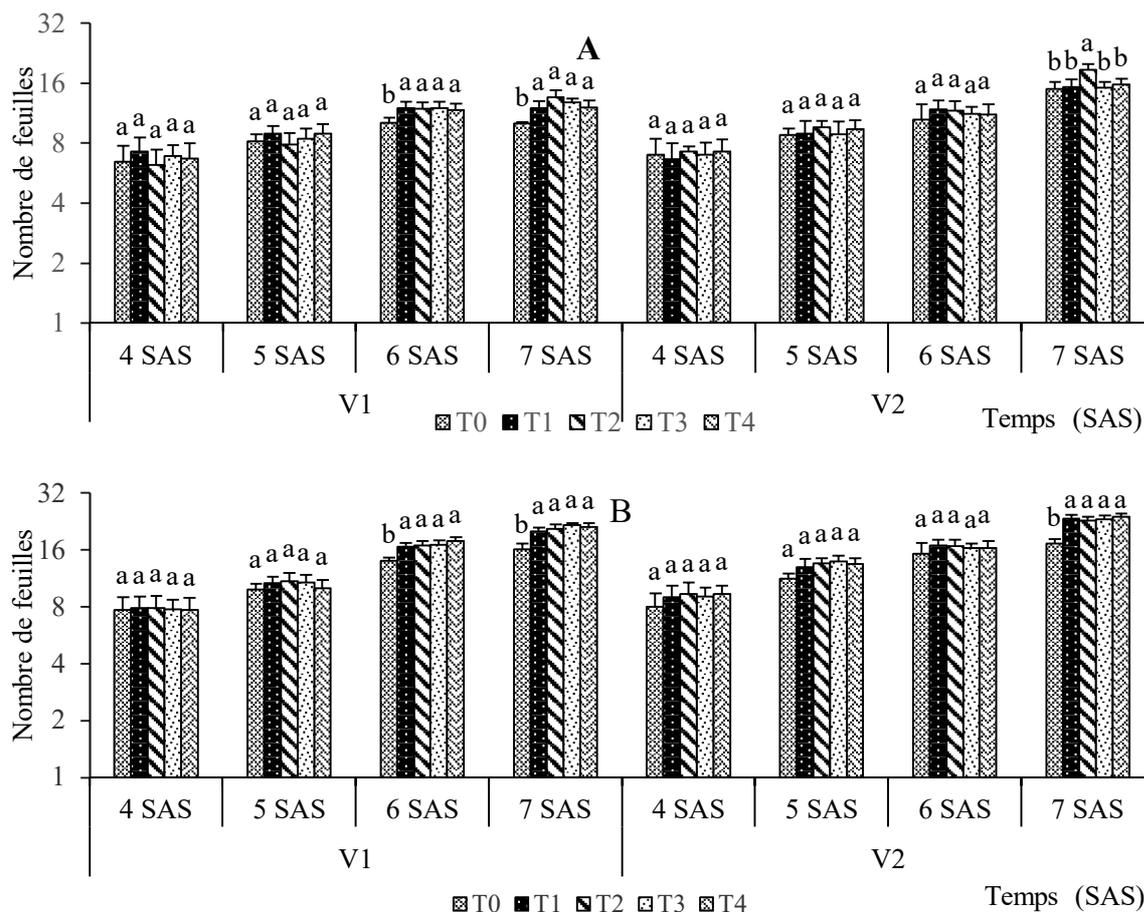


Fig. 30. Effet des traitements sur le nombre de feuilles des plants en fonction du temps. (A) : Campagne 2016-2017 ; (B) Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

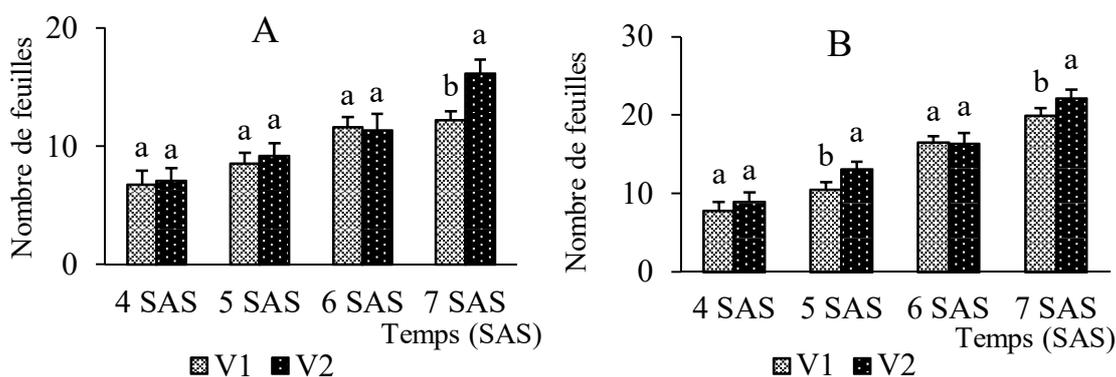


Fig. 31. Effet de la variété sur le nombre de feuilles des plants en fonction du temps. (A) : Campagne 2016-2017 ; (B) Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

III.1.5.3. Effet des extraits de graines de *Moringa oleifera* et de la variété sur les paramètres épidémiologiques durant les campagnes 2016-2017 et 2017-2018.

III.1.5.3.1. Effet des traitements à base des extraits des graines de *Moringa oleifera* et de la variété sur l'incidence de la sclérotiniose du haricot commun

L'incidence de la sclérotiniose du haricot commun est présentée par la figure 32. Cette incidence varie avec le temps en fonction des traitements et de la variété de haricot commun.

En effet on enregistre aucune différence significative ($P > 0,05$) 4 SAS dans les différents traitements indépendamment de la variété. Par contre des différences significatives ($P < 0,05$) sont observées à partir de la deuxième semaine de traitement (5 SAS) jusqu'à la 8 SAS (Fig. 32A). L'on constate également que les traitements aux extraits des graines de *Moringa* ont réduit considérablement l'incidence de la maladie. En effet, à 8 SAS de la première campagne (2016-2017) (Fig. 32A), l'on enregistre des valeurs d'incidences nettement plus faibles dans les traitements à base des extraits des grains de *Moringa* à savoir T2 ($19,51 \pm 2,14$ % et $15,2 \pm 2,26$ %) et T3 ($19,24 \pm 2,21$ % et $13,25 \pm 2,15$ %) respectivement dans la variété V1 et V2, comparées aux valeurs d'incidences enregistrées dans le traitement témoin T0 ($59,95 \pm 3,17$ % et $57,28 \pm 3,88$ %) respectivement dans la variété V1 et V2. Cependant les valeurs d'incidences enregistrées dans les traitements à base des extraits de *Moringa* sont plus élevées comparées aux valeurs du traitement au fongicide de synthèse (T4 : $8,15 \pm 1,62$ % et $11,85 \pm 2,32$ %) respectivement dans la variété V1 et V2.

À la deuxième campagne (2017-2018) (Fig. 32B), des observations similaires sont faites bien que les valeurs de l'incidence de la maladie soient plus élevées comparées aux valeurs de la première campagne (2016-2017). En effet, les traitements à base des extraits des graines de *Moringa* à savoir T2 ($38,84 \pm 4,75$ % et $40,29 \pm 2,68$ %) et T3 ($35,98 \pm 4,19$ % et $37,41 \pm 2,09$ %) ont enregistré respectivement dans les deux variétés (V1 et V2), une incidence significativement faible ($P < 0,05$) comparée au traitement témoin T0 ($52,35 \pm 2,73$ % et $60,31 \pm 2,09$ %). Notons également que les valeurs d'incidences enregistrées dans les traitements à base des extraits des grains de *Moringa* sont plus élevées comparées au traitement au fongicide (T4 : $24,13 \pm 2,75$ % et $27,32 \pm 1,86$ %) respectivement dans la variété V1 et V2 (Fig. 32B).

Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est observée sur l'incidence de la pourriture blanche des plants en ce qui concerne l'effet variétal et l'interaction variété x traitement durant les deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018).

L'insecticide chimique (T1) en renforçant la vigueur de la plante par la réduction des dégâts dus aux insectes semble réduire l'incidence de la maladie au même titre que le fongicide chimique et les extraits des graines de *Moringa oleifera*.

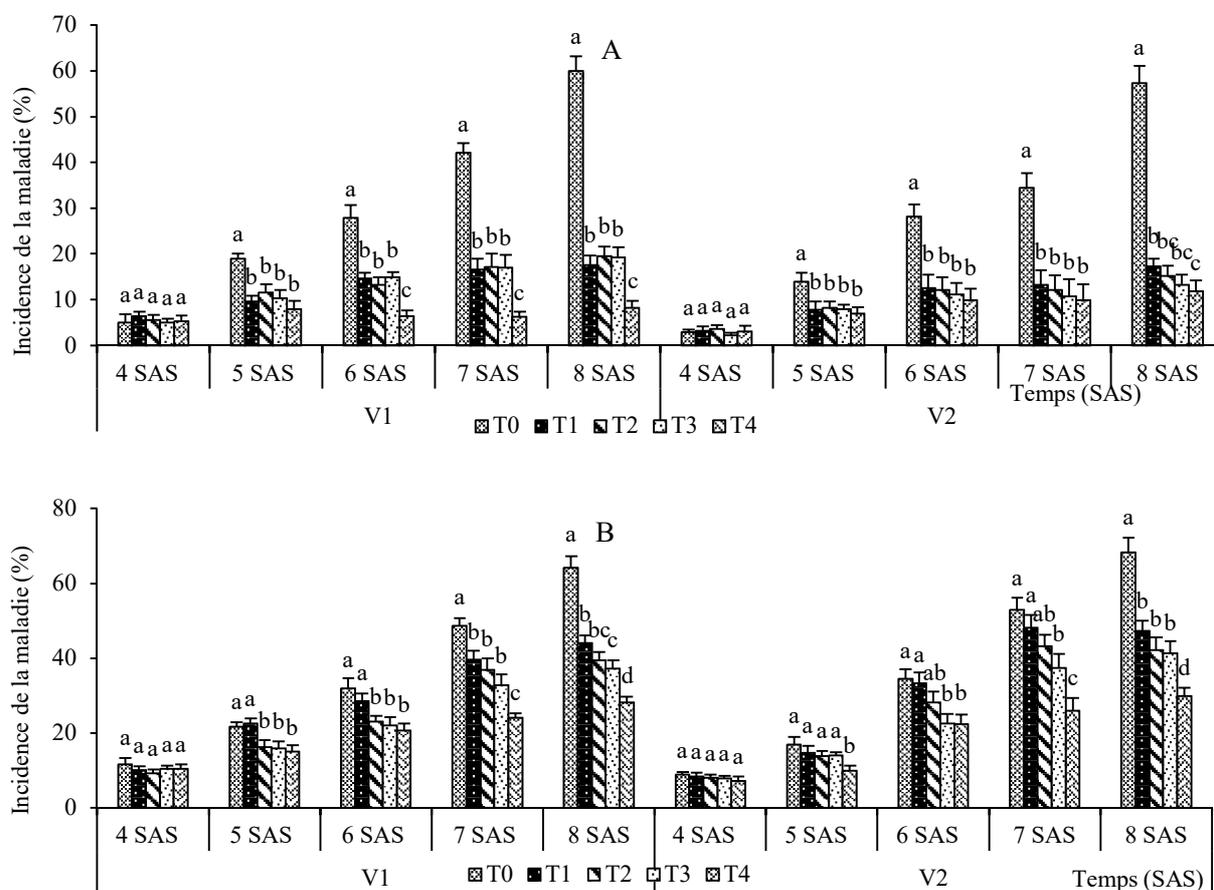


Fig. 32. Effet des traitements sur l'incidence de la maladie en fonction du temps. (A) : Campagne 2016-2017 ; (B) Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

III.1.5.3.2. Effet des extraits des graines de *Moringa oleifera* et de la variété sur la sévérité de la sclérotiniose du haricot commun

Lors des deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018), les analyses visant à évaluer l'effet des traitements sur la sévérité de la maladie causée par *S. sclerotiorum* ont été réalisées pour chaque variété. Les résultats issus de ces analyses montrent que les extraits ont influencés la sévérité de la sclérotiniose durant les deux campagnes de culture du haricot commun (Fig. 33).



Fig. 33. Parcelle de haricot commun. A) Parcelle attaquée par *Sclerotinia sclerotiorum*; B) Parcelle non attaquée par *Sclerotinia sclerotiorum*

Même si aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les parcelles traitées et les parcelles témoins à la première semaine après application des traitements (4 SAS), l'on observe par contre partir de la deuxième semaine après traitements, des différences significatives ($P < 0,05$) entre les parcelles traitées aux extraits des graines de *Moringa oleifera* (T2 et T3), les parcelles témoin (T0) d'une part et les parcelles traitées au fongicide de synthèse (T4) d'autre part (Fig. 34).

En effet à la 8^{ième} SAS de la campagne (2016-2017), on constate respectivement dans les deux variétés V1 (GLP 190S) et V2 (NITU), que les traitements à base des extraits des graines de Moringa à savoir T2 ($17,86 \pm 1,11$ % et $8,64 \pm 1,56$ %) et T3 ($11,7 \pm 1,24$ % et $7,91 \pm 1,92$ %) ont enregistré une sévérité de la maladie plus faible comparée au traitement témoin T0 ($47,32 \pm 2,53$ % et $56,14 \pm 1,48$ %). Les valeurs de sévérité dans le traitement aux extraits des graines de Moringa (T2 et T3) sont plus élevées comparées au traitement à base du fongicide chimique T4 ($6,19 \pm 1,3$ % et $2,12 \pm 1,2$ %) respectivement dans la variété V1 (GLP 190S) et V2 (NITU) (Fig. 34A).

Durant la deuxième campagne (2017-2018) des observations similaires sont enregistrées. À la 8^{ième} SAS de la campagne (2016-2017) on constate respectivement dans les deux variétés V1 (GLP 190S) et V2 (NITU), que les traitements à base des extraits des graines de Moringa à savoir T2 ($11,89 \pm 1,25$ % et $10,09 \pm 1,99$ %) et T3 ($6,38 \pm 1,24$ % et $9,15 \pm 1,87$ %) ont enregistré une sévérité de la maladie plus faible comparée à celle du traitement témoin T0 ($51,12 \pm 2,53$ % et $54,25 \pm 1,99$ %). Les valeurs de sévérité dans les parcelles traitées aux EGM (T2 et T3) sont plus élevées comparées celles des parcelles traitées à base du fongicide

chimique T4 ($2,35 \pm 1,18 \%$ et $2,45 \pm 1,89 \%$) respectivement dans la variété V1 et V2 (Fig. 34B).

La plus grande valeur de sévérité a été enregistrée dans les parcelles non traitées (témoin) tandis que la plus petite valeur de sévérité est enregistrée dans les parcelles traitées au fongicide chimique.

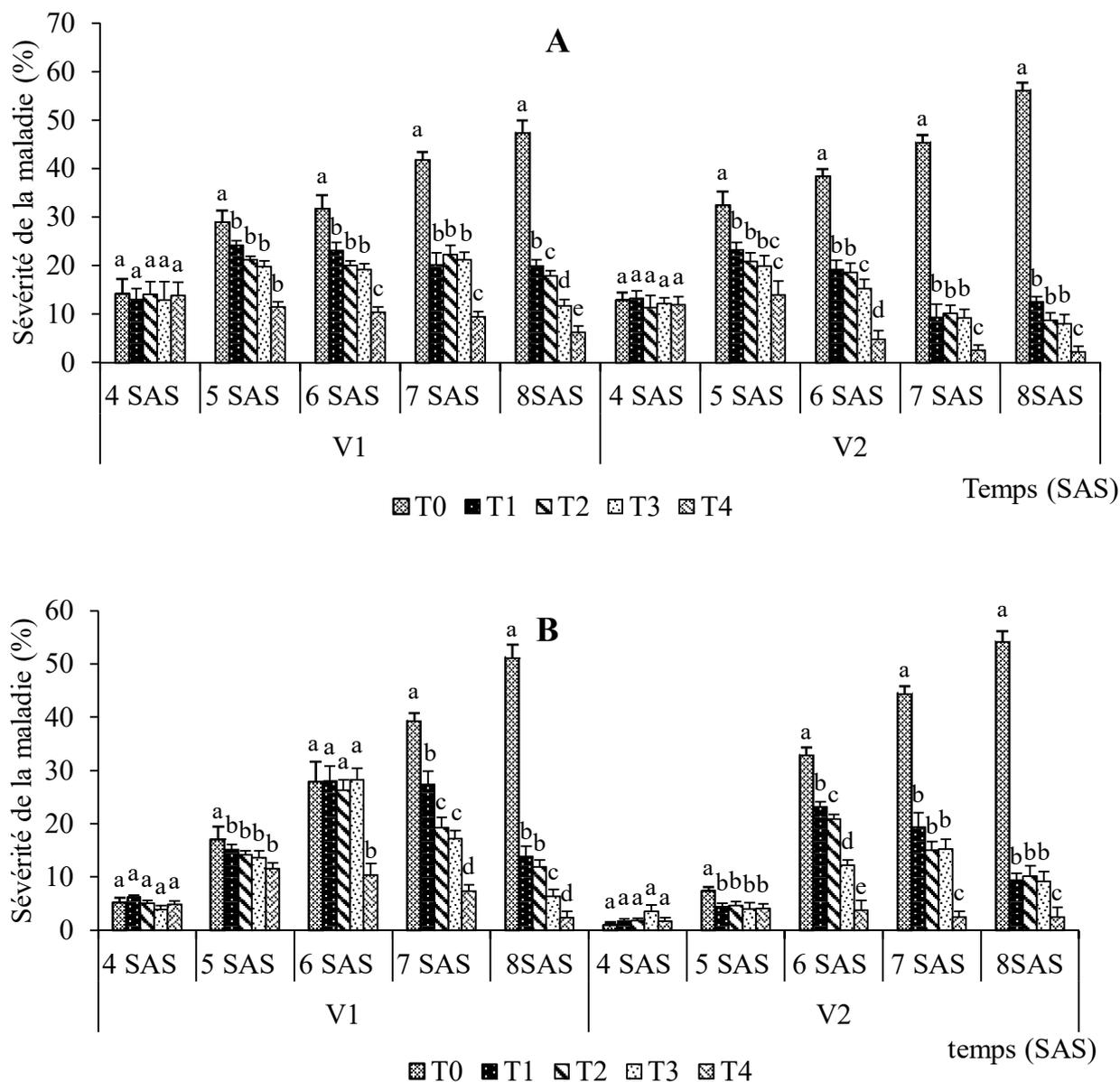


Fig. 34. Effet des traitements sur la sévérité de la maladie en fonction du temps. (A) : Campagne 2016-2018 ; (B) Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

III.1.5.3.3. Efficacité technique des extraits utilisés contre la sclérotiniose

L'application des extraits a augmenté la résistance des plantes à la sclérotiniose. Chez les variétés testées, l'efficacité technique des extraits a été supérieure à celle du témoin. L'efficacité technique la plus élevée est enregistrée avec le fongicide de synthèse (90,79 % chez V1 et 95,86 % chez V2), suivie du traitement à l'extrait à l'Éthanol (80,90 % chez V1 et 84,53 % chez V2) et l'extrait aqueux (68,69 % chez V1 et 80,25 % chez V2). Par contre, l'efficacité technique des parcelles témoin est nulle pour les deux variétés. (Tableau XVIII).

Tableau XVIII. Efficacité technique des extraits en champ.

V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}

Traitements	V1	V2
T0	0	0
T1	64,42	80,25
T2	68,69	83,02
T3	80,90	84,53
T4	90,79	95,86

III.1.5.4. Évaluation de l'effet insecticide des extraits des graines de *Moringa oleifera*

III.1.5.4.1 Principaux insectes ravageurs du haricot commun identifiés au cours des campagnes 2016 -2017 et 2017-2018

Durant les deux campagnes, six insectes ravageurs des feuilles du haricot commun (phyllophages) regroupés en 3 ordres repartis en 5 familles ont été identifiés. Il s'agit de *Podagrica decolorata*, *Nisotra dilecta*, *Zonocerus variegatus* encore appelé criquet puant, *Cerotoma trifurcat*, larve de Lépidoptère, *Oxycatanops imperator*, *Coccinella septempunctata*, Larve de coccinelle, *Podisma pedestris*, *Melanoplus femurrubrum*. Ils réduisent la surface foliaire des plantes par les dommages qu'ils occasionnent en perçant les trous ou en rongant les feuilles. Ces insectes ont apparu de manière simultanée sur les plants en fonction des différents stades de développement de la culture (Tableau XIX).

