

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

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

UNITE DE RECHERCHE EN SCIENCES DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE



UNIVERSITY OF YAOUNDE I

CENTRE FOR RESEARCH AND TRAINING
SCHOOL FOR LIFE SCIENCE, HEALTH AND
ENVIRONMENT

DOCTORATE TRAINING OF LIFE SCIENCE

DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY

LABORATOIRE DES SCIENCES ALIMENTAIRES ET METABOLISME
LABORATORY FOR FOOD SCIENCE AND METABOLISM

Valeurs nutritionnelles et potentiel santé de quelques
tubercules sous-valorisés du Cameroun: *Dioscorea*
schimperiana Hochst., *D. bulbifera* L., *D. burkilliana* J.

et *Coleus esculentus* (L.) Benth

THESE de Doctorat/PhD en Biochimie

Spécialité : Sciences des Aliments et Nutrition

Soutenue par :

KUAGNY MOUAFO Ronald Blaise

Matricule 08R0407

Membres du jury :



Président :	OBEN ENYONG Julius, Professeur	Université de Yaoundé I
Rapporteurs :	FOKOU Elie, Professeur	Université de Yaoundé I
	KANSCI Germain, Professeur	Université de Yaoundé I
Membres :	TCHIEGANG Clergé, Professeur	Université de Ngaoundéré
	TCHANA Angèle, Maître de Conférences	Université de Yaoundé I
	ACHU Mercy BIH, Maître de Conférences	Université de Yaoundé I

Année académique 2021-2022

UNIVERSITÉ DE YAOUNDE I

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

UNITE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES
DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE



Handwritten in blue ink:
Enzymologie
Professor
D. Paul DSC.P. ENI

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

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

RESEARCH AND DOCTORATE TRAINING
UNIT IN LIFE SCIENCES

DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY

ATTESTATION DE CORRECTION

Nous, membres du jury de Thèse de Doctorat/Ph.D en Biochimie, spécialité Sciences des Aliments et Nutrition, soutenue par Monsieur **KUAGNY MOUAFO Ronald Blaise** (Matricule **08R0407**) le Lundi 20 Décembre 2021 à 09 heures dans la salle de Conférences de l'annexe de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, sous le thème : « Valeurs nutritionnelles et potentiel santé de quelques tubercules sous-valorisés du Cameroun: *Dioscorea schimperiana* Hochst., *D. bulbifera* L., *D. burkilliana* J. et *Coleus esculentus* (N. E. Br.) », attestons que le candidat a effectué les corrections conformément aux exigences du jury.

En foi de quoi, la présente attestation lui est établie pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Yaoundé, le **05 JAN 2022**.....

Examineur

Handwritten signature in blue ink:
B. TCHANA A.
~~Handwritten signature~~
R. ACHÉ

Président du jury

Handwritten signature in blue ink:
J. Oben
Printed name in red ink:
Julius E. Oben Ph.d.
Professor

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

LISTE PROTOCOLAIRE

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 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) (38)

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3	FOKOU Elie	Professeur	En poste
4	KANSCI Germain	Professeur	En poste
5	MBACHAM FON Wilfried	Professeur	En poste
6	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	Chef de Département
7	NINTCHOM PENLAP V. épouse ENG	Professeur	En poste
8	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste

9	ACHU Merci BIH Loh	Maître de Conférences	En poste
10	ATOGHO Barbara Mma	Maître de Conférences	En poste
11	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12	BELINGA née NDOYE FOE M. C. F.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13	BOUDJEKO Thaddée	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIDJE NGOUNOUÉ Marcelline	Maître de Conférences	En poste
15	EFFA NNOMO Pierre	Maître de Conférences	En poste
16	EWANE Cécile Anne	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 NKOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste

23	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
24	BEBEE Fadimatou	Chargé 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	Chargé de Cours	En poste
28	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
29	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30	KOTUE KAPTUE Charles	Chargé de Cours	En poste
31	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
32	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargé de Cours	En poste
33	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargé de Cours	En poste
34	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
35	PECHANGO NSANGO Sylvain	Chargé de Cours	En poste

36	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistant	En poste
37	OWONA AYISSI Vincent Brice	Assistant	En poste
38	WILFRIED ANGIE Abia	Assistante	En poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (46)

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	DZEUFLET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
6	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>Vice Doyen/FMSB/UIYI</i>
7	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
8	KAMTCHOUING Pierre	Professeur	En poste
9	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	En poste
10	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
11	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
12	NOLA Moïse	Professeur	En poste
13	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
14	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service Coord.Progr./MINSANTE</i>
15	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	<i>En poste</i>

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	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
21	MONY Ruth épse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
22	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
23	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste

24	ALENE Désirée Chantal	Chargé de Cours	En poste
25	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
26	BELLET EDIMO Oscar Roger	Chargé de Cours	En poste
27	DONFACK Mireille	Chargé de Cours	En poste
28	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
29	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargé de Cours	En poste
30	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
31	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
32	MBENOUN MASSE Paul Serge	Chargé de Cours	En poste
33	MOUNGANG Luciane Marlyse	Chargé de Cours	En poste
34	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
35	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
36	NGUEMBOK	Chargé de Cours	En poste
37	NJUA Clarisse Yafi	Chargé de Cours	Chef Div. UBA
38	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargé de Cours	En poste
39	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
40	TAMSA ARFAO Antoine	Chargé de Cours	En poste
41	YEDE	Chargé de Cours	En poste

42	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Assistant	En poste
43	ESSAMA MBIDA Désirée Sandrine	Assistant	En poste
44	KOGA MANG DOBARA	Assistant	En poste
45	LEME BANOCK Lucie	Assistant	En poste
46	YOUNOUSSA LAME	Assistant	En poste

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (33)

1	AMBANG Zachée	Professeur	Chef Division/UYII
2	BELL Joseph Martin	Professeur	En poste
3	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4	MBOLO Marie	Professeur	En poste
5	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste

6	YOUMBI Emmanuel	Professeur	Chef de Département
7	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste

8	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
9	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
10	KENGNE NOUMSI Ives Magloire	Maître de Conférences	En poste
11	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
12	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	CT/ MINESUP
13	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	CE / MINRESI
14	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Maître de Conférences	En poste
15	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	En poste
16	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
17	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste

18	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
19	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste
20	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
21	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
22	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
23	NGOUO Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste
24	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
25	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
26	ONANA JEAN MICHEL	Chargé de Cours	En poste

27	GODSWILL NTSOMBAH NTSEFONG	Assistant	En poste
28	KABELONG BANAHOU Louis-Paul- Roger	Assistant	En poste
29	KONO Léon Dieudonné	Assistant	En poste
30	LIBALAH Moses BAKONCK	Assistant	En poste
31	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Assistant	En poste
32	TAEDOUNG Evariste Hermann	Assistant	En poste
33	TEMEGNE NONO Carine	Assistant	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (33)

1	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	DJOUFAC WOUMFO Emmanuel	Professeur	En poste
3	Florence UFI CHINJE épouse MELO	Professeur	<i>Recteur Univ.Ngaoundere</i>
4	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Miss.PR</i>

5	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
6	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
7	NDIKONTAR Maurice KOR	Professeur	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
8	NENWA Justin	Professeur	En poste
9	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS UDs</i>
10	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>

11	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
12	BABALE née DJAM DOUDOU	Maître de Conférences	<i>Chargée Mission P.R.</i>
13	EMADACK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
14	KAMGANG YOUNI Georges	Maître de Conférences	En poste
15	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
16	KONG SAKEO	Maître de Conférences	En poste
17	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	En poste
18	NJOMOU C. épouse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
19	NJOYA Dayirou	Maître de Conférences	En poste
20	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste

21	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	CS/ ENS Bertoua
22	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
23	KENNE DEDZO GUSTAVE	Chargé de Cours	En poste
24	KOUOTOU DAOUDA	Chargé de Cours	En poste
25	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
26	MBEY Jean Aime	Chargé de Cours	En poste
27	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
28	NEBA nee NDOSIRI Bridget NDOYE	Chargé de Cours	CT/ MINFEM
29	NYAMEN Linda Dyorisse	Chargé de Cours	En poste
30	PABOUDAM GBAMBIE A.	Chargé de Cours	En poste

31	NJANKWA NJABONG N. Eric	Assistant	En poste
32	PATOUOSSA ISSOFA	Assistant	En poste
33	SIEWE Jean Mermoz	Assistant	En Poste

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (34)

1	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen/FSE/UIYI
2	GHOLOMU TIH Robert Ralph	Professeur	Dir. IBAF/UDA
3	NGOUELA Silvére Augustin	Professeur	Chef de Département UDS
4	NYASSE Barthélemy	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	Vice-Doyen /
---	--------------------------	-----------------------	--------------

			DPSAA
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	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13	KEUMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
14	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
15	MBAZOA née DJAMA Céline	Maître de Conférences	En poste
16	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
17	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
18	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	Sous/Direct. MINERESI
19	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	C.E/ MINESUP
20	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	C.S/ MINESUP
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	TIH née NGO BILONG E. Anastasie	Maître de Conférences	En poste
26	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
27	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste

28	KAMTO Eutrophe Le Doux	Chargé de Cours	En poste
29	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
30	NGOMO Orléans	Chargé de Cours	En poste
31	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargé de Cours	En poste
32	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste

33	MESSI Angélique Nicolas	Assistant	En poste
34	TSEMEUGNE Joseph	Assistant	En poste

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

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	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	En poste
5	AMINOUE Halidou	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
6	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste

7	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
8	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
9	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
10	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
11	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
12	MOTO MPONG Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
13	OLLE OLLE Daniel Claude Delort	Chargé de Cours	Directeur adjoint Enset. Ebolowa
14	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
15	TINDO Gilbert	Chargé de Cours	En poste
16	TSOPZE Norbert	Chargé de Cours	En poste
17	WAKU KOUAMOU Jules	Chargé de Cours	En poste