Tableau XIX : Fréquence d'attaque des principaux ravageurs observés en champ

Insectes phyllophages	Phase de croissance	Floraison	Formation des gousses	Récolte	Ordres	Familles
<i>Podagrica decolorata</i>	+++	+++	+++	+++	Coleoptera	Chrysomelidae

<i>Nisotra dilecta</i>	+++	+++	+++	+++	Coleoptera	Chrysomelidae
<i>Zonocerus variegatus</i>	+++	+++	+++	+++	Orthoptera	Pygomorphidae
Larve de lépidoptère	-	++	++	-	Lépidoptera	Culicidae
<i>Oxycatantops imperator</i>	+++	+++	++	+	Orthoptera	Acrididae
<i>Cerotoma trifurcat</i>	+	+++	+++	+	Coleoptera	Chrysomélidae
<i>Coccinella septempunctata</i>	++	+++	+++	+	Coleoptera	Coccinellidae
Larve de coccinelle	+++	++	+	-	Coleoptera	Coccinellidae
<i>Podisma pedestris</i>	+	++	+++	+++	Orthoptera	Acrididae
<i>Melanoplus femurrubrum</i>	+	++	+++	+++	Orthoptera	Acrididae

+ Peu important ; ++ moyennement important ; +++ très important ; - absent.

III.1.5.4.2 Effet des traitements à base des extraits de graines de *Moringa oleifera* et de la variété sur l'incidence des dégâts des insectes ravageurs

L'incidence des ravages des insectes sur le haricot commun est présentée par la figure 35. L'incidence des ravages varie avec le temps et en fonction des traitements. De manière générale les incidences des ravages causés par les insectes sont plus accentuées à partir de la 6 SAS indépendamment de la variété durant les deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018).

En effet durant la première campagne (2016-2017), on n'enregistre aucune différence significative ($P > 0,05$) 4 SAS dans les différentes parcelles. Par contre des différences significatives ($P < 0,05$) sont observées à partir de la deuxième semaine de traitement (5 SAS) jusqu'à la 8 SAS (Fig. 35A). L'on note également que les traitements aux extraits des graines de Moringa ont réduit considérablement l'incidence des ravages. À 8 SAS de la première campagne (2016-2017), l'on enregistre des valeurs d'incidences significativement plus faibles dans les parcelles traitées à base des EGM à savoir T2 ($45,84 \pm 4,75$ % et $48,89 \pm 2,68$ %) et T3 ($41,78 \pm 4,19$ % et $39,43 \pm 2,09$ %) respectivement dans la variété V1 et V2, comparées aux valeurs d'incidences enregistrées dans les parcelles non traitées (témoin) : T0 ($70,35 \pm 2,72$ % et $68,88 \pm 2,09$ %) respectivement dans la variété V1 et V2. Cependant les valeurs d'incidences enregistrées dans les parcelles traitées à base des extraits de Moringa sont plus élevées comparées aux celles des parcelles traitées à base de l'insecticide de synthèse T1 ($28,13 \pm 2,75$ % et $29,35 \pm 1,86$ %) respectivement dans la variété V1 et V2.

À la deuxième campagne (2017-2018) (Fig. 35B), des observations similaires sont faites. En effet, les parcelles traitées à base des extraits des graines de Moringa à savoir T2 ($42,5 \pm 4,75$ % et $39,79 \pm 2,68$ %) et T3 ($38,98 \pm 4,19$ % et $39,56 \pm 2,09$ %) ont enregistré respectivement dans les deux variétés (V1 et V2), une incidence significativement plus faible

comparée aux parcelles non traitées (témoin) : T0 ($62,35 \pm 2,73$ % et $65,13 \pm 2,09$ %). Il est également à noter que les valeurs d'incidences enregistrées dans les parcelles traitées à base des extraits des grains de Moringa sont plus élevées comparées aux valeurs des parcelles traitées à base de l'insecticide chimique T1 ($28,13 \pm 2,75$ % et $29,35 \pm 1,86$ %) respectivement dans la variété V1 et V2.

Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est observée sur les valeurs de l'incidence des ravages causés par les insectes en ce qui concerne l'effet variétal et l'interaction variété x traitement durant les deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018).

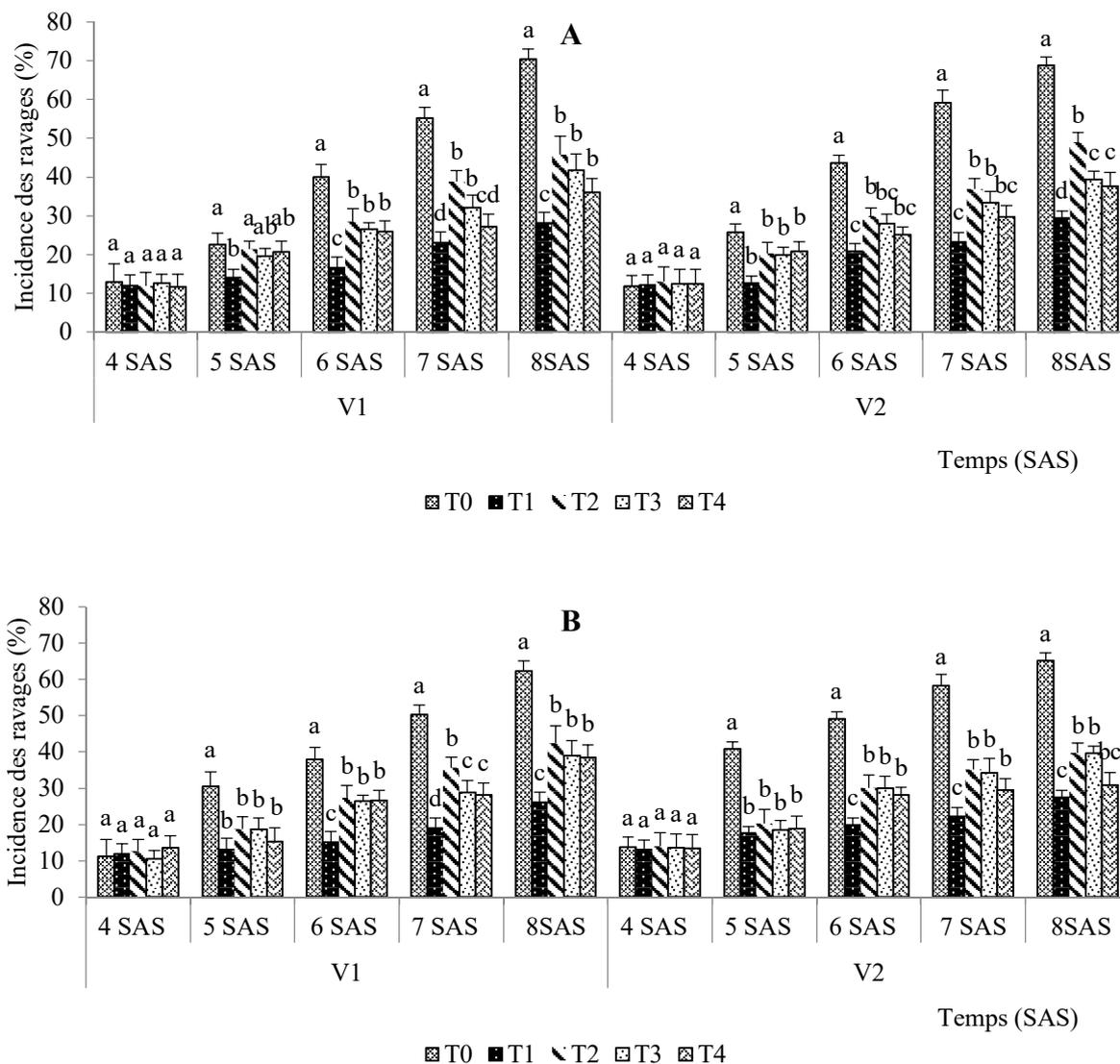


Fig. 35. Effet des traitements sur l'incidence des ravages en fonction du temps. (A) : Campagne 2016-2017 ; (B) Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %

III.1.5.4.3. Effet des traitements à base des extraits de graines de *Moringa oleifera* et de la variété sur la sévérité des dégâts causés par les insectes ravageurs

Les analyses portant sur les dégâts causés par les insectes ravageurs sur les feuilles de haricot commun sont faites à partir de la quatrième semaine après semis (4 SAS). Les résultats montrent d'une manière générale que les différents extraits aux graines de Moringa ont considérablement réduit les dégâts dus aux insectes de la deuxième semaine de traitement (5 SAS) à la dernière semaine de traitement (8 SAS) durant les deux campagnes. En effet durant la première campagne (2016-2017), on enregistre à la première semaine après traitement, le pourcentage de sévérité de : $5,31 \pm 1,54$; $6,23 \pm 1,12$; $4,97 \pm 1,19$; $5,34 \pm 1,36$ et $5,33 \pm 1,04$ % pour la variété V1, et $6,34 \pm 1,48$; $7,86 \pm 0,52$; $7,36 \pm 1,79$; $6,46 \pm 0,61$ et $6,89 \pm 1,1$ % pour la variété V2 respectivement dans les traitements T0 ; T1 ; T2 ; T3 ; T4. Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est observée entre les valeurs des parcelles traitées aux extraits des graines de Moringa et les parcelles non traitées (témoin négatif : T0) à cette première semaine après traitement. Par contre à 7 SAS on enregistre des différences significatives entre les parcelles non traitées (témoin : T0) et les parcelles traitées aux extraits des graines de Moringa (T2 et T3). En effet à cette période, les traitements aux extraits des graines de Moringa : T2 ($14,75 \pm 1,24$ % et $14,09 \pm 1,86$ %) et T3 ($11,54 \pm 1,64$ % et $13,67 \pm 1,4$ %) ont enregistré respectivement dans les deux variétés V1 et V2 un pourcentage de sévérité moins élevé que le témoin T0 ($24,77 \pm 1,33$ % et $28,58 \pm 3,43$ %) (Fig. 36A).

Durant la deuxième campagne (2017-2018), une observation similaire du pourcentage de sévérité est faite. L'analyse du pourcentage de sévérité durant cette campagne nous montre qu'aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est observée à la première semaine après traitement (4 SAS). Par contre on observe des différences hautement significatives ($P < 0,05$) entre les parcelles non traitées (T0) et les parcelles traitées aux extraits des graines de Moringa (T2 et T3). 7 SAS les traitements aux EGM (T2 : $13,75 \pm 1,24$ % et $15,45 \pm 1,86$ % et T3 : $12,54 \pm 0,67$ % et $14,73 \pm 1,4$ %) ont enregistré respectivement dans la variété V1 et V2 un pourcentage de sévérité significativement bas comparé aux parcelles non traitées ; T0 ($22,97 \pm 1,33$ % et $27,78 \pm 3,43$ %) qui a un pourcentage de sévérité le plus élevé respectivement dans les deux variétés (Fig. 36B).

L'analyse de variance en ce qui concerne l'interaction variété x traitement ne montre pas des différences significatives ($P > 0,05$) durant les deux campagnes 2016-2017 et 2017-2018. Toutefois, la variété V2 a été plus attaquée par les insectes que la variété V1 durant les deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018).

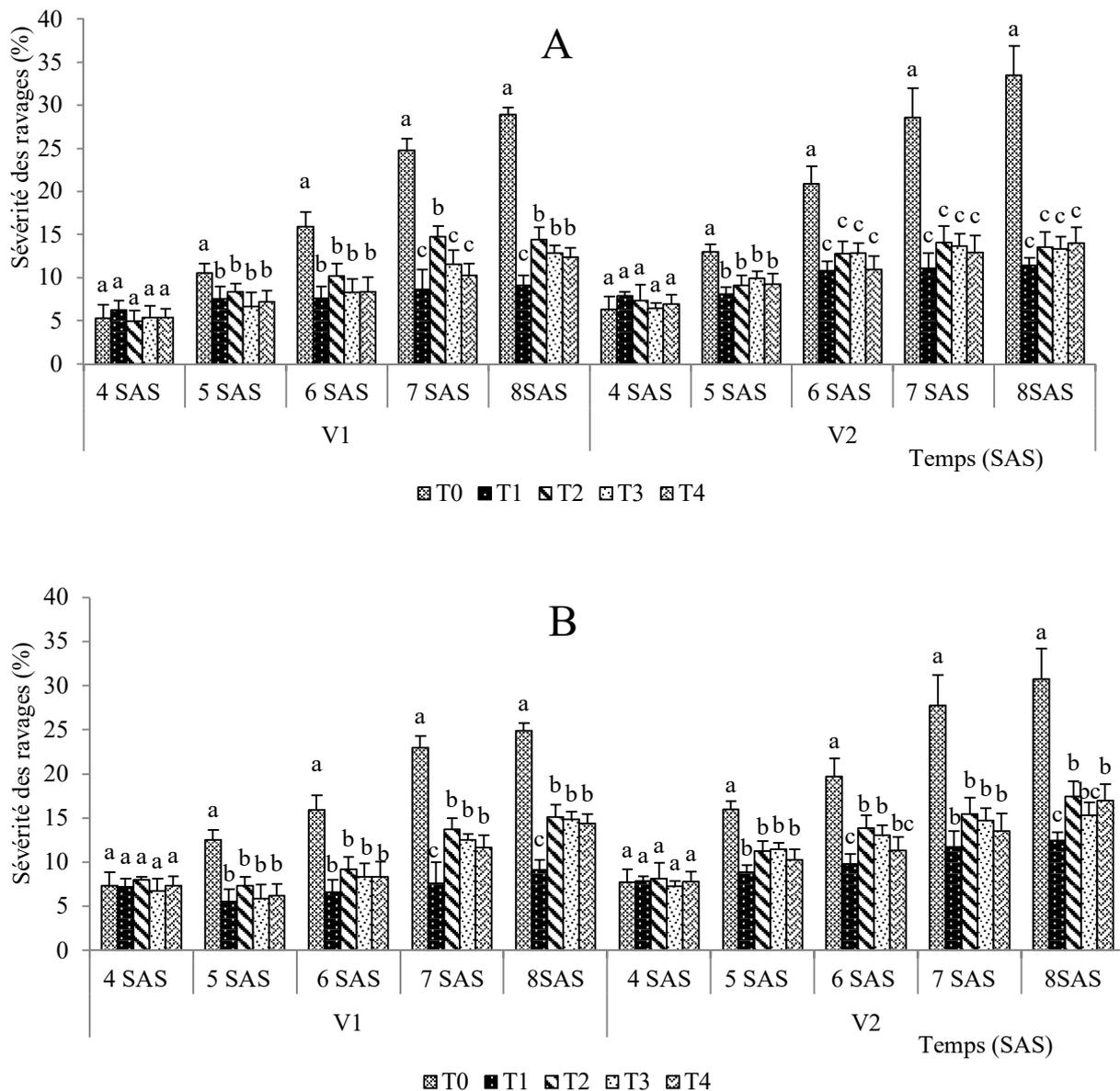


Fig. 36. Effet des traitements sur sévérité des ravageurs plants en fonction du temps. (A) : Campagne 2016-2017 ; (B) Campagne 2017-2018. V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres dans chaque semaine de chaque variété ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

III.1.5.4.4. Efficacité technique des extraits utilisés sur les insectes

Les applications successives des extraits ont augmenté la résistance des plantes aux ravageurs. Chez les parcelles traitées, l'efficacité technique des extraits a été supérieure à celle des parcelles non traitées (témoin). En effet cette efficacité est de : 45,00 et 51,73 % pour l'extrait aqueux ; 48,6 et 55,40 % pour l'extrait à l'Éthanol dans les variétés V1 et V2 respectivement contre 00 % dans le témoin. Cependant cette augmentation de la résistance a été

inférieure par rapport à celle enregistrée chez les plantes traitées à l'insecticide chimique, où l'on a enregistré une efficacité technique de 66,12 chez V1 et de 62,85 % chez V2. (Tableau XX).

Tableau XX: Efficacité technique des extraits sur les insectes ravageurs du haricot commun en champ

V1 : variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187 ; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *M. oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *M. oleifera* ; T4 : FM80_{WP}

Traitements	V1	V2
T0	0	0
T1	66,12	62,85
T2	45,00	51,73
T3	48,6	55,40
T4	50,32	51,80

III.1.5.4.5. Effet des traitements et de la variété sur le rendement durant les campagnes 2016-2017 et 2017-2018

Les résultats portant sur le paramètre rendement durant les deux campagnes sont regroupés dans le Tableau XXI. De manière générale les extraits des grains de *Moringa oleifera* ont influencé significativement ($P < 0,05$) la production du haricot commun. La première campagne 2016-2017 a été plus productive (2428,91 kg) que la deuxième campagne 2017-2018 (2361,96 kg).

Il ressort de ce tableau qu'au cours de la campagne 2016-2017, le rendement le plus élevé est obtenu dans les parcelles traitées au fongicide de synthèse (T4 : $1537,8 \pm 25,7$ kg/ha) suivi des parcelles traitées à l'extrait à l'Éthanol (T3 : $1501,6 \pm 10,57$ kg/ha), à l'insecticide de synthèse (T1 : $1477,2 \pm 24,65$ kg/ha), à l'extrait aqueux (T2 : $1222,9 \pm 17,45$ kg/ha) chez la variété V1 (GLP 190S). Le rendement le plus faible est enregistré par les parcelles témoins (T0 : $774,25 \pm 18,45$ kg/ha et $990,79 \pm 12,61$ kg/ha) respectivement pour la variété V1 (GLP 190S) et V2 (NITU). Pour ce qui est de l'effet variété, la variété V1 (GLP 190S) est la plus productive (V1 : $1302,75 \pm 19,37$ kg/ha) que la variété GLP 190S (V2 : $1126,16 \pm 8,03$ kg/ha).

Durant la campagne 2017-2018, la variété V1 des parcelles traitées à l'insecticide de synthèse (T1 : $1691,1 \pm 25,84$ kg/ha) suivi des parcelles traitées au fongicide de synthèse (T4 : $1490,3 \pm 14,39$ kg/ha) et à l'extrait à l'Éthanol (T3 : $1485,9 \pm 19,61$ kg/ha) ont enregistrées une bonne productivité comparée à la productivité des parcelles témoins (T0 : $737,75 \pm 12,17$ kg/ha

et $817 \pm 16,62$ kg/ha). Pour la variété V2 le plus grand rendement a été obtenu dans les parcelles traitées à l'insecticide de synthèse (T1 : $1227,1 \pm 8,05$ kg/ha) et le plus petit rendement a été obtenu dans les parcelles témoins (T0 : $990,79 \pm 12,61$ kg/ha) durant la campagne 2016-2017.

La variété V1 (GLP 190S) a été plus productive ($1302,75 \pm 19,37$ et $1336,57 \pm 19,07$ kg/ha) que la variété V2 (NITU G16187 : $1126,16 \pm 8,03$ et $1025,39 \pm 18,98$ kg/ha) respectivement lors des campagnes 2016-2017 et 2017-2018.

Tableau XXI. Rendement en grains des deux variétés dans les différents traitements (kg/ha).

V1: variété GLP 190 S ; V2 : variété NITU G16187; T0 : témoin ; T1 : IC50_{EC} ; T2 : extraits aqueux des graines de *Moringa oleifera* ; T3 : extraits à l'Éthanol des graines de *Moringa oleifera* ; T4 : FM80_{WP}

Traitements		Campagne 2016-2017	Campagne 2017-2018
V1	T0	$774,25 \pm 18,45h$	$737,75 \pm 12,17h$
	T1	$1477,2 \pm 24,65c$	$1691,1 \pm 25,84a$
	T2	$1222,9 \pm 17,45d$	$1277,8 \pm 23,37c$
	T3	$1501,6 \pm 10,57b$	$1485,9 \pm 19,61b$
	T4	$1537,8 \pm 25,74a$	$1490,3 \pm 14,39b$
Moyenne V1		$1302,75 \pm 19,37a$	$1336,57 \pm 19,07a$
V2	T0	$990,79 \pm 12,61g$	$817 \pm 16,62g$
	T1	$1227,1 \pm 8,05d$	$1033,9 \pm 13,87ef$
	T2	$1053,4 \pm 4,83f$	$1020,9 \pm 18,55f$
	T3	$1146,8 \pm 6,81e$	$1060,6 \pm 26,77e$
	T4	$1212,6 \pm 7,82d$	$1194,5 \pm 19,085d$
Moyenne V2		$1126,16 \pm 8,03b$	$1025,39 \pm 18,98b$
Pr (>F) V		<0001***	<0001***
Pr (>F) T		<0005*	<0005*
Pr (>T) V x T		<0001***	<0001***

Pr (>F) "****" 0,001 ; "****" 0,01 ; "*" 0,05 Les valeurs suivies d'une même lettre dans la même colonne pour les traitements ne sont pas Significativement différentes selon le test de Duncan ($P < 0,05$).

III.1.6. Regroupement des traitements et variétés sur les deux premiers axes de l'ACP

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de grouper selon leur proximité sur les axes. Les différents traitements pour chaque variété de haricot commun (T0V1, T1V1, T2V1, T3V1, T4V1, T0V2, T1V2, T2V2, T3V2, T4V2) sont criblés sur la base de huit variables notamment le nombre total de feuilles (Nf), le diamètre au collet (DC), la Hauteur des plants (H), l'incidence des attaques des insectes ravageurs (Inc. Rav), la sévérité des attaques des

insectes ravageurs (Sév.Rav), l'incidence de la sclérotiniose (Inc. Sclé), la sévérité de la sclérotiniose (Sév.Sclé) et le rendement (Rdt) à la dernière semaine d'observation.

Durant les deux campagnes d'expérimentation (2016-2017 et 2017-2018), le système restitue une information assez fiable avec un bon taux de restitution de l'information sur la variabilité totale sur l'axe 1 et 2 de (87,08 %) avec trois groupes formés (Fig. 37. A et B).

- Le groupe 1 constitué des traitements T4, T1, T3 et T2 de la variété V1 (GLP 190S) caractérisée par un fort rendement.
- Le groupe 2 constitué des traitements T1, T4, T3 et T2 de la variété V2 (NITU G16187). Ils sont plus proches des variables nombre total de feuilles, hauteur des plants et du diamètre au collet.
- Le groupe 3 constitué des traitements témoins (T0) des deux la variété V1 (GLP 190 S) et V2 (NITU G16187). Ils sont très proches des paramètres épidémiologiques à savoir sévérité et incidence de la sclérotiniose et sévérité et incidence des attaques des insectes ravageurs.

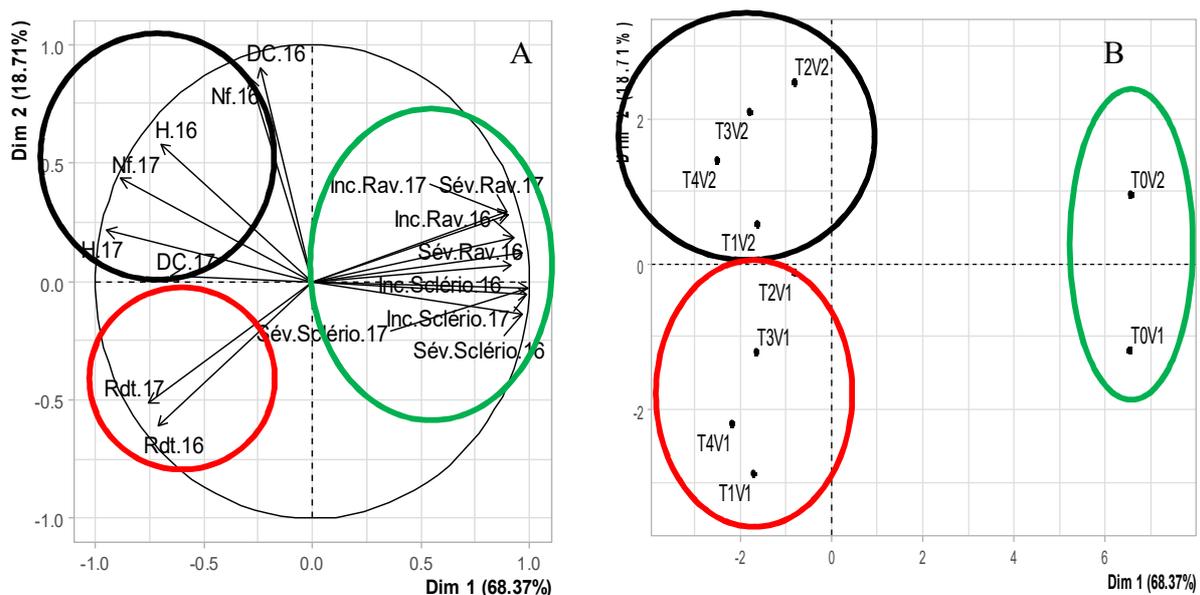


Fig. 37. Analyse en composante principale entre les traitements et les paramètres étudiés chez les deux variétés de haricot commun. A : variables continues, B : Individus actifs.

La classification des différents traitements en fonction des différents paramètres étudiés à l'aide d'un dendrogramme (dissimilarité de 5%) laisse voir trois groupes de traitements (Fig. 38). Le premier groupe est constitué des traitements T1, T2, T3 et T4 de la variété V1 (GLP 190S), le deuxième est composé des traitements T1, T2, T3 et T4 de la variété V2 (NITU G16187) et le troisième est composé du traitement témoin T0 des deux variétés (V1 et V2).

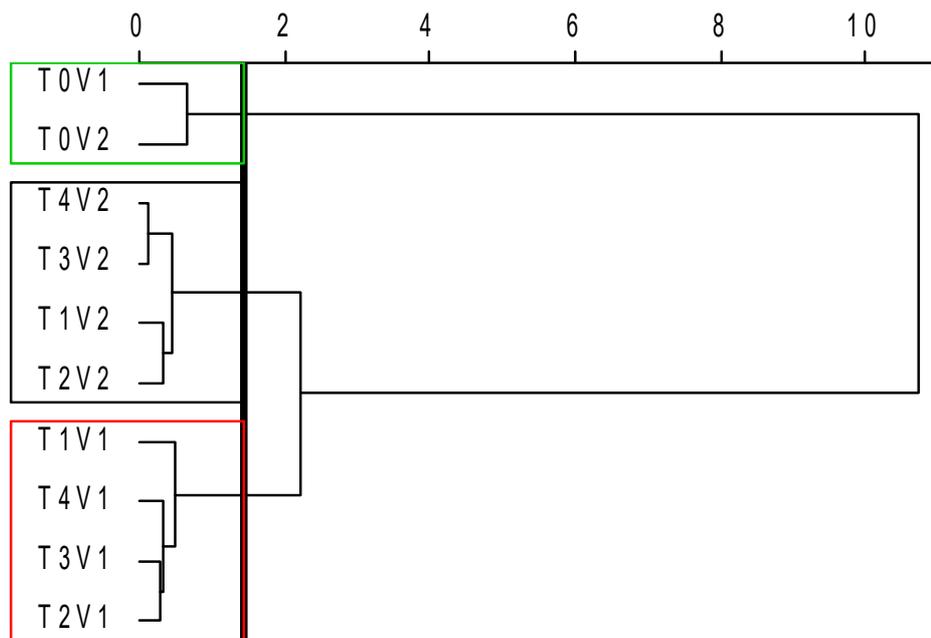


Fig. 38. Dendrogramme de rapprochement entre les traitements et les paramètres étudiés dans chaque variété haricot commun.

III.2. Discussion

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est la deuxième légumineuse la plus cultivée après l'arachide en raison de sa richesse en amidon et en protéines et surtout de son importance dans les habitudes alimentaires des populations camerounaises. Cependant, sa productivité reste chaque année limitée à cause de plusieurs contraintes. Parmi ces contraintes, les contraintes biotiques liées aux agents pathogènes et aux insectes ravageurs sont lesquelles font face au quotidien les cultivateurs. Afin de résoudre ces problèmes et d'assurer la sécurité alimentaire, de nombreux pays utilisent des pesticides de synthèse. Bien qu'efficaces, l'utilisation intensive et incontrôlée présente de nombreux inconvénients pour l'environnement et la santé humaine (Salim, 2011 ; Gueye *et al.*, 2011 ; Belkebir, 2018). Face à ces nuisances, il est impératif de trouver des alternatives plus amicales pour la santé humaine et l'environnement. De ce fait, l'utilisation des extraits de plantes comme technique phytosanitaire pourrait présenter une solution en tant qu'alternative aux pesticides de synthèses surtout que ces extraits sont biodégradables et disponibles (Ambang *et al.*, 2010 ; Djeugap *et al.*, 2011 ; Anita *et al.*, 2012 ; Shah *et al.*, 2017 ; Sherin, 2018 ; Oliveira *et al.*, 2020 ; Ngho Dooh *et al.*, 2021). Comme la plupart des produits à effet pesticide biodégradable, l'activité biologique des graines de *Moringa oleifera* a déjà fait l'objet de nombreuses études, au terme desquelles il lui a été

attribué entre autres des propriétés fongicides, insecticides et bactéricides (Ayirezang *et al.*, 2020 ; Valarmathy *et al.*, 2010 ; Anita *et al.*, 2012 ; Ezeaku *et al.*, 2015 ; Shah *et al.*, 2017 ; Oliveira *et al.*, 2020 ; Ngoh Dooh *et al.*, 2021). Le présent travail a examiné d'une part les propriétés phytochimiques des extraits des graines de *Moringa oleifera* et d'autre part les propriétés fongicides et insecticides de ces extraits sur *Sclerotinia sclerotiorum* (agent responsable de la pourriture blanche du haricot commun) et sur les insectes ravageurs du haricot commun, *in vitro*, en stockage et en champ.

Les résultats du rendement d'extraction de 300 g des graines de *M. oleifera* ont été de 15,5 % avec l'extrait au Méthanol, 19,1 % avec l'extrait à l'Acétone, 16,6 % avec l'extrait à l'Éthanol et de 14,7 % avec l'eau. La variation du rendement d'extraction observée entre les différents solvants pourrait s'expliquer par le fait que la solubilité d'un composé dans un solvant est fonction des propriétés de ce dernier (polarité ou capacité à former des liaisons hydrogènes) (Stoll, 1994 ; Muhammad *et al.*, 2013). De ce fait la forte polarité des solvants organiques (méthanol, éthanol et acétone) leur permettrait de fixer plus de composés contenus dans les graines de *Moringa oleifera* par rapport à l'eau et augmenterait par conséquent le rendement d'extraction (Ciulei, 1980). Par ailleurs, la meilleure efficacité d'extraction obtenue avec le Méthanol (19,1 %), pourrait s'expliquer par l'affinité du Méthanol avec un nombre important de molécules présentes dans les graines de *Moringa oleifera*. En effet Muhammad *et al.*, (2013) à la suite de leurs travaux, recommandent le Méthanol comme solvant indiqué pour l'extraction des principes actifs, en occurrence composés phénoliques.

Le screening phytochimique des extraits a révélé la présence de plusieurs composés chimiques appartenant à diverses classes chimiques telles que les alcaloïdes, les stéroïdes, les phénols, les saponines, les flavonoïdes et les tanins. Les alcaloïdes, les acides organiques et les flavonoïdes ont été présents dans tous les différents types d'extraits de graines de *Moringa oleifera* analysés (eau, acétone, Méthanol et éthanol). Toutefois, les tanins étaient absents dans les extraits organiques, les stéroïdes se trouvaient à l'état de trace uniquement dans l'extrait au méthanol, les glycosides, les terpénoïdes et les tannins hydrolysables n'ont pas été déterminés. Ces résultats sont proches de ceux de Munirat *et al.*, (2016) et Ayirezang *et al.*, (2020) dont l'analyse des composés phytochimiques trouvés dans les graines de *M. oleifera* indépendamment du solvant d'extraction utilisé (éthanol, méthanol, acétone et aqueux) a révélé entre autres la présence des alcaloïdes, des résines, des tanins, des flavonoïdes, les glycosides.

Les résultats de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) ont révélé la présence de 15, 22, 10 et 22 composés respectivement dans les extraits à l'éthanol, au méthanol, à l'acétone et à l'eau. On peut citer

entre autre l'acide n-Hexadécanoïque, l'acide Tridécanoïque et l'acide Cis-Vaccénique...présents dans tous les extraits analysés.

L'analyse phytochimique réalisée par HPLC-MS a révélé la présence des composés chimiques appartenant à des classes chimiques tels que les polyphénols (Hesperidin, acide quinique, acide gallique, acide Protocatechique, acide 4-OH Benzoïque, Cyanoside, Isoquercitrin, Cosmoïin, Quercitrin, Luteolin, Naringenin, acide Salicylique et Apigenin) et les acides organiques (acide Fumarique et acide Aconitique). Ces molécules sont synthétisées par les végétaux pour se défendre contre les agressions environnementales, les ravageurs et les agents pathogènes tels que les moisissures, les champignons et les bactéries (Shewry *et al.*, 2000). En effet les molécules tels que l'Hespéridine, l'acide Quinique, l'acide Salicylique, l'acide n-Hexadécanoïque, l'acide Tridécanoïque, l'acide 6-Octadécenoïque, l'acide Oleïque, le méthyl ester, le méthyl Stéarate, l'acide cis-11-Eicosénoïque, le 2,3-diaminobut-2-enedinitrile, le 4-hydroxy-Benzeneméthanol, l'acide Gallique, l'acide Protocatechuique, l'Isoquercitrine, le Quercitrin, le Luteolin, le Naringenin et l'Apigenin ont une activité insecticide et ou fongicide selon des études réalisées par certains chercheurs (Ola, 2016 ; Dieryckx *et al.*, 2015 ; Kopustinskiene *et al.*, 2020 ; Ilboudo *et al.*, 2016 ; El-Kady *et al.*, 2010 ; Tyagi and Agarwal, 2017 ; Thanigaivel *et al.*, 2017 ; Yong-Hua Du *et al.*, 2009 ; Adeniyi *et al.*, 2019 ; Faraga *et al.*, 2011 ; Seng *et al.*, 2014 ; Dang-Minh-Ghanb *et al.*, 2015 ; Nguyen *et al.*, 2014 ; Busko *et al.*, 2014).

On pourrait alors admettre l'hypothèse selon laquelle les extraits des graines de *M. oleifera* seraient riches en composés chimiques pouvant avoir des propriétés insecticides et fongicides. Ces composés chimiques par leur présence dans les extraits des plantes peuvent agir à de très faibles doses (Ngho Dooh, 2014).

Les différents extraits testés ont significativement réduit la croissance radiale de *Sclerotinia sclerotiorum* par rapport au témoin négatif. Cette réduction était plus prononcée avec l'extrait à l'Éthanol indépendamment des isolats de *S. sclerotiorum*. Cette observation pourrait s'expliquer par la présence dans les différents extraits des substances qui inhiberaient ou retarderaient la croissance du champignon. En effet Selon Mboussi *et al.*, (2016), les extraits des parties de plantes contiennent des composés tels que des tanins, des flavonoïdes et des alcaloïdes qui ont des propriétés fongicides et dont la concentration varie avec le type de solvant d'extraction. D'ailleurs le screening phytochimique des extraits des graines de Moringa a révélé la présence de plusieurs composés chimiques appartenant à ces diverses familles chimiques. De plus les analyses phytochimiques réalisées par HPLC-MS et par GC-MS ont révélé la présence de plusieurs molécules à l'instar de l'acide n-Hexadécanoïque, de l'acide Salicylique, de

l'Hespéridine, de l'acide Quinique et de l'acide Tridécanoïque qui, selon certains auteurs ont des propriétés fongicides. Des résultats similaires rapportés par les travaux *in vitro* de Hajji *et al.*, (2016) sur l'activité antifongique de certains extraits des parties de certaines plantes, ont montré que les extraits de *Euphorbia* sp et de *Daphne gnidium* présentaient une très bonne activité antifongique vis-à-vis des espèces fongiques testées. Toutefois, les extraits de *Euphorbia* sp se sont révélés plus efficaces avec une inhibition de 100 % face à *Helminthosporium sativum*, de 80 % face à *Alternaria alternata* et *Fusarium oxysporum* et de 40 % face à *Sclerotinia sclerotiorum* et *Botrytis cinerea*.

Par ailleurs, l'augmentation de l'activité antifongique des extraits était liée à l'augmentation de la concentration de ces extraits. Cette augmentation de l'activité antifongique peut être due à une augmentation de la teneur des composés aux propriétés antifongiques lorsque la concentration de l'extrait utilisé augmente. Des résultats similaires ont été obtenus sur l'activité antifongique des extraits organiques et aqueux de *Jatropha curcas* sur *Cercospora malayensis*, l'agent causal de la cercosporiose du gombo (Kone *et al.*, 2018) et sur l'activité des extraits acétoniques de *Callistemon viminalis* et des extraits méthanoliques d'*Eucalyptus saligna* contre *Phytophthora infestans*, l'agent causal du mildiou de la morelle et de la pomme de terre (Djeugap *et al.*, 2011).

En outre aucune différence significative n'a été observée entre les pourcentages d'inhibitions des extraits à l'Éthanol et à l'Acétone à la plus forte concentration (C3 : 50 µl/ml) et le pourcentage d'inhibition du fongicide de synthèse (FM80_{WP}). Autrement dit ces extraits à de fortes doses sont autant efficaces que le fongicide chimique. Mboussi *et al.* (2016) en évaluant *in vitro* l'effet des extraits de *Thevetia peruviana* et du fongicide à base du métalaxyl-M, sur quelques isolats de *Phytophthora megakarya* ont montré que les extraits organiques de *T. peruviana* ont inhibé la croissance de l'agent pathogène au même titre que le fongicide de synthèse.

Toute fois l'on a également constaté que les extraits organiques à base des graines de *M. oleifera* ont été plus actifs à la plus grande concentration (C3 : 50 µl) comparé à l'extrait aqueux des graines de *M. oleifera*. Cette différence pourrait être attribuée à une différence de la teneur en composés chimiques responsables de cet effet lors du processus d'extraction. Selon Bougandoura and Bendimerad (2012), l'Éthanol suivi de l'Acétone et du Méthanol permettraient une meilleure extraction des composés tels que les flavonoïdes et les terpenoïdes qui sont des molécules reconnues pour leur activité antifongique. Ainsi l'eau agirait beaucoup plus sur des substances inactives qu'actives, alors que les extraits organiques plus sélectifs, agiraient plus sur les substances actives contre le pathogène. En effet les résultats de Akhilesh and Swati (2010) ont rapporté que

l'extraction au méthanol était plus efficace sur l'activité antimicrobienne que celle à l'eau. Dans le même ordre d'idées, les travaux de Tsopmbeng *et al.*, (2014) ont rapporté que les extraits méthanoliques de *Cupressus lusitanica*, de *Callistemon viminalis* à la dose de 5 mg/ml et d'*Eucalyptus saligna* à la concentration de 15 mg/ml ont inhibé totalement la croissance radiale de *Phytophthora colocasiae in vitro* comparé aux extraits aqueux.

Les pourcentages d'inhibitions obtenus ont permis de déterminer les concentrations minimales inhibitrices, (CMI₅₀ et CMI₉₀) réduisant 50 % et 90 % la croissance mycélienne. Les faibles valeurs des CMI₅₀ et CMI₉₀ obtenues avec l'extrait à l'éthanol et l'extrait à l'acétone sur les deux isolats mettent en évidence l'efficacité de ces deux extraits sur la croissance mycélienne de l'agent pathogène tels que développée dans les travaux de Doumbouya *et al.*, en 2012. En effet ils ont obtenu une forte inhibition du développement des champignons phytopathogènes avec les extraits d'*Ocimum gratissimum* à des faibles CMI.

In vivo, les résultats de la toxicité des extraits de graines de *M. oleifera* sur *Acanthoscelides obtectus* montrent que ces extraits impactent la survie des adultes. Selon Boulogne (2011), près de 116 molécules sont identifiées avoir une activité insecticide dans les extraits des parties de certaines plantes. Les molécules les plus responsables sont souvent les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques. Sûrement, l'activité insecticide des extraits organiques de *M. oleifera* serait due à l'activité biologique des composés tels que l'acide salicylique, l'acide quinique, l'hésperidine, l'acide fumarique, etc, révélés par les analyses phytochimiques (HPLC-MS et GC-MS) de ces extraits. Ces composés peuvent avoir un effet anti-nutritionnel, peuvent provoquer des troubles respiratoires, ou peuvent causer la mort et des malformations chez les générations futures d'insectes phytophages (Carpinella *et al.*, 2003). Les résultats de ce travail sont similaires à ceux de Oliveira *et al.*, (2020) qui ont montré à travers l'analyse phytochimique d'extrait aqueux (WE) de graines de *Moringa oleifera* et de lectine hydrosoluble (WSMoL) la présence de flavonoïdes, tanins, saponines, phénylpropanoïdes, alcaloïdes et sucres réducteurs. Après application d'un régime artificiel composé de farine de blé additionnée de WE (60,0-640,0 mg/g) ou de WSMoL (0,5-60 mg/g), l'extrait était toxique pour *Sitophilus zeamais* (CL50 : 214,6 mg/g) même si WSMoL provoquait une légère mortalité (12,0 ± 2,7 %) à la dose testée la plus élevée (60 mg/g). De même, Woguem (2017) a montré que les huiles essentielles de *Echinops giganteus* et *Mondia whiteii* aux concentrations respectives de 0,04 et 0,80 l/g, occasionnent 50 % de mortalité des individus adultes de *Acanthoscelides obtectus* par contact sur graines après deux jours de conservation. En outre, Ouedraogo *et al.*, (2016) ont montré que l'huile d'*Ocimum gratissimum* à la dose de 75 µl provoque une mortalité de 80 % des adultes de *Sitophilus zeamais* en 24h

contre 99,5 % lorsque 100µl d'huile essentielle de *Cimbopogon nardus* est utilisée pendant 72h. Après application de 50µl d'huile de *O. gratissimum* pendant 48h sur les adultes de *Rhyzopertha dominica*, le taux de mortalité était de 100 %.

Par ailleurs, les extraits des graines de *Moringa oleifera* ont significativement réduit la perte pondérale ($P < 0,05$) comparativement au témoin. Aucune différence significative importante n'est obtenue entre les données de la perte pondérale du traitement à l'insecticide chimique (00 ± 00 %) et celles du traitement à l'extrait au méthanol à la concentration 50 µl/ml (EGMA3 : $0,83 \pm 1,44$ %). Ces résultats obtenus seraient dus aux actions antiappétantes et ou toxiques des molécules biopesticides tels que l'acide Salicylique et l'acide n-Hexadécanoïque présentes dans les extraits des graines de Moringa lors des analyses phytochimiques. Ces composés auraient empêché la consommation des graines par les insectes ou provoqué la mort de ces derniers. Ces résultats sont proches de ceux de Ibrahim and Aliyu (2014), qui ont montré que le nombre moyen de trous le plus faible était enregistré dans les graines de niébé traitées avec des extraits bruts de noix de muscade africaine et des extraits de graines de Moringa.

La présence des œufs dans les bocaux témoins et certains bocaux traités indique que les insectes ont pu pondre des œufs durant la période d'expérimentation. Toutefois les différences significatives ($p < 5\%$) observées entre les bocaux traités et les bocaux témoins montrent que les extraits ont influencé la ponte des œufs des adultes dans les bocaux traités. Ces résultats pourraient se justifier par le fait que la toxicité des extraits des graines à ces doses aurait empêché les adultes de pondre naturellement des œufs avant la mort. Cette hypothèse se confirme avec les résultats du taux d'émergence où l'on a observé une faible apparition des individus F1 dans les lots traités comparée aux lots non traités. Ce faible taux d'émergence dans les lots traités s'expliquerait par le principe selon lequel les extraits ayant provoqué la mort précoce des insectes, ont par conséquent soit réduit la ponte des œufs par les femelles ou soit empêché la fécondation des œufs pondus. Sherin (2018) dans une étude où il déterminait l'effet biologique a obtenu un pourcentage d'ovoposition de 84,64 % de *Callosobruchus maculatus* dans les lots témoins tandis qu'il était faible voire nulle dans les lots traités avec les extraits de *Moringa oleifera*, de *Simmondsia chinensis* et *Prunus dulcis* aux concentrations 25, 30 et 35 %.

Les résultats du pourcentage d'émergence des individus F1 des charançons du haricot (*Acanthoscelides obtectus*) en présence d'extrait de graines de Moringa, révèlent une diminution du nombre d'individus émergés avec l'augmentation des doses d'huile de Moringa appliquées. En effet la réduction maximale a été observée à la dose de 50 µl/ml. Cette diminution des individus émergés serait due soit à une réduction des échanges gazeux entre la larve d'*A.*

obtectus et le milieu extérieur par les extraits de Moringa créant autour des graines de haricot une membrane dont l'épaisseur augmente avec l'augmentation de la concentration, soit à une augmentation des molécules à activités insecticides en rapport avec l'augmentation de la concentration des extraits des graines de Moringa détruisant les œufs et larves avant leur émergence. Nos résultats concordent avec ceux de Wahedi *et al.*, (2013) qui ont montré que l'extrait de graines de neem empêchait de manière significative l'émergence d'adultes F1 de *Callosobruchus maculatus* et aucune perte de poids ultérieure effectuée en raison d'un ravageur. De plus Sherin (2018) a obtenu une réduction maximale (100 %) de l'émergence de la F1 de *Callosobruchus maculatus* pour les concentrations de 25, 30 et 35 % des huiles de Jojoba, de moringa, de fenugrec et amande sucrée. Woguem (2017) a obtenu une inhibition complète de l'émergence de la F1 de *Acanthoscelides obtectus* avec la dose de 1,6 l/g de l'huile essentielle de *Mondia whiteii* et 0,64 l/g de l'huile essentielle de *Echinops giganteus*.

L'étude réalisée en champ est une expérimentation dans les conditions agricoles réelles. Cette expérimentation permet de mieux comprendre les paramètres du triangle épidémiologique à savoir : la plante hôte (*Phaseolus vulgaris*), les ravageurs (insectes phytophages et *S. sclerotiorum*) et l'environnement constitué des facteurs abiotiques, biotiques et des extraits des graines de *M. oleifera*. Cette étude débute par la germination de la graine et se poursuit jusqu'à la maturité des fruits produits. La germination correspond à la reprise du métabolisme nécessaire à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Cette reprise du métabolisme est principalement orientée vers la mobilisation des réserves azotées et carbonées, indispensables à la germination et à la croissance de la plantule. Durant les deux campagnes (2016-2017 et 2017-2018), la germination des graines de haricot commun a commencé dans l'ensemble le 4^e jour après semis (JAS) et s'est terminé le 7^e JAS. Les deux variétés utilisées ont enregistré un taux de levée s de 98,34 % pour la variété GLP 190 S (V1) et 96,67 % pour la variété NITU G16187 (V2) lors de la campagne 2016-2017 et un taux de 96,34 % pour la variété GLP 190 S (V1) et 94,47 % pour la variété NITU G16187 (V2) lors de la campagne 2017-2018. Le taux de levée élevé durant les deux campagnes, s'expliquerait par le fait que les graines des deux variétés de haricot commun provenant de l'IRAD, ont été bien sélectionnées et aussi par le fait que les conditions édapho-climatiques ont été favorables à la germination des graines et la pratique agricole bien appliquée. Par contre la variation du taux de levée observée dans les deux campagnes s'expliquerait par la combinaison de plusieurs facteurs tels que : la température, l'oxygène, la lumière, la présence d'eau et le substrat (profondeur du semis et granulométrie). En effet Ghadir *et al.*, (2012) en travaillant sur les techniques de levée de la dormance des graines de gombo ont noté l'influence de ces

différents facteurs sur la germination. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Nzongang (2019) qui utilisa dans ses travaux deux variétés sélectionnées de haricot commun (ECAPAN 021 et GLP 190 S) toutes provenant de l'IRAD comme plante modèle. Par ailleurs, les études réalisées par Kouadio *et al.*, (2014) à l'Est de la Côte d'Ivoire ont montré que l'intensité d'éclairage modérée influençait positivement le délai et le taux de germination de *Entandrophragma angolense* (Meliaceae). L'auteur souligne que les phytochromes localisés dans les semences ont parfois besoin d'une intensité lumineuse modérée pour faciliter la sortie des radicules.

L'application des extraits des graines de *Moringa oleifera* a entraîné durant les deux campagnes d'importantes améliorations des paramètres de croissance des plants de haricot commun cultivé. Les résultats portant sur la hauteur des plants et le nombre de feuilles montrent que l'application foliaire de l'EGM a eu un effet significatif sur ces paramètres de croissance. Les plantes traitées à l'EGM (T2 et T3) ont à 8 SAS, des hauteurs nettement supérieures ($43,75 \pm 1,67$ et $45,14 \pm 1,97$ cm respectivement) comparativement aux hauteurs des plants des parcelles non traitées (témoin : $36,1 \pm 1,13$ cm) dans la variété V1 durant la campagne 2016-2017. La variation des paramètres de croissance obtenue dans cette étude montre que les extraits des graines de *Moringa oleifera* ont joué un rôle dans l'augmentation des processus mitotiques et de la photosynthèse des plantes (amélioration de leur capacité d'assimilation du CO₂ au cours du cycle de Calvin) aboutissant à l'élongation cellulaire. Selon Mkindi *et al.*, (2017) certaines molécules chimiques à l'instar des acides aminés, des vitamines, des cytokinines et auxines peuvent affecter le métabolisme cellulaire des plantes. Pour cet effet, les résultats montrent que l'élongation et la division cellulaire seraient amplifiées après traitement à l'EGM. De même Sanjay *et al.*, (2013) affirmaient que les extraits de feuilles de *Moringa oleifera* conviennent à la croissance des légumes et au rendement en fruits des pois. Par contre pour ce qui est du diamètre au collet, aucune différence n'est observée entre les plants des parcelles traitées aux EGM et les plants des parcelles témoins. Les résultats obtenus sur le paramètre diamètre au collet pourraient s'expliquer par le fait que les extraits des graines bien que contenant des substances qui affecteraient le métabolisme cellulaire de la plante auraient été appliqués sur les parties aériennes des plants de haricot commun. Par conséquent ces extraits ont eu une action limitée aux parties aériennes de la plante.

Les résultats obtenus sur l'incidence et la sévérité de la sclérotiniose montrent que ces deux paramètres sont fonction du stade de développement des plants (SAS), du type de traitement, de la variété et de la campagne de culture. Concernant l'incidence de la maladie de la première campagne (2016-2017), l'on enregistre 8 SAS des valeurs d'incidences nettement

plus faibles dans les traitements à base des extraits des grains de Moringa à savoir T2 ($19,51 \pm 2,14$ % et $15,2 \pm 2,26$ %) et T3 ($19,24 \pm 2,21$ % et $13,25 \pm 2,15$ %) respectivement dans la variété V1 et V2, comparé aux valeurs d'incidences enregistrées dans le traitement témoin T0 ($59,95 \pm 3,17$ % et $57,28 \pm 3,88$ %) respectivement dans la variété V1 et V2. Ce même phénomène est observé durant la deuxième campagne avec une légère augmentation de l'incidence de la maladie dans les parcelles. Pour ce qui est du paramètre sévérité de la maladie, l'on constate respectivement dans les deux variétés V1 (GLP 190S) et V2(NITU), qu'à 8 SAS de la campagne (2016-2017), que les traitements à base des extraits des graines de Moringa à savoir T2 ($17,86 \pm 1,11$ % et $8,64 \pm 1,56$ %) et T3 ($11,7 \pm 1,24$ % et $7,91 \pm 1,92$ %) ont enregistré une sévérité de la maladie plus faible comparée au traitement témoin T0 ($47,32 \pm 2,53$ % et $56,14 \pm 1,48$ %). La même observation est enregistrée durant la deuxième campagne avec une légère augmentation de la sévérité de la maladie dans les parcelles. La baisse progressive de l'incidence et de la sévérité de la sclérotiniose dans les parcelles traitées aux extraits des graines de *Moringa oleifera* serait due aux molécules à potentiel antifongique contenues dans ces extraits. Ces résultats sont similaires à ceux de Essomé *et al.*, 2020 qui ont montré l'importance des extraits des graines de *Thevetia peruviana* dans la protection des cultures de *Colocasia esculenta* contre *Phytophthora colocasia* (maladies fongiques) pour une agriculture durable ; de même, Bolou Bi-Bolou *et al.* (2015), ont montré que les extraits de *Xylopiya aethiopica* réduisent fortement l'incidence de la maladie causée par *Sclerotium rolfsii* sur les plants de tomate traités. La variété V1 a été plus attaquée que la variété V2. Par ailleurs l'augmentation des paramètres épidémiologiques à savoir l'incidence et la sévérité de la maladie à la deuxième campagne serait liée à une élévation de la pression d'inoculum des sclérotés dans le site suite aux conditions climatiques favorables à leur développement. En effet durant la campagne 2016-2017, l'on a enregistré une précipitation de 788 mm tandis que durant la campagne 2017-2018 la pluviométrie était de 823 mm.

Les traitements à base des extraits des graines de *M. oleifera* durant les deux campagnes ont réduit de façon considérable l'attaque des insectes nuisibles dans les parcelles traitées comparativement aux parcelles témoins. En effet 7 SAS durant la première campagne, les parcelles traitées aux extraits des graines de Moringa : T2 ($14,75 \pm 1,24$ % et $14,09 \pm 1,86$ %) et T3 ($11,54 \pm 1,64$ % et $13,67 \pm 1,4$ %) ont enregistré respectivement dans les deux variétés V1 et V2 une sévérité d'attaques d'insectes significativement moins élevée que dans les parcelles témoin T0 ($24,77 \pm 1,33$ % et $28,58 \pm 3,43$ %). Cette observation est également enregistrée durant la deuxième campagne (2017-2018). La diminution des attaques sur les feuilles dans les parcelles traitées serait due à l'activité bioinsecticide de ces extraits. Selon Harborne

(1993), sous l'effet de la pression de la sélection naturelle, les plantes ont développé la capacité de synthétiser et d'accumuler des toxines pouvant être classées en plus de 12 groupes distincts tels que les aflatoxines, les alcaloïdes, les furanocoumarines, les glycosides, les terpènes... La présence de ces toxines constitue un système de défense efficace vis-à-vis des organismes phytophages. A cet effet les analyses phytochimiques ont révélé entre autre la présence de l'acide Salicylique et l'acide n-Hexadécanoïque qui ont des propriétés pesticides. Selon Koné *et al.*, (2018), les extraits des plantes contiennent des molécules qui sont soit antiappétantes (insectifuges) soit toxiques pour des insectes ravageurs des plantes (insecticides). Des résultats similaires ont été mentionnés par certains chercheurs (Aït T *et al.*, 2012 ; Tembo *et al.*, 2018 ; Mkindi *et al.*, 2017) qui ont mis en lumière la capacité des extraits de plantes à réduire la sévérité des attaques des insectes nuisibles en agriculture.

Les valeurs de rendement obtenues durant les deux campagnes des deux variétés montrent une amélioration de ce paramètre dans les parcelles traitées par rapport aux témoins. Cette amélioration de rendement dans les parcelles traitées aux extraits de *M. oleifera* montre ainsi son rôle non seulement de protection, mais aussi stimulateur de croissance. En effet, la variation de rendement dans les différents traitements se justifie d'une part par les dégâts causés par les insectes ravageurs appartenant à différents ordres et d'autre part, par l'ampleur des maladies (Baudouin *et al.*, 2005). Les rendements élevés dans les parcelles traitées aux extraits des graines de *M. oleifera* comparées aux parcelles témoins seraient dus au fait que les extraits des graines de *M. oleifera* contiendraient d'une part des substances tels que l'acide salicylique pouvant stimuler la biomasse et la productivité des plants du haricot et des biopesticides tels que les phénols, les alcaloïdes, les stérols qui réduiraient l'action des bio-agresseurs sur les plants de haricots commun traités. Par ailleurs, Fuglie (2001) affirmait que l'extrait de *Moringa oleifera* contient la zéatine hormone qui à des concentrations très élevées, augmente le rendement des cultures lorsqu'elle est liée aux cytokinines (CK). Ces hypothèses rejoignent celles affirmées dans les travaux de Kambou & Guissou (2011). En effet dans ses travaux, les extraits de *Capsicum* sp. et de *Anarcadium* sp. avaient stimulé le rendement du gombo et de l'aubergine. De même Gnago *et al.*, (2010) en évaluant l'efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire ont trouvé que les extraits végétaux ont permis d'obtenir les meilleurs rendements en fruits. La variété V1 (NITU) a eu un rendement plus élevé que la variété V2 (GLP 190S). Ce résultat pourrait se justifier, dans le patrimoine génétique de chaque variété ; les variétés résistantes à la pourriture blanche du haricot pourraient ainsi avoir dans leurs génotypes des gènes de résistance à cette

maladie. Ces résultats sont comparables à ceux de Djeugap *et al.* (2014a) qui, ayant travaillé dans la même localité, ont montré que la sévérité de la maladie des taches angulaires est plus élevée chez les variétés naines que chez les variétés grimpanes, que ce soit dans les parcelles non traitées ou dans les parcelles traitées au fongicide. Le faible rendement de la variété V2 (GLP 190S) pourrait s'expliquer par la pression de la maladie qui réduirait significativement la surface foliaire des plants et par conséquent une réduction de la photosynthèse (Ngueguim *et al.*, 2011 ; Djeugap *et al.*, 2014a).

CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CHAPITRE IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

IV.1. Conclusion

L'objectif général de ce travail a été de contrôler les attaques de *Sclerotinia sclerotiorum* et des insectes ravageurs sur le haricot commun par les extraits des graines de *Moringa oleifera*.

Trois solvants organiques et un solvant minéral ont permis d'obtenir différents extraits des graines de *Moringa oleifera* de volume, de couleur et d'aspect variable. Le plus grand rendement est obtenu avec l'Acétone comme solvant d'extraction (19,1 %) et le plus faible avec l'eau comme solvant (14,7 %).

Le Screening Phytochimique des différents extraits des graines de *Moringa oleifera* a révélé la présence de plusieurs composés appartenant à diverses familles chimiques telles que : les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les huiles essentielles, les acides organiques et les stéroïdes, traduisant ainsi la richesse des graines de *Moringa oleifera* en principes actifs. L'extrait au Méthanol est le plus riche en métabolites secondaires suivi de l'extrait à l'Éthanol et de l'extrait aqueux. Les alcaloïdes, les flavonoïdes, les acides organiques et les huiles essentielles sont présents dans presque tous les extraits.

La méthode d'analyse HPLC-MS des différents extraits a permis d'obtenir, 12, 13 et 5 molécules dans les extraits de Méthanol, d'Éthanol et d'eau respectivement. Plusieurs de ces molécules ont selon la littérature des activités biologiques bien connues. Il s'agit entre autres de l'Hesperidin, l'acide Quinique, l'acide Gallique, l'acide Protocatechique, l'acide 4-OH Benzoïque, le Cyanoside, l'Isoquercitrin, le Cosmosiin, le Quercitrin, le Luteolin, le Naringenin, l'acide Salicylique et l'Apigenin qui ont une activité fongicide et de l'acide Quinique, l'acide Salicylique et l'Hesperidin qui ont une activité insecticide. L'acide Salicylique quant à lui, est un stimulateur des défenses naturelles des plantes et hormone de croissance.

Par ailleurs le profil chromatographique des différents extraits lors de l'analyse GC-MS, révèle la présence de plusieurs molécules volatiles ou susceptibles d'être volatiles (46). Parmi ces molécules, l'acide n-Hexadécanoïque, l'acide Octadécanoïque, l'acide 6-Octadécenoïque, l'acide Cis-13- Eicosanoïque, l'acide Eicosanoïque, le cis-9-Octadécénoate de 3-hydroxypropyl, le Hexadécanoate de méthyl, l'acide Tridécanoïque, l'acide (z) methyl-9-Octadécenoïque, le Stearate de méthyl, l'acide Oleïque, l'acide (E)-octadécanoïque, l'acide Cis-11- Eicosanoïque, l'acide (z) 2-hydroxy 9-Octadécenoïque, l'acide Tridécanoïque, l'acide (z) methyl 9, Octadécenoïque, l'acide 6-Octadécenoïque, le 2,3-diaminoBut-2-enedinitrile et le

3-Hydroxybenzenemethanol auraient selon certaines études une activité insecticide alors que l'acide n-Hexadécanoïque, l'acide cis-9-Hexadécenoïque auraient une activité fongicide.

Par leur richesse en métabolites secondaires ayant entre autres des activités biologiques et régulateurs de croissance, les extraits des graines de *Moringa oleifera* s'érigent en véritable atout non négligeable dans la lutte intégrée contre les maladies fongiques et les insectes ravageurs du haricot commun.

Les essais réalisés *in vitro* ont montré d'une manière générale que les différents extraits de graines de *Moringa oleifera* ont considérablement inhibé la croissance mycélienne des isolats de *Sclerotinia sclerotiorum*. Cette inhibition a été plus prononcée à la plus grande dose C3 (50 µl / ml). L'inhibition a été plus prononcée avec les extraits à l'éthanol et à l'acétone dans les deux isolats, suivis de l'extrait aqueux dans l'isolat 1. Les tests de corrélation réalisés entre les différentes concentrations et les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne des isolats de *Sclerotinia sclerotiorum* ont révélé une corrélation linéaire parfaite et positive dont les coefficients de corrélation (R^2) étant compris entre 0,74 et 1. Ces tests ayant permis de déterminer les concentrations minimales inhibitrices pouvant réduire de 50 % et de 90 % la croissance radiale du pathogène. Pour l'extrait à l'Éthanol, les valeurs de la CMI50 (0,87 et 1,70) et de la CMI90 (2,30 et 2,59 µl.ml⁻¹) respectivement pour les isolats 1 et 2 ont été les plus faibles. Les extraits ont présenté une activité antifongique à la dose C3 (50 µl.ml⁻¹) comparativement au témoin négatif. Ainsi, à travers les résultats de ce test *in vitro* les EGM s'érigent en véritable atout non négligeable dans la lutte intégrée contre *S. sclerotiorum*.

Les extraits des graines de *Moringa oleifera* ont d'une manière générale, protégé les grains de haricot conservés contre *Acanthoscelides obtectus*. Deux jours (02) après conservation, les traitements aux extraits ont enregistré à la plus grande dose un taux de mortalité supérieur ou égal à 97,77 % contre environ 13,94 % dans le traitement témoin. Par ailleurs aucune différence significative n'est observée entre le pourcentage de mortalité des traitements aux extraits des graines de Moringa à la plus grande dose (C3 : 50 µl.ml⁻¹) et le traitement à l'insecticide chimique. En outre le nombre d'œufs pondus a été plus élevé dans le témoin (236,67) comparativement aux traitements à base des EGM (2,66 ; 9,33 ; 0,00) respectivement pour les traitements aux extraits à base du Méthanol, de l'Éthanol, et de l'Acétone) à la dose C3 (50 µl.ml⁻¹). Ainsi donc, à travers les résultats de ce test *in vivo* les EGM s'érigent en véritable atout non négligeable dans la lutte intégrée contre *A. obtectus*.

Durant les deux campagnes, les résultats en champ sur l'application des extraits des graines de *M. oleifera* a entraîné une augmentation de la hauteur et une production du nombre de feuilles des plants traités par rapport au témoin négatif chez les deux variétés de haricots

cultivés. Également durant les deux campagnes d'étude, les résultats obtenus sur la sclérotiniose foliaire *in situ* ont montré qu'il existe une différence significative entre les parcelles traitées aux extraits des graines de *M. oleifera* et celles non traitées (témoins négatifs). Les résultats de l'évaluation de l'incidence et de la sévérité de la maladie causée par *S. sclerotiorum* durant les deux campagnes ont révélé une action positive des extraits se caractérisant par une diminution de la sévérité et de la propagation de la maladie ceci chez les deux variétés du haricot. L'application des extraits des graines de moringa durant les deux campagnes montre que les extraits ont protégé parfois au même titre que l'insecticide de synthèse (IC50_{EC}) les plants de haricot commun contre les dégâts causés par les insectes dans les parcelles traitées par rapport au témoin qui n'a pas été traité. Les niveaux de sensibilité des deux variétés étaient identiques. Les résultats de la sévérité d'attaques des insectes montrent que les extraits des graines ont fortement réduit le degré d'attaque des insectes ravageurs sur les feuilles. Il ressort également que les différents extraits ont présenté une efficacité sur la productivité des plants de haricots communs cultivés. Les rendements ont été élevés au même titre et parfois plus que les pesticides de synthèse utilisés dans les parcelles traitées comparés à ceux des parcelles non traitées ceci en rapport avec la richesse en composés chimiques des extraits utilisés.

Vu les différents résultats obtenus lors des différentes activités de ce travail, les extraits des graines de *M. oleifera* semblent être une voie prometteuse dans la lutte intégrée contre les insectes ravageurs du haricot commun et la maladie due à *Sclerotinia sclerotiorum*. Ils pourraient à cet effet être valorisés à cause de leur caractère biodégradable et aussi à cause de leur action double (insecticide et fongicide) dans la protection du haricot commun.

IV.2. Perspectives

Ce travail était basé sur les propriétés fongicides *in vitro*, fongicide et insecticide *in situ* et insecticide *in vivo*. Les résultats obtenus ici pourraient être utilisés comme base pour les travaux futurs. A cet effet, un accent devra être mis sur :

- la recherche d'autres organes de *M. oleifera* susceptibles d'avoir une activité antifongique afin d'augmenter le niveau de disponibilité en matériel végétal antifongique ou insecticide ;
- le fractionnement des différentes molécules bioactives identifiées dans les EGM pour utilisation comme tête de pont de synthèse de nouvelles matières actives ;
- l'évaluation des propriétés fongicides et insecticides des extraits des graines de *M. oleifera* sur d'autres maladies cryptogamiques du haricot commun ou d'une autre plante hôte.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Abawi, G.S. and R.G. Grogan. 1979. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology*. 69: 899-904.
- Abay G., Altun M., Karakoc O. C., Gul F and Demirtas I. 2013. Insecticidal activity of fatty acid-rich Turkish Bryophyte extracts against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 16(10): 806-816
- Adams, P.B., and W.A. Ayers. 1979. Ecology of *Sclerotinia* species. *Phytopathology*. 69: 896-899.
- Adeniyi S. A., Oke V. J., Olatunji G. A. 2019. GC-MS Analysis of Phytochemical Constituents in Méthanol Extract of Wood Bark from *Durio Zibethinus* Murr. *International Journal of Medicinal Plants and Natural Products* (IJMPNP). 5(3): 1-11.
- Adegonah S., Atachi P., Coulibaly O and Tamo M. 2005. Perceptions Payssanes et Protection de l'environnement : Gestion intégrée de lutte contre le foreur des fleurs et gousses du niébé *maruca vitrata* au Bénin. Benin : *Annales des Sciences Agronomiques du Benin*. 7 (2) : 139-157.
- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology 5th ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press. 948p
- Ait T. N., Hsaine. M., Rochdi. A., Nilahyane A., Bouharroud. R., 2012. Effet des extraits végétaux Méthanoliques de certaines plantes marocaines sur *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). *EPPO Bulletin*, 42(2): 275–280.
- Akhilesh G and Swati R. 2010. Synthesis and antifungal study of novel fluoro-benzothiazole derivatives. *International Journal of Chemical and Analytical Science*. 1(10): 224-228
- Allen T.W., Bradley C.A., Sisson J.A., Byamukama E., Chilvers M.I, et Coker M.C. 2017. Soybean Yield Loss Estimates Due to Diseases in the United States and Ontario, Canada, from 2010 to 2014. *Plant Health Prog*. 18 (1) :19-27.
- Alvarez N., 2004. *Plantes hôtes et organisation de la diversité des insectes phytophages, des radiations évolutives aux processus populationnels : le cas des bruches du genre Acanthoscelides schilsky* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat, Univ. Montpellier II, 54p.
- Ambang Z., Essono G., Kosma P., Ndongo B., et Ngho J. P. 2011. Control of leaf spot disease cause by *Cercospora* sp on groundnut (*Arachis hypogea*) using Méthanolic extracts of yellow oleander (*Thevetia peruviana*) seeds. *Austr. Jrn. Crp. Sci.*, 3(5.3): 227-232.

- Ambang Z., Ngoh Dooh J.P., Essono G., Bekolo N., Chewachong G., Asseng C.C. 2010. Effect of *Thevetia peruviana* seeds extract on *in vitro* growth of four strains of *Phytophthora megakarya*. *Plant Omi j.*, 3 (3) :70-76.
- Anita S., Sujatha P. and Prabhudas P. 2012. Efficacy of pulverised leaves of *Annona squamosa* (L.), *Moringa oleifera* (Lam.) and *Eucalyptus globulus* (Labill.) against the stored grain pest, *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Recent Research in Science and Technology*. 4: 19-23.
- Annis, S.L. and Goodwin P.H. 1997. Recent advances in molecular genetics of plant cell wall degrading enzymes in plant pathogenic fungi. *Eur J Plant Pathol*. 103: 1- 14.
- Anonyme. 1993. Memento de l'agronome. Collection technique rurale, 4 édition : 1635pp
- Anonyme. 2004. Production mondiale de haricot. Faostat.org
- Anonyme. 2006. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2006, Faostat.org
- Anonyme. 2010. Vision 2035 of agricultural and pasture land development in Cameroon. Programme national de développement participatif PNDP, 2010-SNC Cameroon, 35 p.
- Anonyme. 2012. FAOSTAT, FAO statistical databases. Rome, 155 p.
- Anonyme. 2013. Contribution de la recherche à l'amélioration de la production et de la consommation des légumineuses alimentaires au Cameroun. IRAD, Yaoundé, 56 p.
- Anonyme. 2015. *Phaseolus vulgaris* –PlantUSE (Fleur, par Thomas Bresson, en focus staking) 4p.(<http://www.biodiversitylibrary.org/search.aspx?SearchTerm=Phaseolus%20vulgaris&SearchCat=>)
- Anonyme. 2019. L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 253p.
- Anonyme. 2022. FAOSTAT Statistics databases; Crops and livestock products. Available at <http://www.fao.org/faostat/en> (Accessed 23 Decembre 2022).
- Anonyme. 2021a. *Phaseolus vulgaris* L. Native Plant Trust of Go Botany.
- Anonyme. 2021b. Liste des pesticides homologués au Cameroun au 04 Mars 2021. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale, Yaoundé, 244p.
- Arbonnier M. 2002. Arbres, arbuste setlianes d'Afrique de l'Ouest. 2 éd., CIRAD- MNHN, Paris, 541 p.
- Aroga R., 2007. *Principaux insects nuisibles au maïs et leurs antagonistes en zone forestière du Cameroun*. (eds) Clé. Yaoundé, 42p.
- Awa N. S., Alioune D.F., Mamadou N., Khadim N., Rokhaya S G., Emmanuel B., Amadou M.D., and Guata Y. S., 2018. Evaluation de l'activité antioxydante des feuilles de

- Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) du Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(4) : 1816-1823
- Ayirezang F. A., Azumah B. K. and Achio S., 2020. Effects of *Moringa oleifera* Leaves and Seeds Extracts against Food Spoilage Fungi. *Advances in Microbiology*, 10, 27-38.
- Balachowsky A. S. 1963. Entomologie Appliquée à l'agriculture, Tome I, Vol. 2. Paris (V^{ième}), Masson et Cie, 1070-1098.
- Baldin E. L. L. and Lara F. M. 2008. Resistance of stored bean varieties to *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). *Insect Science*, 15: 317-326
- Bansode, D.S. and Chavan, M.D. (2012) Studies on Antimicrobial Activity and Phytochemical Analysis of Citrus Fruit Juices against Selected Enteric Pathogens. *International Research Journal of Pharmacy*, 3, 122-126.
- Banu K.S. and Cathrine L. 2015. General Techniques Involved in Phytochemical Analysis. *International Journal of Advanced Research in Chemical science*, 2(4): 25-32.
- Barbosa P. Gross P. and Kemper J. 1991. Influence of plant allelochemicals on the tobacco hornworm and its parasitoid, *Cotesia congregata*. *Ecology*, 1567-1575.
- Barrau E., Fabre N., Fouraste I and Hoste H. 2005. Effect of bioactive compounds from Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) on the *in vitro* larval migration of *Haemonchus contortus*: role of tannins and flavonol glycosides. *Parasitology- Cambridge*, 131: 1-25.
- Baskin J., Ludlow C., Harris T.M and Wolf, F. 1967. Psoralen, an inhibitor in the seeds of *Psoralea subcaulis* (Leguminosae). *Phytochemistry*. 6: 1209-1213.
- Bastien M., H. Sonah and Belzile F. 2014. Genome Wide Association Mapping of *Sclerotinia sclerotiorum* Resistance in Soybean with a Genotyping-by-Sequencing Approach. *Plant Genome*. 7(1) :13.
- Baudouin J. P, Camarena F. and Lobo M. 2005. *Amélioration de quatre légumineuses alimentaires tropicales Phaseolus vulgaris, P. coccineus et P. lunatus. Sélection intra et interspécifique*, In *Actes des Quatrièmes journées scientifiques du réseau Biotechnologies végétales de l'UREF « Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? »*, John Libbey Eurotext, Paris. 18-21
- Baudouin J. P., Vanderborgh T., Kimani P. M. and Mwang'Ombe A. W. 2001. Grain legumes: Common bean. In: Ramaeker R.H. (ed). *Crop Production in Tropical Africa. Directorate General for International Cooperation, Brussels* : 317- 334.
- Belkebir S. 2018. *Évaluation de l'effet insecticide, sur les pucerons, de l'extrait aqueux de feuille et fleur de Moringa oleifera Lam.* Mémoire de Master en Science Agronomique.

- Bernal G. and Graham P.H., 2001. Diversity in the rhizobia associated with *Phaseolus vulgaris* L. in Ecuador, and comparisons with Mexican bean rhizobia. *Can. J. Microbiol.*, 47 (6) : 526-534.
- Boeke S. J., Van Loom J. J. A., Van Huis A., Kossou D. K. and Dicke M. 2001. *The use of plant products to protect stored leguminous seeds against seed beetles: a review* Wageningen University Papers, Backhuys Publishers, 108p.
- Boland, G. J. and Hall R. 1988. Epidemiology of *Sclerotinia* stem rot of soybean in Ontario. *Phytopathology*. 78 :1241-1245.
- Boland, G. J. and Hall R. 1994. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can J Plant Pathol*. 16(2):93-108.
- Bolou Bi. B. A., Moury B., Abo K., Kakou D. Jr., Girardot G., Kouassi N. P., Kouadio E. J. N., Kouakou B. S. M. and Kone D..2015. Inhibition de *Sclerotium rolfsii* Sacc. (*Corticaceae*), agent causal de la pourriture du collet de la tige de la tomate (*Solanaceae*), par *Xylopiia aethiopica* (Dunal) A. Rich. (*Annonaceae*) et *Trichoderma* sp. *Eur. Sci. J.*, 11(12), 61-85.
- Bolton M. D., Thomma B. P. H. J. and Nelson B. D. 2006. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Biology & molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Mol Plant Pathol*. 7(1) :1-16.
- Bouchelta A., Boughdad A. and Blenzar A. 2005. Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L.(*Solanaceae*) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera : *Aleyrodidae*). *Biotechnologie agronomie société et environnement*.9, 259p
- Bougandoura N. and Bendimerad N. 2012. Effet antifongiques des extraits aqueux et Méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. (*Nepeta*) briq. *Revue des Bio Ressources*, 2 :1-7.
- Boulogne I 2011., *Evaluation du potentiel insecticide et antifongique sur Acromyrmex octospinosus (Reich) d'une selection de plantes à usages ethnopharmacologiques TRAMIL*. These de doctorat Université des Antilles et de la Guyane, 184p.
- Boussoufa N., 2018. *Effet des extraits de Moringa oleifera sur les isolats des staphylocoques à coagulase négative*. Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 86p.
- Branchet, P., Cadot, E., Fenet, H., Sebag, D., Ngatcha, B. N., Borrell-Estupina, V. and Gonzalez, C. (2018). Polar pesticide contamination of an urban and peri-urban tropical

- watershed affected by agricultural activities (Yaoundé, Center Region, Cameroon). *Environmental Science and Pollution Research*, 25(18), 17690–17715.
- Brink M. and Belay G. 2006. *Céréales et légumes secs*. Backhuys publishers / CTA Prota, Wageningen, pp. 164-170.
- Broin M. 2006. Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. [En ligne]. PROPAGE, *Centre Technique de Coopération Agricole et rurale (CTA)- ACP-UE*. 5p.
- Broughton W.J., Hernandez G., Blair M.W., Beebe S., Gepts P. and Vanderleyden J. 2003. Beans (*Phaseolus* spp.) Model Food Legumes. *Plant Soil*, 252 : 55-128.
- Buruchara R. 2007. Background Information on Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Biotechnology, Breeding & Seed Systems for African Crops. The Rockefeller Foundation, Nairobi.
- Buruchara R. A., Mukankusi C. and Ampofo K. 2010. Bean disease and pest identification and management. Handbooks for small-scale seed producers. Handbook IV, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), Kampala (Uganda), CIAT: no. 371. ISSN 2220-3370, 67p.
- Buśko1 M., Góral T., Ostrowska A., Matysiak A., Walentyn-Góral D and Perkowski J. 2014. The Effect of *Fusarium* Inoculation and Fungicide Application on Concentrations of Flavonoids (Apigenin, Kaempferol, Luteolin, Naringenin, Quercetin, Rutin, Vitexin) in Winter Wheat Cultivars. *American Journal of Plant Sciences*. 5: 3727- 3736.
- Campbell N. and Reece J. 2007. *Biologie 7e éd.* Pearson Education, Paris, 1334 p.
- Carmichael A., Harding R., Jackson G., Kumar S., Lal S.N., Masamdur R., Wright J. and Clarke A.R. 2008. Taro pest an illustrated guide to pest and diseases of taro in South Pacific. *ACIAR Monograph*. 132, 76p
- Carpinella C., Defago T., Valladares G., and Palacios M. 2003, Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. *J. Agric.Food Chem.*, 51369-374.
- Cessna S. G., Sears V. E., Dickman M. B. and Low P.S. 2000. Oxalic acid, a pathogenicity factor for *Sclerotinia sclerotiorum*, suppresses the oxidative burst of the host plant. *Plant Cell*. 12: 2191-2200.
- Chacón M. I., Pickersgill S. B. and Debouck D.G. 2005. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theor. Appl. Genet*, 110 : 432-444.
- Chauvin R. 1986 - *Physiologie de l'insecte*. Ed. INRA, pp 564-576

- Chaux C.L. and Foury C.L. 1994. *Production légumière, tome III, Légumineuses potagères légumes, fruits*. Lavoisier, Paris, 854 p.
- Chet, I., and Y. Henis. 1975. Sclerotial morphogenesis in Fungi. *Annu Rev Phytopathol* 13: 169-192.
- Chumark P., Khunawat P., Phornchirasilp S., Morales N. P., Phivthong-ngam L., Ratanachamnong P., Srisawat S. and Pongrapeeporn K. S. 2008. The *in vitro* and *ex vivo* antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Journal of Ethnopharmacology*. 116(3) : 439-446.
- Ciulei I. 1980. *Methodology for Analysis of Vegetable Drugs. Pratical Manuals on the industrial utilisation of medecinal and aromatic plants*. Arta Grafica, Bucharest, Romania. 420p.
- Clarkson J. P., Staveley J., Phelps K., Young C. S. and Whipps J. M. 2003. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycol. Res.* 107 (2): 213-222.
- Cotton P., Kaszab Z., Bruela C., Rasclea C. and Fèvre M. 2003. Ambient pH controls the expression of endopolygalacturonase genes in the necrotrophic fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. *FEMS Microbiol. Lett.* 227 : 163-163.
- Cruz J. F., Troude F., Griffon D. and Hébert J. P. 1988. *Conservation des grains en régions chaudes, Techniques rurales en Afrique*. 2^{ème} éd., France, 545 p.
- Cunha W. G., Tinoco M. L. P., Pancoti H. L., Ribeiro R. E. and Aragao F. J. L. 2010. High resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in transgenic soybean plants transformed to express an oxalate decarboxylase gene. *Plant Pathol.* 59 (4) : 654- 660.
- Damerdji A and Bouklikha A. 2009. Effet de quatre variétés d'haricots sur la durée du cycle de développement de la bruche *Acanthoscelides obtectus* (coleoptera, bruchidae). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 14: 161– 173
- Dang-Minh-Chanh N., Dong-Jun S., Hyang-Burm L., In-Seon K., Kil-Yong K., Ro-Dong P and Woo-Jin J. 2013. Antifungal activity of gallic acid purified from *Terminalia nigrovenulosa* bark against *Fusarium solani*. *Microbial Pathogenesis*. 56: 8-15
- Daviault L. 1928 Notes biologiques sur la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus* Say.) *Rev. Vég. et Ent. Agr.* pp. 188-192.
- Dayan F.E., Cantrell C.L and Duke S.O. 2009. Natural products in crop protection, *Bioorg. Med. Chem.*, 17, 4022-4034.
- Delalonde M., Barret Y. and Coumans M. 1996. Development of phenolic compounds in maize anthers (*Zea mays*) during cold pretreatment prior to androgenesis. *J of Plant Physiol.* 149 : 612-616.

- Delobel A and Tran M. 1993. Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. CTA/ORSTOM, Paris, 424 p.
- Delobel A. 2008. *Les bruches*. Muséum National d'histoire Naturelle. 150 (3), 5p
- Diaw N.F. 2012. *Utilisation des inoculums de rhizobium pour la culture du haricot (Phaseolus vulgaris) au Sénégal*. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université Cheikh Kanta Diop, 97 p.
- Dieryckx C, Gaudin V, Dupuy J-W, Bonneu M, Girard V and Job D. 2015. Beyond plant defense: insights on the potential of salicylic and methylsalicylic acid to contain growth of the phytopathogen *Botrytis cinerea* Front. *Plant Science*. 6, 15p.
- Din N., Dibong S.D., Mpondo Mpondo E., Priso R.J., Kwin N.K and Ngoye A. 2011. Inventory and identification of plants used in the treatment of Diabetes in Douala town (Cameroon). *Eur. J. Med. Plant*, 1(3): 60-73
- Djeugap F. J., Mefire M. H., Nguéfack J., Nguéguim M. and Fontem D. A. 2014a. Effet variétal et du traitement fongicide sur la sévérité de la maladie des taches angulaires et le rendement du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) à l'Ouest Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8(3) : 1221-1233.
- Djeugap F.J., Bernier L., Dostaler D. and Fontem D.A., 2014b. Efficacité de quatre formulations fongicides contre les maladies dues à *Lasiodiplodia theobromae* et à *Pestalotiopsis microspora* chez *Riciodendron heudelotii* au Cameroun. *Cahiers d'Agriculture*.
- Djeugap J. F., Fontem D. A. and Tapondjou A. L. 2011. Efficacité *in vitro* et *in vivo* des extraits de plants contre le mildiou (*Phytophthora infestans*) de la morelle noire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(6): 2205-2213.
- Dohou N., Yamani K., Badoc, A and Douira, A. 2004. *Activité antifongique d'extraits de Thymelea lythroides sur trois champignons du riz*. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux. 143: 31-38.
- Donaldson, P. A., T. Anderson, B. G. Lane, A. L. Davidson, and Simmonds H. D., 2001. Soybean plants expressing an active oligomeric oxalate oxidase from the wheat gf 2.8 (germin) gene are resistant to the oxalate-secreting pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. *Physiol. Mol. Plant P.* 59 : 297-307.
- Doré C. and Varoquaux F. 2006. *Le haricot dans histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées*. INRA, Paris, pp. 335-347.

- Doumandji S. E. 1972. *Action des radiations gamma sur la fertilité et la longivité d'Acanthosceiides obtectus (Coleoptera, Bruchidae)*. Thèse Doct 3ème cycle. Fac. Sci. Paris, 130p
- Doumbouya M., Abo K., Lepengue H.N., Camara B., Kanko K., Aidara D. and Kone D. 2012. Activités comparées *in vitro* de deux fongicides de synthèse et de deux huiles essentielles sur les champignons telluriques des cultures maraichères en Côte d'Ivoire. *J of appl Biosc*, 50: 3520-3532.
- Du S. S., Zhang H. M., Bai C. Q., Wang C. F., Liu Q. Z., Liu Z. L., Wang Y. Y. and Deng Z.W. 2011. Nematocidal Flavone-C-Glycosides against the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) from *Arisaema erubescens* Tubers. *Molecules*. 16: 5079-5086
- Dungelhoff S and Schmitt M. 2006. Functional morphology of copulation in Chrysomeloidae-Criocerinae and Bruchidae (Insecta: Coleoptera). *Bonner Zoologische Beiträge*. 54, 201-208
- Dupriez H and De Leener P. 1987. *Jardins et vergers d'Afrique*. Ed. Terres et Vie 354p.
- Dutartre M. 2015. *Santé et adaptation du haricot commun, Phaseolus vulgaris L.* Mémoire d'Ingénieur Agronome SAD-Paysage, INRA, 57 p.
- El-Kady A. M. A., Mohamed A. I., Mohamady A. H. 2010. Insecticidal activity of citric acid and its soluble powder formulations against *Aphis craccivora* under laboratory conditions. *Egyptian Academic Journal Biological Science; F. Toxicology and pest control*. 2(1) : 7–12.
- Essomé S. C, Ngoh Dooh J. P., Heu A., Ndogho P. A., Ngatsi Z. P., Chewachong Godwill and Ambang Z. 2020. Évaluation des activités antifongiques des extraits de graines de *Thevetia peruviana* contre *Phytophthora colocasiae* (Oomycètes) agent causal du mildiou du taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) au Camerou. *Journal of Applied Biosciences*. 151: 15584 – 15597.
- Ezeaku P.I., Ndubuaku U.M., Ndubuaku T.C.N., Ike E and Ikemefuna P. 2015. Effects of *Moringa oleifera* leaf extract on morphological and physiological growth of cassava and its efficacy in controlling *Zonocerus variegatus*. *African Journal of Biotechnology*. 14(32): 2494-2500
- Fabro M., Matasci C., Kneubuehler Y, Kellenberger S, Diaz Q. C., Keller B., Sautter C. and Schori A., 2012. La résistance aux maladies fongiques de lignées de blé transgénique en plein champ. *Recherche Agronomique Suisse*, 3 (6): 298–305.

- Faraga M., Ahmedb M.M.H., Yousefa H and Rahman A.H.A.A. 2011. Repellent and Insecticidal Activities of *Melia azedarach* L. against Cotton Leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Z. Naturforsch.* 66: 129-135
- Farrell M.J. 1957. The measurement of productive Efficiency. *Journal of statistical society. Series A (General)*.120: 253-290
- Fassuliotis G. and Skucas G. 1969. The effect of pyrrolizidine alkaloid ester and plants containing pyrrolizidine on *Meloidogyne incognita acrita*. *J. Nematol*, 1: 287-288
- Finney D.F. 1971. Probit Analysis. 3rd Ed. *University Press, Cambridge*. 333p.
- Foidl N., Makkar H. P. S., and Becker K., 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: *The Miracle Tree/The Multiple Attributes of Moringa* (Ed. Lowell J Fuglie) CTA.USA. *fur pflanzenfranken und flanzenschustz*, 100: 69-74.
- Fuckel, L. 1870. Symbolic mycologicae. Beitrage zur Kenntniss der Rheinischen Pilze. Jhrb. Nassauischen Vercins Naturk. 23, 1-459.
- Fuglie, L.J. 2001. *The Miracle Tree: Moringa oleifera: Natural Nutrition for the Tropics*. Ed Wageningen CTA. Netherlands, pp 172.
- Gakuru S. and Foua B. 1996. Effects of plant extracts on the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* Fab.) and the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Cah.Agric.* 5: 39-42.
- Gama P. B. S., Inanaga S., Tanaka K. and Nakazawar. 2007. Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *African Journal of Biotechnology*. 6 (2): 079-088.
- Gata-Gonçalves L., 2001. *Propriedades Biocidas de plantas de orgen Tropical: Caso da Thevetia peruriana Schum*. Ph D. Thesis. Engenharia Agronomica Quimina. Campos das Cebolas Lisboa, 133 P.
- Gata-Gonçalvès L., Nogueira J.M.F., Matos O. and De Sousa B. 2003. Phytoactive extract from *Thevetia peruviana* with antifungal properties agains *Cladosporuim cucumerinum*. *Journal of photochemistry and photobiology*, 70 (1): 51-54.
- Gepts P. 2001. *Phaseolus vulgaris (Beans)*. Academic Press university of California, USA: 1749 p.
- Ghadir M., Khar E. M., Saeed J. H., Ali S. and Ghobad S. 2012. Effets of seed hardness breaking techniques on okra (*Abelmoschus esculentus* L.) germination. *Int. J. Agric. Crop. Sci.*, 4(6): 264-273.
- Gnago A. J., Danho M., Agneroh A.T., Fofana K. I. and Kohou G.A. 2013. Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre

- les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4) : 953-966.
- Goix J. 1986. *La bruche du haricot*. Phytoma, 382 : pp 48-49.
- Gourmel C. 2014. *Catalogue illustré des principaux insectes ravageurs et auxiliaires des cultures de guyane*. Coopérative BIO SAVANE-RITA; 78p
- Greuter W. 2003. The Euro+Med treatment of Cardueae (Compositae)-generic concepts and required new names. *Willdenowia*. 33: 49-61
- Gronquist M., Bezzerides A., Attygalle A., Meinwald J., Eisner M and Eisner T. 2001. Attractive and defensive functions of the ultraviolet pigments of a flower (*Hypericum calycinum*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 98. 13745
- Guevara A. P., Vargas C., Sakurai H., Fujiwara Y., Hashimoto K., Maoka T., Kozuka M., Ito Y., Tokuda H. and Nishino H. 1999. An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 440 (2) : 181-188.
- Gueye M.T., Seck D., Wathelet J.P. and Lognay G. 2011. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale: synthèse . *Biotechnology and Agronomy Society of Environment*. 15 (1): 183-194.
- Guignard J.L., 1998. *Botanique*. Ed. Masson, 159 p.
- Gupta M, Mazumder U. K. and Chakrabarti S. 1999. *CNS activities of Méthanollic extract of Moringa oleifera root in mice*. *Fitoterapia*, Volume 70, Issue 3, pp. 244-250.
- Habibi T. 1998. *L'inventaire et évaluation des dégâts des principaux insectes ravageurs des céréales stockés au niveau de la wilaya de Tiaret*. Mémoire Ing, Univ. Tiaret, 108 p.
- Hajji H., Tallal I., Maafa I., Bentata F., El Alaoui Faris F.E., El Abdennebi and El Aissami A. 2016. In vitro evaluation of the antifungal activity of four Moroccan medicinal plants extracts on five phytopathogenic fungi. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*. 10 : 57-65
- Hamdani D. 2012. *Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot, Acanthoscelides obtectus Say (Coleoptera :Bruchidae)*. Magister, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 116 p.
- Harborne J.B. 1993. *Introduction to chemical ecology*, 4ème édition, Academic press, London. 317 p.
- Helmtädter A., 2010. Beans and diabetes: *Phaseolus vulgaris* preparation as antihyperglycemic agents. *J. Med. Food*. 13(2): 251-254

- Hoffman A. and Labeyrie V. 1962. Les *Bruchidae*. In : *Entomologie appliquée à l'agriculture*, Ed. A.S. Balachowsky, Masson, Paris, pp. 434-484
- Holland B., Unwin I. D. and Buss D. H. 1991. *Vegetables, herbs and spices. The fifth supplement to McCance & Widdowson's the Composition of foods*. 4th Edition. Royal society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom, pp.163
- Hossaert-McKey M. and Alvarez N. 2003. Influence de facteurs écologiques sur la répartition de deux espèces jumelles de ravageurs du haricot. Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier.
- Huignard J., Glitho I., Monge J. and Regnault-Roger I. 2011. Insectes ravageurs des grains des légumineuses, biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. *Ed. Quae*, France. 147p.
- Ibrahim N.D. and Aliyu S.M. 2014. Evaluation of plant seed oil and bitter leaf powder for their repellency and control of cowpea beetle (*Callosobruchus maculatus* Fab.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*. 3(8):370-375.
- Ilboudo O., Bonzi S., Tapsoba I., Somda I. and Bonzi-Coulibaly Y.L. 2016. *In vitro* antifungal activity of flavonoid diglycosides of *Mentha piperita* and their oxime derivatives against two cereals fungi. *Comptes Rendus Chimie*. 19, 857–862.
- Jahn S A. A., Musnad H. A., and Burgstaller H. 1986. The tree that purifies water. Cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan. *Unasylya.*, 38(152). 23p.
- Jourand P., Rapior, S., Fargette M. and Mateille T. 2004. Nematostatic activity of aqueous extracts of West African *Crotalaria* species. *Nematology*, 6: 765-771.
- Kambou G. and Guissou I.P. 2011. Pytochemical composition and insectidal effects of Aqueous spice extracts on insect pests found on green beans (*Phaseolus vulgaris*) in Burkina Faso. *Tropicultura*, 29(4): 212-217.
- Kar A., Choudhary B.K and Bandyopadhyay N.G. 2003. Comparative evaluation of hypoglycaemic activity of some Indian medicinal plants in alloxan diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, Volume 84, Issue 1, pp. 105-108
- Kassemi N. 2006. *Relation entre un insecte phytophage et sa principale plante hôte : Cas de la bruche du haricot Acanthoscelides obtectus, (Coleoptera, Bruchidae)* : mémoire Mag. Univ. Tlemcen, pp: 49-51.
- Katre U.V. Suresh C. G. Khan M. I. and Gaikwad S.M. 2008. Structure–activity relationship of a hemagglutinin from *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 42, Issue 2, pp 203-207.

- Kellouche A. 2005. *Etude de la bruche du pois chiche, Callosobruchus maculatus (coleoptera : Bruchidae) : biologie, physiologie, reproduction et lutte*. Thèse de Doctorat D'état, Univ. Tizi-Ouzou, Algérie. 154p.
- Khelfane-Goucem K. 2014. *Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot Acanthoscelides obtectus Say (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de plantes hôtes (Phaseolus vulgaris L.)*. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Universiter Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 178p.
- Khellil M.A. 1977. *Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche du haricot Acanthoscelides obtectus Say (Coleoptera : Bruchidae) sur les différentes et stades de développement*. Thèse d'Ingénieur en Agronomie, INA., 77p.
- Kisyombe T. C and Chirwa M. R. 2005. Assessment of grain yield losses caused by foliar fungal and bacterial diseases in promising new genotype of the common bean in Malawi. *Pan-Africa Bean Research Alliance Millennium Workshop*. pp167-175
- Koenning S. R. and Wrather J.A. 2010. Suppression of Soybean Yield Potential in the Continental United States by Plant Diseases from 2006 to 2009. *Plant Health Progress*. 6p.
- Kone N A. N., Ndongo B., Mountapmbeme M. M., Manga E F. R., Heu A., Mvondo N D., Mboussi S. B., Ambang Z. 2018. Anti-Fungal Activities of *Jatropha curcas* Seeds Extracts against *Cercospora malayensis* Causative Agent of Sigatoka of Okra Leaves. *Human Journals*, (9): 15p.
- Kopustinskiene D.M., Jakstas V., Savickas Bernatoniene, J. 2020. *Flavonoids as Anticancer Agents*. *Nutrients*. 12(2), 457
- Korunic Z. 1996. The effect of diatomaceous earth on grain quality. *Postharvest biological technology*, 9: 373-387.
- Kouadio K., Koné M and Soro D. 2014. Influence de l'ensoleillement sur la germination de quatre essences forestières en voie d'extinction dans les forêts ivoiriennes. *Journal of animal and Plant Sciences*. 1 : 3529-3538.
- Kulimushi B. E. 2015. *Evaluation des effets d'insecticides botaniques sur les pucerons noirs du haricot (Aphis fabae) à Goma en République Démocratique du Congo*. Cahiers Africains des droits de l'homme et de la démocratie.16p
- L'Etang M. 2012. *Effet de différents paramètres de l'environnement sur le déterminisme biochimique d'exsudats racinaires de Crotalaria spp. : Application à la*

- nématorégulation en production végétale*. Thèse de Doc, Université des Antilles et de la Guyane. 165p.
- Labeyrie V. 1962. Les *Acanthoscelides obtectus*. In : *Entomologie Appliquée à l'Agriculture*, Ed. A.S. Balachowsky. T1, Masson. Paris, pp.469-484.
- Lamiri A., Lhaloui S., Benjilali B. and Berrada M. 2001. Insecticidal effects of essential oil against Hessian fly *Maetiola destructor* (Say). *Field Crops Research*. 71: 9-15.
- Lee H. S. 2002. Inhibitory activity of *Cinnamomum cassia* bark-derived component against ratlens aldose reductase. *J. Pharm. Pharm. Sci.*, 5 : 226-230.
- Louni S. 2009. *Extraction et Caractérisation physicochimique de l'huile de graines de Moringa oleifera*. Mémoire Magister en Science Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach. 115p.
- Magro P., Marciano P. and Lenna P. Di. 1984. Oxalic acid production and its role in pathogenesis of *Sclerotinia sclerotiorum*. *FEMS Microbiol*. 24: 9-12.
- Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science*. 128: 311-322
- Manga A. D., Ndongo B., Biye E. H., Kuate T. W. N., Ngatsi Z. P. and Ngonu A. V. 2021. Effectiveness of *Anonidium mannii* seed extracts against *Colletotrichum lindemuthianum* and *Fusarium solani*, agents responsible for anthracnose and fusariosis of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Centre Region-Cameroon. *Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol.*, 8(2): 23-33.
- Marciano P., Lenna P. D. and Magro P. 1983. Oxalic acid, cell wall degrading enzymes and pH in pathogenesis and their significance in the virulence of two *Sclerotinia sclerotiorum* isolates on sunflower. *Physiol Plant Pathol*. 22: 339-345.
- Marie-Magdeleine C., Hoste H., Mahieu M., Varo H. and Archimede H. 2010. *In vitro* effects of *Cucurbita moschata* seed extracts on *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol*, 161: 99-105.
- Marston A., Zagorski M.G., Hostettmann K. 1988. Antifungal Polyphenols from *Cordia goetzei* Gürke. *Helv. Chim.*, 71: 1210-1219.
- Martínez-de la Parte E., Trujillo M., Cantillo-Pérez T and García D. 2013. *First report of white mould of beans caused by Sclerotinia sclerotiorum in Cuba*. *New Disease Reports*. 27, p5.
- Mazid M., Khan T.A. and Mohammad F. 2011. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biol.Med.*, 3: 232-249.

- Mboussi S., Ambang Z., Ndogho P., Ngoh D J. and Manga E.F. 2016. In vitro antifungal potential of aqueous seeds extracts of *Azadirachta indica* and *Thevetia peruviana* against *Phytophthora megakarya* in Cameroon. *J. Appl. Life Sci. Int.*, 4 (4): 1-12.
- Mila A. L. and X. B. Yang. 2008. Effects of fluctuating soil temperature and water potential on sclerotia germination and apothecial production of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Dis.*, 92: 78-82.
- Mkindi A., Mpumi N., Tembo Y., Stevenson, P.C., Ndakidemi P.A., Mtei, K., Machunda R. and Belmain S.R. 2017. Invasive Weeds with Pesticidal Properties as Potential New Crops. *Industrial Crops and Products*.110 :113-122.
- Modgil R and Mehta U. 1997. Effects of infestation (*Callosobruchus chinensis* L.) of chick peas (Bengal gram) on biological utilization of proteins. *Nahrung*, (41):236-238.
- Modgil R., Mehta U and Singal S. K. 1993. Effect of oil treatments on the levels of antinutritional factors In *Callosobruchus chinensis* (L.) infested stored pulses, *Nahrung*, 37: pp 602-606
- Molinie A., Faucet V., Castegnaro M. and Pfohl-Leszkowicz A. 2005. Analysis of some breakfast cereals collected collected on the French market for their content in OTA, Citrinin and Fumonisin B1. Developpement of a new method for simultaneous extraction of OTA and Citrinin. *Food Chemistry*. 92 : pp 391-400.
- Moubitang V. 2010. *Évaluation de la tolérance de quelques variétés de manioc (Manihot esculentus Crantz) aux maladies des taches foliaires*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées. Université de Yaoundé I. 70 p.
- Moudingo EJ. 2007. *Situation of the forests in Cameroon*. Cameroon Wild life Society Conservation. 24 p.
- Muhammad Z., Sadia H., Komal R., Nasir R., Muhammad R., Zia-Ul-Haq M. and Vincenzo D. F. 2013. Antioxidant Potential and oil Composition of *Callistemon viminalis* Leaves. *Scientific World Journal*. 8p
- Munirat A. I., Mohammed S. J., Ademola M. H. and Parveen J. 2016. *Moringa oleifera* Seed Extract: A Review on Its Environmental Applications. *International Journal of Applied Environmental Sciences*. 11(6) : 1469-1486.
- Munyuli B. M. T. 2003. Effet de différentes poudres végétales sur l'infestation des semences de légumineuses et de céréales au cours de la conservation au Kivu, République Démocratique du Congo. *Cahiers Agricultures*, 12 (1): 23-31.

- Ndakidemi P.A. and Dakora F.D. 2003. Legume seed flavonoids and nitrogenous metabolites as signals and protectants in early seedling development. *Functional Plant Biology*. 30, 729- 745.
- Ngamo T. S. L. 2004. A la recherche d'une alternative aux polluants organiques persistants utilisés pour la protection des végétaux. *Phytopathological news bulletin*, n°43: 11-12.
- Ngatsi Z P., Ndong B., Mbiaton Y. M. N., Tize T., Nzongang A. S., Kutnjem D., Kuate T. W. N and Djieto L. C. 2020. Effect of extracts from seeds of *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum against cassava root scale *Stictococcus vayssierei* Richard (Hemiptera: Stictococcidae) in field. *International Journal of Biosciences*. 16(3): 536-547
- Ngho Dooh J. P., Essoh N. J., Mboussi B. S., Heu A., Tueguem K. N. W., Dieudonne A., Nguidjo O., Dongmo R., Fofe K., Tayo T. P. M., and Ambang Z. 2021. *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum. Potential Antifungal Agent Against *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, Fungi Responsible of Black Leaf Streak Disease (BLS) of Plantain (*Musa* spp). *Journal of Agricultural Studies*, 9(2): 364-390
- Ngho Dooh J.P. 2014. *Evaluation de l'effet des extraits de Thevetia peruviana (Pers.) K. Schum. Sur trois champignons phytopathogènes : Phytophthora megakarya Bras. Et Grif., Colletotrichum gloeosporioides f.sp. Manihotis et Mycosphaerella fijiensis Morelet.* Thèse Doctorat/Ph.D Université de Yaoundé 1, Cameroun. 204p.
- Ngueguim M., Mekontchou T., Fobasso M. and Nounamo L. 2011. Influence of time of planting on yield and grain quality of bean genotypes grown on an andosol in the Western Highlands of Cameroun. *Afr. Sci. J.*, 19(4): 247- 254.
- Nguyen X.H., Naing K.W., Lee Y.S., Moon J.H., Lee J.H. and Kim K.Y. 2014. Isolation and characteristics of protocatechuic acid from *Paenibacillus elgii* HOA73 against *Botrytis cinerea* on strawberry fruits. *Journal of Basic Microbiology*. 54 :1–10
- Njambere, E. N., Chen, W., Frate, C., Wu, B.-M., Temple, S. R., and Muehlbauer, F. J. 2008. Stem and crown rot of chickpea in California caused by *Sclerotinia trifoliorum*. *Plant Dis*. 92:917-922.
- Nyabyenda P. 2005. *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Généralités, Légumineuses alimentaires, Plantes à tubercules et racines, Céréales.* Presse agronomique Gembloux Agro bio Tech, Gembloux, 223 p.
- Nzongang A.S. 2019. *Valorisation des graines de Jatropha curcas comme bio-pesticide en utilisant le haricot (Phaseolus vulgaris L.) comme plante modèle.* Mémoire de Master II, Université de Yaoundé 1, 80p

- Odah B.K. 1995. *Impact du développement de Callosobruchus maculatus F. (Coleoptera : Bruchidae) sur les graines de trois variétés de Vigna unguiculata L. Walp.* Thèse de D.E.A., Univ. du Bénin, Lomé-Togo, 67p
- Ola S.M. A. 2016. *Effect of salicylic acid and its mixtures with three insecticides on some cotton insect pests.* Thesis of Master degree, Tanta University. 89p.
- Oliveira S P. A., Agra-Neto C. A., Pontual V. E., de Albuquerque Lima T., Vera Cruz C. K., de Melo R. K., Oliveira S. A., Coelho B.B.C.L., Ferreira A. R. A., Soares L.A.L., Napoleão H.T. and Paiva G.M.P. 2020. Evaluation of the insecticidal activity of *Moringa oleifera* seed extract and lectin (WSMoL) against *Sitophilus zeamais*. *Journal of Stored Products Research*, N°87. 8p.
- Ouedraogo I., Sawadogo A., CH. Nebie R. and Dakouo D. 2016. Evaluation de la toxicité des huiles essentielles de *Cymbopogon nardus* (L) et *Ocimum gratissimum* (L) contre *Sitophilus zeamais* Motsch et *Rhyzopertha dominica* F, les principaux insectes nuisibles au maïs en stockage. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 10(2): 695-705
- Palada M. C., and Chang L. C. 2003. Suggested cultural practices for Moringa. *AVRDC International Cooperators' Guide*. 5p
- Patterson, D. 1981. Effects of allelopathic chemicals on growth and physiological responses of soybean (*Glycine max*). *Weed Science*: 53-59
- Paul A. A., Southgate D. A. T. and Russell J. 1980. First supplement to McCance and Widdowson's the composition of foods: amino acids (mg per 100g food), fatty acids (g per 100g food). *Elsevier, Amsterdam, Netherlands*. 12p
- Peltier A.J., Bradley C.A. Chilvers D.K. Malvick D.S. and Mueller K.A. 2012. Biology yield loss and control of *Sclerotinia* Stem Rot of soybean. *J Integr Pest Manag*, 3(2):1-7.
- Péron J.Y. 2006. *Productions légumières 2ème édition*. Lavoisier. 389p.
- Peterson K. D. R. 2000. Public Perceptions of Agricultural Biotechnology and Pesticides: Recent Understandings and Implications for Risk Communication. *American entomologist*. Vol. 46, N° 1.
- Polèse J. M. 2006. *La culture des haricots et des pois*. Ed Artémis, (1ère édition). 95p.
- Polhill, R. 1982. *Crotalaria in Africa and Madagascar*. Rotterdam, Balkema. 389 p.
- Pollet A., DecJert C., Wiegandt W., Harkema J., and Van de E. 1987. *Les arthropodes ravageurs des cultures et des stocks des légumineuses à graines. Problèmes des anatoxines sur stocks d'arachide*. Contrat CCE- ORSTOM n° TSI-0179-F., 83p

- Purdy L.H. 1979. *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. *Phytopathology*. 69 : 875-880.
- Rakotomamonjy V. N. 2016. *Essais de traitement d'une eau de piscine en utilisant le résidu de graine de Moringa oleifera comme flocculant*. Mémoire de master, Université d'Antananarivo. 79p.
- Rania M.A., Nassar, Yasser M. Ahmed and Mohamed S. B. 2010. Botanical Studies on *Phaseolus vulgaris* L. I-Morphology of Vegetative and Reproductive Growth. *International Journal of Botany*. 6: 323-333
- Rasback. 2009. *Sclerotinia sclerotiorum* at *Phaseolus vulgaris*, sclerotienrot stamsperzieboon.jpg. Wikimedia Commons, la médiathèque libre.
- Regnault -Roger C., Hamroui A., Hotelman M., Theron E and Pineal R. 1993. Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Chem. Ecol.*, 19:1233-1244.
- Regnault-Roger C. 1997. The potential of botanical essential oils for insects pest control. *Integrated Management Pest Reviews.*, 2: 25-34.
- Rosales M.A., Ocampo E., Rodriguez-Valentin R., Olvera-Carrillo Y., Acosta-Gallegos J. et Covarrubias A.A. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant. Physiol. Biochem.*, 56: 24-34.
- Rubyogo J. C., and Nounamo L. 2013. *Contribution de la recherche à l'amélioration de la production et de la consommation des légumineuses alimentaires au Cameroun*. Mission 15-21 septembre 2013: Projet Irad, n°6. 32p
- Saharan, G.S. and Mehta N. 2008. *Sclerotinia* diseases of crop plants: Biology, ecology and disease management. *Springer Netherlands*. 58p
- Salim M M. 2011. *Evaluation de l'effet insecticide et de la persistance des huiles essentielles de Callistemon viminalis G Don, de Xylopia aethiopica Dunal et de Lippiache valieri Moldenke sur Callosobruchus maculatus Fabricius et Sitophilus zeamais Motchulsky, principaux ravageurs des stocks du niébé et du maïs*. Mémoire de Master II, Biologie Animale/Entomologie. Université Cheikh AntaDiop, Dakar, Sénégal. 35p.
- Sanjay S., Pankaj S., Satya P. M. and Ravi S. P. 2013. *Moringa oleifera* leaf extract as biostimulant for increasing pea yield. *Indian Forester*, 139 (6) : 562-563.

- Sanon A., Garba M., Auger I. and Huiganrd J. 2002. Analysis of insecticidal activity of methylisocyanate on *Callosobruehus maculatus*, and its parasitoid *Dimarmus basalis*. *J. Stored Prod. Res.*, 38:129-138.
- Satabie B. 1989. *Biosystematique et vicariance dans la flore Camerounaise : cas de quelques especes arborescentes ecophyletiques*. These doct. D'etat es-Sci. Nat. Univ. Yaounde. 299 p.
- Savkovic' U., Đorđević' M. and Stojkovic' B. 2019. Potential for *Acanthoscelides obtectus* to Adapt to New Hosts Seen in Laboratory Selection Experiments. *Insects*. 10, 153p
- Sawada H., Kuykendall L. D., et Young J. M. 2003. Changing concepts in the systematics of bacterial nitrogen-fixing legume symbionts. *The Journal of General and Applied Microbiology*. 49(3): 155–179.
- Schmale I., Wäckers F.L., Cardona C. and Dorn S. 2006. Biological control of the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) by the native parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: pteromalidae) on small-scale farms in Colombia. *Journal of Stored Products Research*, 42: 31-41.
- Seng. H.W., Zayed Z.M., Ahmad B. F. and Pang S. L. 2014. GC-MS analysis of phytochemical constituents in leaf extracts of neolamarckia cadamba (rubiaceae) from malaysia. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(9) :122-127
- Serpeille A. 1991. *La bruche du haricot : un combat facile !* (Ed. FNAMS, Paris). Bulletin Semences. 116: 32-34.
- Shah F.M., Razaq M., Ali A, Han P. and Chen J. 2017. *Comparative role of neem seed extract, Moringa leaf extract and imidacloprid in the management of wheat aphids in relation to yield losses in Pakistan*. Ed. Nicolas Desneux, Institut Sophia Agrobiotech, France. PLOS ONE.,12(9). 24p
- Shai L., Bizimenyera E., Bagla V., McGaw L. and Eloff J. 2010. *Curtisia dentate* (Cornaceae) leaf extracts and isolated compounds inhibit motility of parasitic and free-living nematodes. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 76: 249-256.
- Sherin M.M.Y.H. 2018. Insecticidal and biological effects of four plant oils on the cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2): 3111-3118.
- Shewry P.R., Buchanan B.B., Gruissem W and Jones R. L. 2000. Biochemistry & Molecular Biology of Plants. *Plant Growth Regulation*. 35: 105–106
- Silué S., Jacquemin J. M. and Baudoin J. P. 2011. Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *Phaseolus vulgaris* L. et deux plantes modèles

- Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. et *Zea mays* L. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 15(1):195-205
- Singh G., Padvay R.K., Narayanam C.S., Padmhurmeri K.P. and Rao G.P. 1993. Chemical and fungistatic investigation out the essential oil citrus. *Pers. Z. dentshe zeeits Halft fur Pflanzenfranken und flanzenschutz.* 100: 69-74.
- Singh P and Jakhmola S.S. 2011. Efficacy of botanical extracts on biological activities of pulse beetle *Callosobruchus maculatus* (Fab.) On green gram. *Trends in Biosciences.* 4 (1): 25-30.
- Singh P., Mishra G., Verma R, Kumar S, Srivastav S, Jha K. K. and Khosa R. L. 2011. Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: an overview. *Scholars Research Library.* 3(2):141-64.
- Sogan N., Kapoor N., Kala S., Patanjali PK., Nagpal BN., Vikram K and Valecha N. 2018. Larvicidal activity of castor oil Nanoemulsion against malaria vector *Anopheles culicifacies*. *International Journal of Mosquito Research,* 5(3) : 01-06
- Spichiger R., Savolainene V., Figeat M. and Jeanmonod D. 2002. Botanique systématique des plantes à fleurs. *Presses polytechniques et universitaires romandes.* 413p
- Stoeckli-Evans, H. 1979. Monocrotaline: a pyrrolizidine alkaloid. *Acta Crystallographica Section B: Structural Crystallography and Crystal Chemistry* .35: 231-234
- Stoll G. 1994. *Protection naturelle des végétaux en zone tropicale.* CTA AGRECOL, pp 95-99.
- Tahiliani and Kar A. 2000. Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats. *Pharmacological Research.* 41(3): 319-323.
- Taponjou L. A., Adler C., Bouda H. and Fontem D. A. 2003. Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chénopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab (Coléoptera, Bruchidae). *Cahier d'études et de recherches francophones. Agricultures.* 12(6) : 401-407.
- Tchoumakov E. E. and Zaharova J. J. 1990. *Influence statistique du développement des maladies.* In : *Domages causées par les maladies aux cultures agricoles.* Ed. Agronome, Mouscou. pp. 5-60.
- Tembo, Y. Mkindi, A. G. Mkenda P. A., Mpumi N., Mwanauta R., Stevenson P. C. and Belmain S. R. 2018. Pesticidal Plant Extracts Improve Yield and Reduce Insect Pests on Legume Crops Without Harming Beneficial Arthropods. *Frontiers in Plant Science.* 9p.

- Thanigaivel A., Vasantha-Srinivasan P., Senthil-Nathan S., Edwin E-S., Ponsankar, A., Chellappandian M and Kalaivani, K. 2017. Impact of *Terminalia chebula* Retz. against *Aedes aegypti* L. and non-target aquatic predatory insects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 137: 210–217.
- Tiwari p, Kumar B, Kaur M, Kaur G. and Kaur H. 2011. Phytochemical screening and extraction: A review. *International Pharmaceutica Scientia*. 1(1) : 98-106.
- Tsopmbeng G. R., Lienou J. A., Megaptche C. J. P. and Fontem D. A. 2014. Effet of pH and temperature levels on *in vitro* growth and sporulation of *Phytophthora colocasiae*, taro leaf blight pathogen. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 4(4): 202-206.
- Tyagi T. and Agarwal M. 2017. GC-MS analysis of invasive aquatic weed, *Pista Stratiotes* L. and *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*. 9(3):111.
- Valarmathy K., Gokulakrishnan M., Salma Kausar M and Kusum P. 2010. A study of antimicrobial activity of Éthanolic extracts of various plant leaves against selected microbial species. *International Journal of Pharma Sciences and Research (IJPSR)*. 1(8): 293-295.
- Wahedi J.A., David L.D., Edward A., Mshelmbula B.P. and Bullus A. 2013. Efficacy of seed powder and extracts of *Azadirachta indica* Linn. (Meliaceae) at graded levels on adult *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in nubi, north – eastern Nigeria. *International Journal of Science and Nature*. 4(1):138-141.
- Wan der burg H. 2004. *La production des semences à petite échelle avec l'amélioration des variétés de céréales et de légumineuses à graines*. Edwin Nuijiten, wageninger, pp. 6-83.
- Wang X. B., Li G. H., Zheng L. J., Ji K. Y., Lü H., Liu F. F., Dang L. Z., Mo M. H., and Zhang K.Q. 2009. Nematicidal Cardenolides from *Nerium indicum* Mill. *Chemistry & biodiversity*. 6: 431-436
- Wangungu C., Main M. and Mbaka J., 2011. Proposed assement scale for dieback déesease severity on passion fruit. *J. of Animal and Plant Sci*, 12(2): 1583-1589.
- Waterman P. G. and Mole S. 1989. Extrinsic factors influencing production of secondary metabolites in plants. *Insect-plant interactions*. 1:107-134.
- Westphal E., Embrechts J., Ferwerda J. D., Van Gils-Meeus H. A. E., Mustaers H. J. and Westphal-Wilbur., 1985. Asynopsis of *Jatropha*, subsection eucurcas, with the description of two new Species from Mexico. *J. Elisha Mitchell Sei. Soc.*, 70: 92-101

- Wichtl M. and Anton R. 2009. *Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*. Éd. Lavoisier, Paris: 38-41.
- Willetts H.J. and Wong J. A. L. 1980. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum* and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. *The Botanical Reviews*. 46: 101-165.
- Williams B., Kabbage M., Kim H.-J, Britt R. and Dickman M.B. 2011. Tipping the balance: *Sclerotinia sclerotiorum* secreted oxalic acid suppresses host defenses by manipulating the host redox environment. *PLoS Pathog.*, 7 (6). 10p
- Woguem V. 2017. *Etude des activités insecticide, antifongique, antioxydante, antiproliférative et caractérisation chimique des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques du Cameroun*. Thèse Doctorat, Dschang School of Sciences and Technology. 140p.
- Wooding W. M. 1973. The Split-Plot Design. *Journal of Quality Technology*. 5(1): 16–33.
- Wortmann C.S., 2006. *Phaseolus vulgaris* L. (common bean). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale). 455 p.
- Yang J., Miaomiao F., Chen J., Yongcai H. and Yongrui W. 2018. Maize OxalylCoA Decarboxylase1 Degrades Oxalate and Affects the Seed Metabolome and Nutritional Quality. *Plant Cell*. 48(1): 2447-2462.
- Yilmaz M. A. 2020. Simultaneous quantitative screening of 53 phytochemicals in 33 species of medicinal and aromatic plants: A detailed, robust and comprehensive LC–MS/MS method validation. *Industrial Crops and Products*. 149, 9 (3): 114-123.
- Yong-Hua Du. a. c., Jin-Liang Li.b., Ren-Yong J. a., Zhong-Qiong Y. a. d., Xu-Ting L. b., Cheng L.v. a., Gang Y. a., Li Zhang a. and Yu-Qun Zhang. 2009. Acaricidal activity of four fractions and octadecanoic acid-tetrahydrofuran-3,4-diyl ester isolated from chloroform extracts of neem (*Azadirachta indica*) oil against *Sarcoptes scabiei* var. *cuniculi* larvae *in vitro*. *Veterinary Parasitology*. 163(1-2) :175–178.
- Zakari A.H., 2003. *Effets de la qualité de semences sur la production de l'arachide au Sénégal*. Mémoire d'Ingénieur Agronome. ENSA. 59 p.
- Zechendorf B. 1994. What the public thinks about biotechnology. *Bio/Tech.*, 12 : 870-875.

ANNEXES

ANNEXES

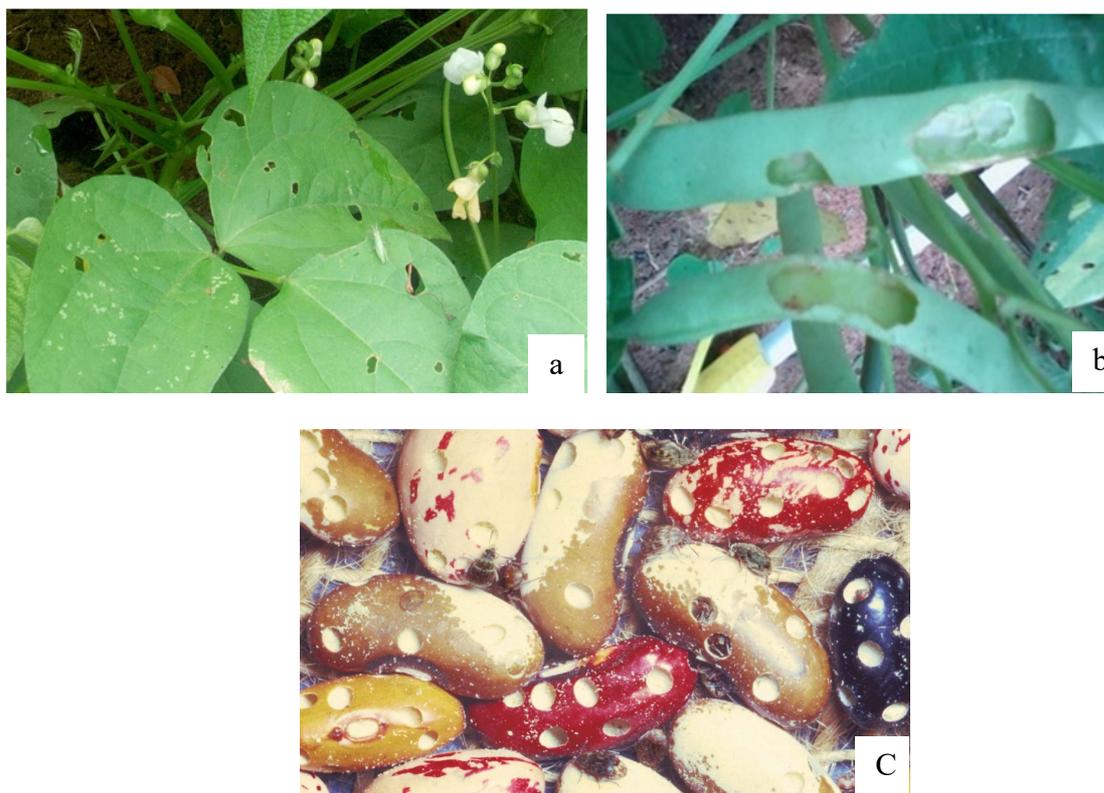
Annexe 1. Insectes phyllophages observés sur les feuilles de haricot commun



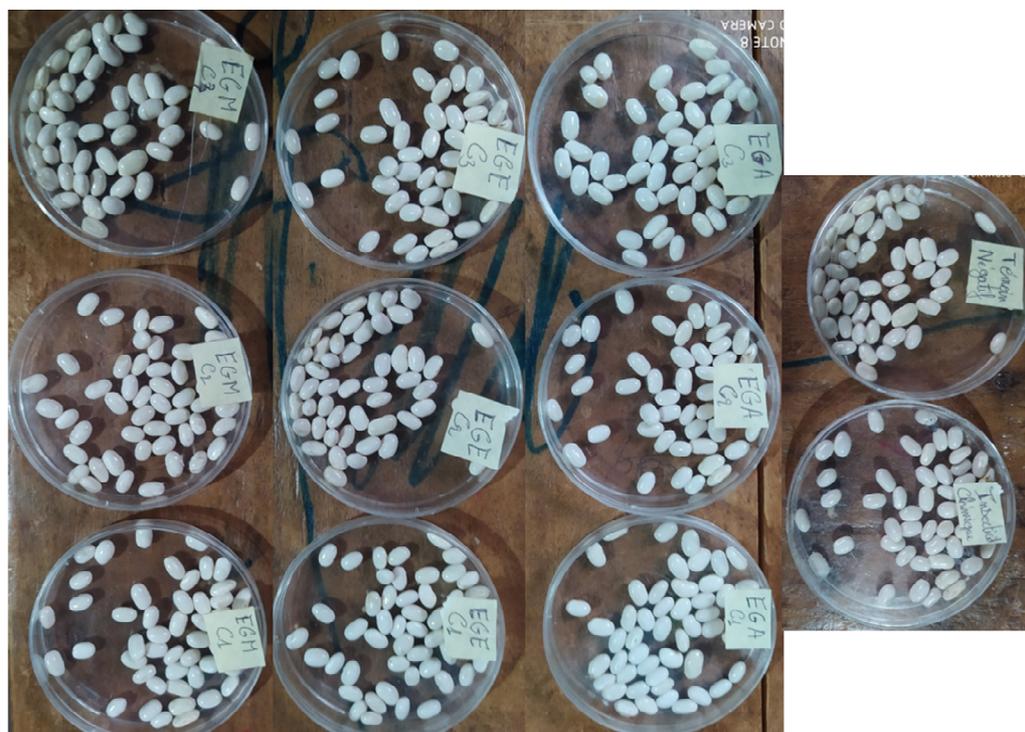
Annexe 2. Dégâts causés par *Sclerotinia sclerotiorum* sur le haricot commun en champ



Annexe 3. Dégâts causés par les insectes phytophages du haricot commun
(a) et (b) dégâts en champ ; (c) dégâts en stockage

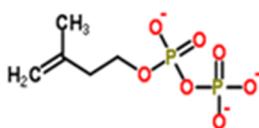
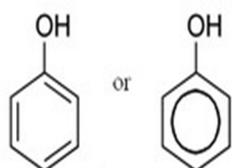


Annexe 4. Dispositif expérimental de l'essai in vivo des extraits de *Moringa oleifera* contre *Acanthoscelides obtectus*

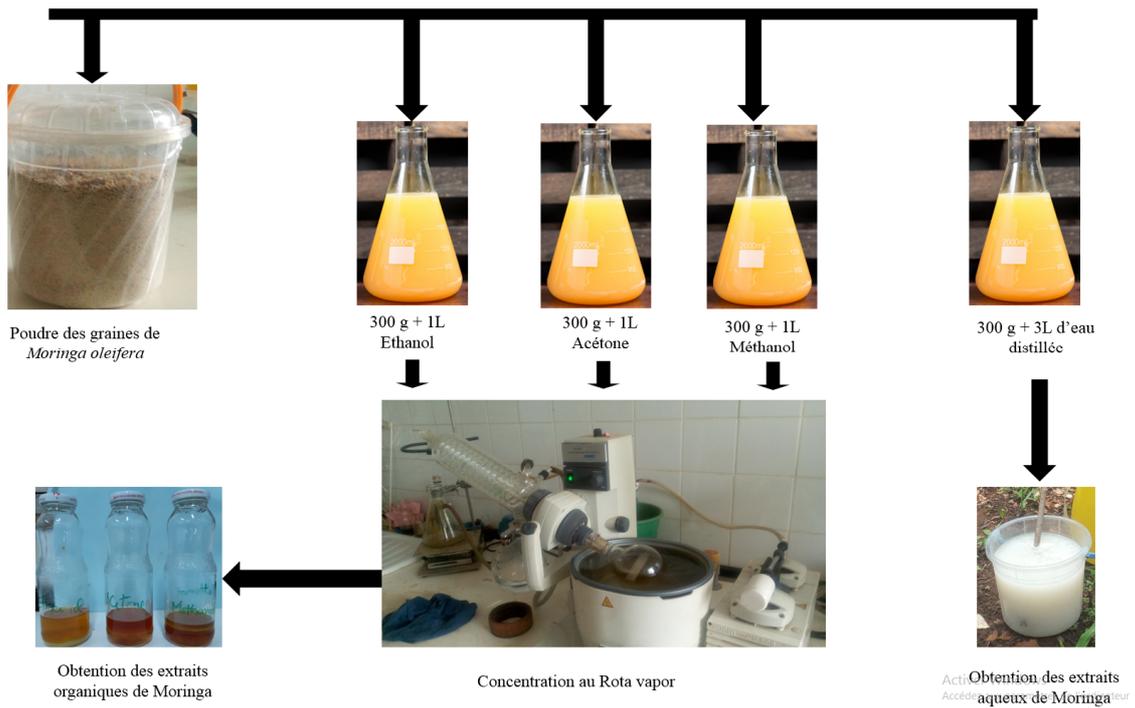


Annexe 5. Familles et sous-familles de métabolites secondaires

Famille	Sous-famille	Exemple
Composés phénoliques	phenols simples	Arbutin dans les Rosaceae et Ericaceae
	hydroxybenzoates	4-Hydroxybenzoate dans plusieurs familles
	Acetophenones	Picein dans <i>Picea abies</i>
	Phenyl acetates	4-Hydroxyphenylacetate dans <i>Taxacum officinale</i>
	Hydroxycinnamates	Chlorogénate dans les Solanaceae
	Phenylpropenes	Eugenol dans les huiles essentielles de plusieurs espèces
	Coumarines	Cichoriine dans <i>Cichorium intybus</i>
	Chromones	Eugenine dans <i>Eugenia aromatica</i>
	Naphthoquinones	Juglone dans les Juglandaceae
	Xanthones	Mangiférine dans <i>Mangifera indica</i>
	Stilbenes	Resveratrol dans <i>Eucalyptus</i>
	Anthraquinones	Emodine dans <i>Rheum palmatum</i>
	Flavonoides	Rutine et anthocyanines dans plusieurs familles
	Lignanes	Pinosésinol dans <i>Picea</i> et <i>Pinus</i>
	Biflavonoides	Amentoflavone dans les gymnospermes
	Catechol melanines	polymères de Naphtalène dans <i>Daldinia concentrica</i>
	Tannins hydrolysables	tannin chinois dans <i>Rhus semialata</i>
	Lignines	Lignines guaiacyl dans les gymnospermes
Tannins condensés	Tannins dans <i>Quercus robur</i>	
Composés azotés	Acides aminés non protéiques	acide L-azétidine-2-carboxylique dans les Liliaceae
	Amines	amines aliphatiques, putrescine, spermidine, tryptamine dans la plupart des plantes, cadaverines dans les Leguminosae
	Glycosides cyanogéniques	Linamarine, lotaustraline, lucumine dans plusieurs familles
	Glycosinolates	Glucobrassicine, sinalbine, sinigrine dans les dicotylédons
	Alcaloïdes	Cocaïne dans les Solanaceae, nicotine dans les différentes <i>Nicotiana</i> , ajmalicine, vincristine dans <i>Catharanthus roseus</i> , sanguinarine et berberine dans les Papaveraceae
Isoprenoides	Monoterpenoides	geraniol, menthol, iridoïdes (loganine, secologanine dans <i>Catharanthus roseus</i>)
	Sesquiterpenoides	Acide abscisique dans la plupart des plantes, lactones sesquiterpenoides
	Diterpenoides	Gibberellines dans toutes les plantes
	Triterpenoides	Phytosterols, saponines, cardenolides dans la plupart des plantes
	Carotenoides	β -carotène dans <i>Daucus carota</i> , prolycopène dans <i>Esculentum</i> , persicaxanthine dans <i>citrus</i>
	Polyterpenoides	Caoutchouc dans <i>Hevea brasiliensis</i>



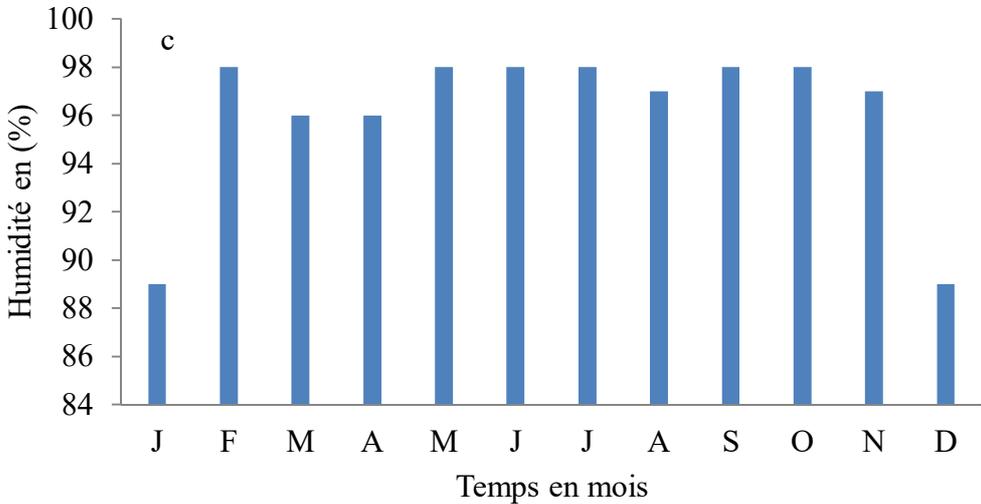
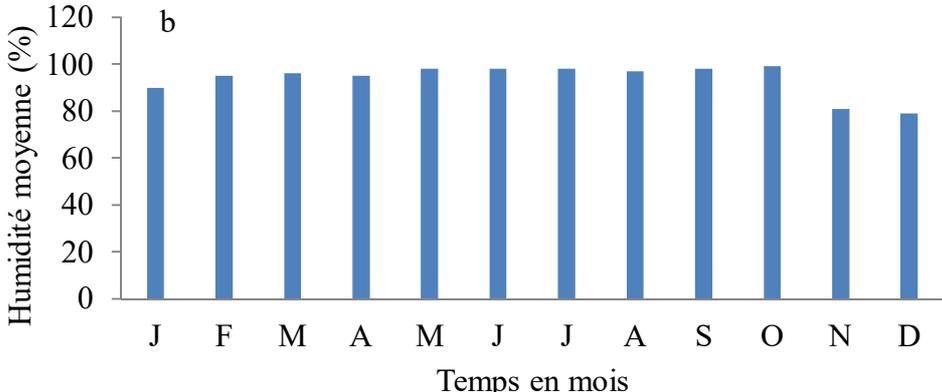
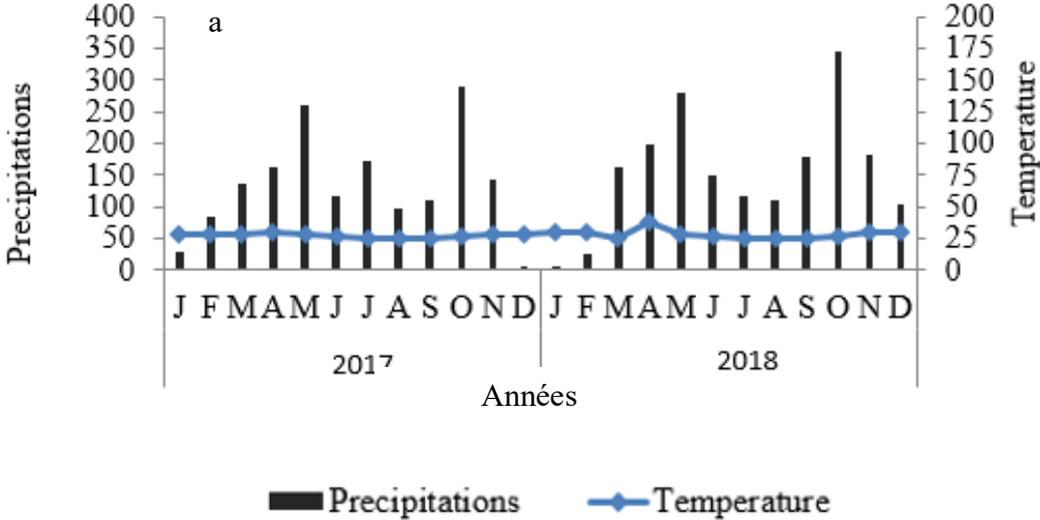
Annexe 6. Préparation des extraits des graines de *Moringa oleifera*



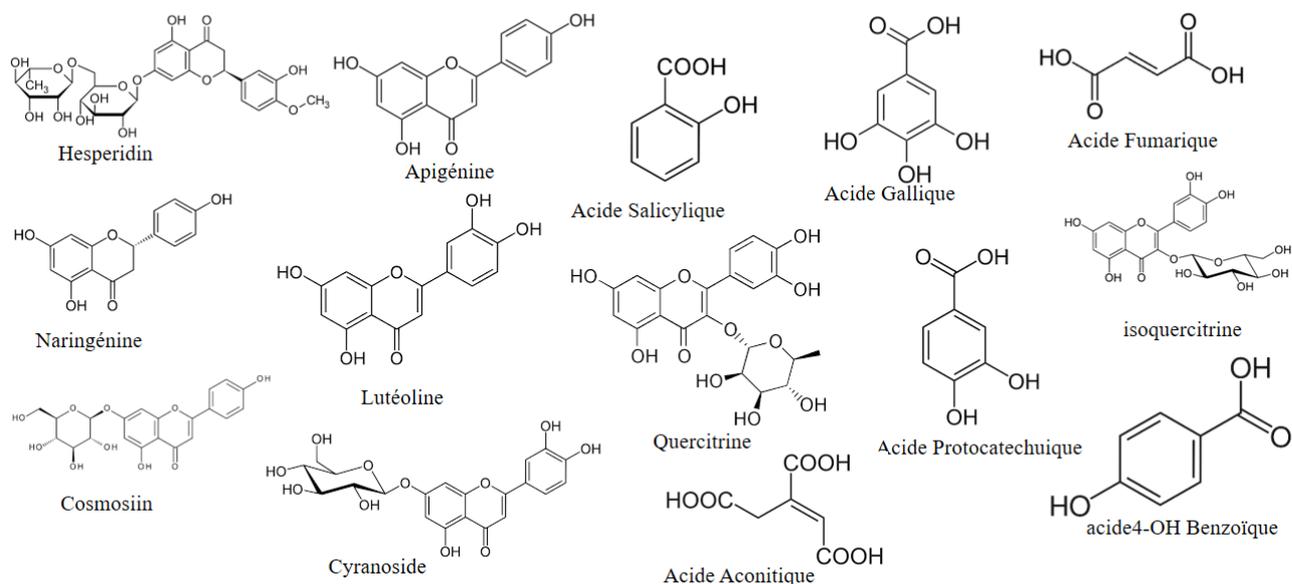
Annexe 7. Produits utilisés au laboratoire et en champ lors des essais *in vitro* et *in situ*



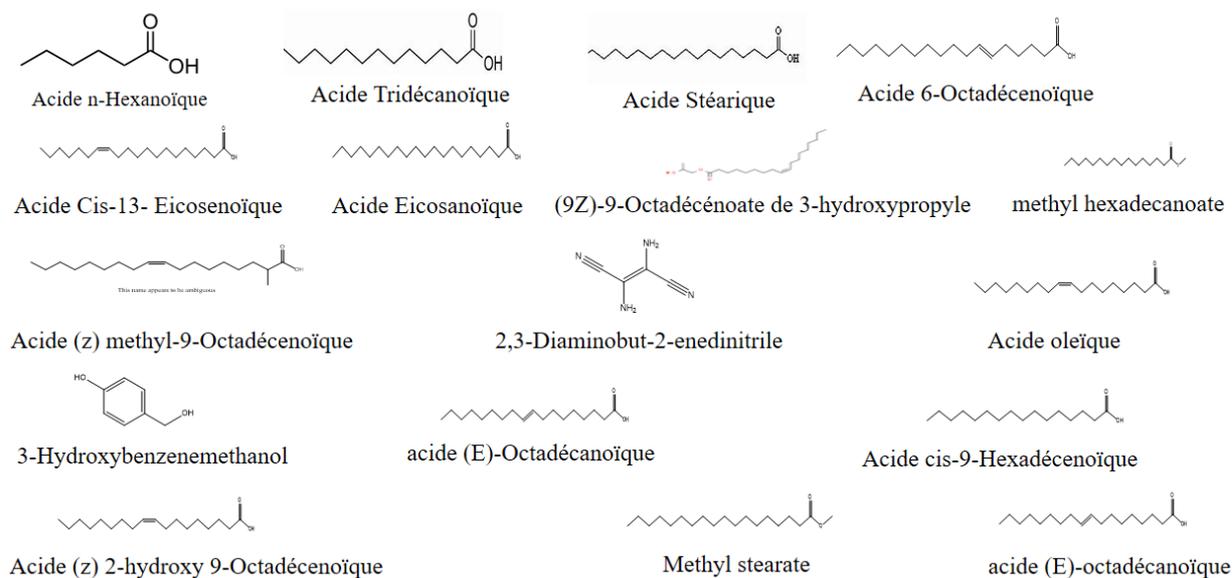
Annexe 8. Conditions climatiques durant l'expérimentation : a) Diagramme ombrothermiques ; b) Humidité moyenne dans la région du Centre en 2017 ; c) Humidité moyenne dans la région du Centre en 2018



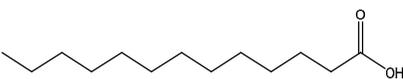
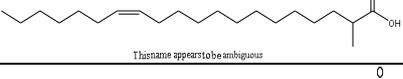
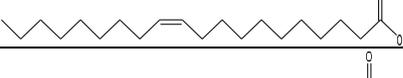
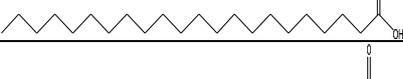
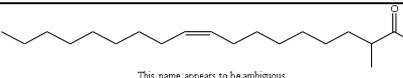
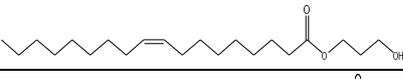
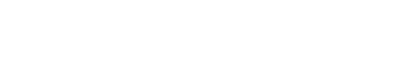
Annexe 9. Structure chimique de quelques composés obtenus par HPLC-MS des extraits et ayant une activité bio pesticide connue

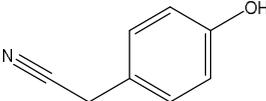
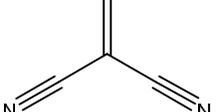
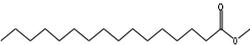
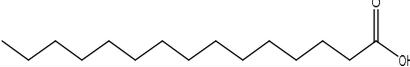
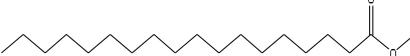
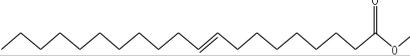
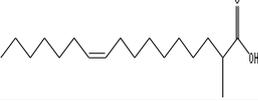
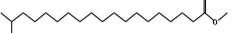
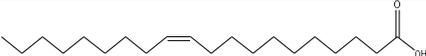
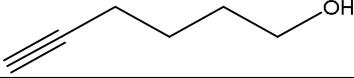
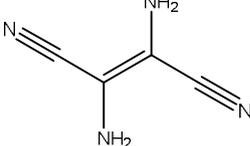
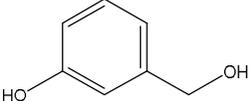
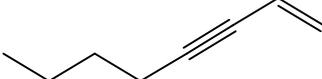
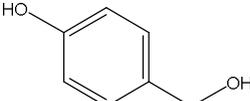
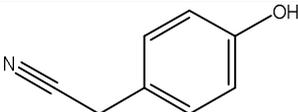
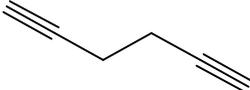
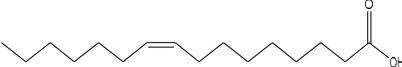
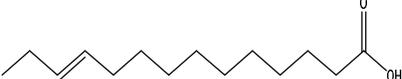


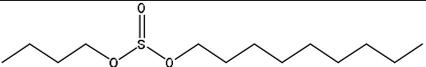
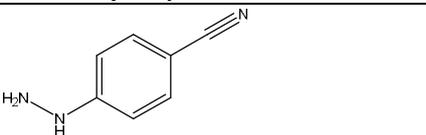
Annexe 10. Structure chimique de quelques composés obtenus par GC-MS et ayant une activité bio pesticide connue



Annexe 11 : Structure chimique des composés obtenus lors de la CG-MS

Nom de la molécule	Structure chimique de la molécule	Éthanol	Méthanol	Acétone	Aqueux
Acide n-Hexadécanoïque		X	X	X	X
Acide Tridécanoïque		X	X	X	X
Acide Octadécanoïque		X			X
Acide Cis-13- Eicosenoïque		X	X		
Acide Cis-13- Eicosenoïque, méthyle...	 <small>This name appears to be ambiguous</small>		X		
Acide Cis-11- Eicosenoïque		X	X		X
Acide Cis - Vaccenique		X	X	X	X
Acide (E)-Octadécanoïque		X	X		X
Acide 6-Octadécenoïque		X		X	
Acide Eicosanoïque		X			
Acide Nonadécanoïque, ethyl ester		X			
Acide Docosanoïque, ethyl ester		X			
Acide Docosanoïque					X
Acide Docosanoïque, methyl ester			X		
Ethyl 13-methyl-tetradecanoate		X			
9,17-Octadécadienal, (Z)-		X	X	X	
Cis-9-oxabicyclo (6.1.0) nonane		X	X	X	
Acide (z) methyl 9-Octadécenoïque	 <small>This name appears to be ambiguous</small>		X	X	
Acide oleïque, 3-hydroxy propyl ester		X			
Acide oleïque			X	X	

Acide méthyl ester, 10-octadécenoïque				X	
Cis-9-oxabicyclo (6.1.0) nonane	C ₈ H ₁₄ O		X	X	
4-hydroxybenzenacetonitrile			X		
Méthylène propanedinitrile			X		
Acide hexadécanoïque, methyl ester			X		
Acide pentadécanoïque			X		X
Méthyl stearate			X		
Méthyl 9-éicosénoate			X		
Acide cis-10-heptadécénoïque, methyl...			X		
18-méthylnonadécanoate			X		
Acide cis-11-éicosénoïque			X		
5-Hexyn-1-ol					X
2,3-diaminobut-2-enedinitrile					X
3-hydroxy-Benzenemethanol					X
1-octen-3-yne					X
4-hydroxy-Benzenemethanol					X
4-hydroxybenzeneacetonitrile					X
1,5-Hexadiyne					X
Acide cis-9-Hexadécénoïque					X
Acide E-11-tétradécénoïque					X

Acide E-9-tétradécénoïque					X
Acide trans-13-octadécénoïque					X
Acide cis-13-octadécénoïque					X
Acide sulfurique, butyl nonyl ester					X
4- hydrazinobenzonitrile					X
1-méthyl-1-indanol					X

PUBLICATIONS