18	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
19	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
20	HAMZA Adamou	Assistant	En poste
21	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Assistant	En poste
22	MAKEMBE S. Oswald	Assistant	En poste
23	MESSI NGUELE Thomas	Assistant	En poste
24	MEYEMDOU Nadège Sylvianne	Assistant	En poste
25	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (30)

1	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	Chef de Département
2	EMVUDU WONO Yves S.	Professeur	<i>Inspecteur MINESUP</i>

3	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
4	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
5	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
6	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
7	NKUIMI JUGNIA Célestin	Maître de Conférences	En poste
8	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>Chef service des programmes & Diplômes/FS/UII</i>
9	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	Directeur/AIMS Rwanda
10	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste

11	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	Chef Cellule MINPLAMAT
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	FOMEKONG Christophe	Chargé de Cours	En poste
16	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
17	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
18	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	En poste
19	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
20	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargé de Cours	En poste
21	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
22	TAKAM SOH Patrice	Chargé de Cours	En poste
23	TCHANGANG Roger Duclos	Chargé de Cours	En poste
24	TETSADJIO TCHILEPECK M. E.	Chargé de Cours	En poste
25	TIAYA TSAGUE N. Anne-Marie	Chargé de Cours	En poste
26	BITYE MVONDO Esther Claudine	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	TCHEUTIA Daniel Duviol	Assistant	En poste

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (18)

1	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>
3	NWAGA Dieudonné M.	Professeur	En poste

4	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
5	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
6	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
7	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste

8	BODA Maurice	Chargé de Cours	En poste
9	BOUGNOM Blaise Pascal	Chargé de Cours	En poste
10	ESSONO OBOUGOU Germain G.	Chargé de Cours	En poste
11	NJIKI BIKOÏ Jacky	Chargé de Cours	En poste
12	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	En poste
13	ESSONO Damien Marie	Assistant	En poste
14	LAMYE Glory MOH	Assistant	En poste
15	MEYIN A EBONG Solange	Assistant	En poste
16	NKOUDOU ZE Nardis	Assistant	En poste
17	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistant	En poste
18	TOBOLBAÏ Richard	Assistant	En poste

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (40)

1	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Professeur	En poste
3	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. UN</i>
4	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
5	KOFANE Timoléon Crépin	Professeur	En poste
6	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
7	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	En poste
8	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	Chef de Département
9	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
10	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
11	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
12	TABOD Charles TABOD	Professeur	Doyen FS Univ/Bda
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	DG/HYDRO Mekin
17	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
18	ENYEGUE A NYAM épse 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	MBANE BIOUELE César	Maître de Conférences	En poste
23	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
24	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
25	SAIDOU	Maître de Conférences	MINRESI
26	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
27	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
28	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
29	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>Directeur/ENS/UIYI</i>

30	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
31	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
32	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
33	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	Chef Cell. MINADER
34	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Chargé de Cours	En poste
35	MELI'I Joelle Larissa	Chargé de Cours	En poste
36	MVOGO ALAIN	Chargé de Cours	En poste
37	OBOUNOU Marcel	Chargé de Cours	DA/Univ Inter Etat/Sangmalima
38	WOULACHE Rosalie Laure	Chargé de Cours	En poste

39	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Assistant	En poste
----	-----------------------------------	-----------	----------

40	TEYOU NGOUPOU Ariel	Assistant	En poste
----	---------------------	-----------	----------

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

1	BITOM Dieudonné	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
2	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Professeur	En poste
3	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
4	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	Chef de Département
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	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
12	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	CD/Uma
13	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/ MINIMDT</i>
14	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
15	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
16	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
17	ONANA Vincent Laurent	Maître de Conférences	<i>Chef service Maintenance & du Matériel/UYII</i>
18	TCHAKOUNTE J. épouse NOUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef.cell / MINRESI</i>
19	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
20	TEMDJIM Robert	Maître de Conférences	En poste
21	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
22	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>

23	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
24	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
25	ELISE SABABA	Chargé de Cours	En poste
26	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
27	EYONG JOHN TAKEM	Chargé de Cours	En poste
28	FUH Calistus Gentry	Chargé de Cours	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
29	LAMILEN BILLA Daniel	Chargé de Cours	En poste
30	MBESSE CECILE OLIVE	Chargé de Cours	En poste
31	MBIDA YEM	Chargé de Cours	En poste
32	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33	MINYEM Dieudonné-Lucien	Chargé de Cours	<i>CD/Uma</i>
34	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargé de Cours	En poste
35	NGO BIDJECK Louise Marie	Chargé 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	TEMGA Jean Pierre	Chargé de Cours	En poste
41	FEUMBA Roger	Assistant	En poste
42	MBANGA NYOBE Jules	Assistant	En poste

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

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	8 (01)	14 (10)	13 (05)	3 (02)	38 (18)
BPA	15 (01)	8 (06)	18 (05)	05 (02)	46 (14)
BPV	07 (01)	10 (01)	9 (06)	07 (01)	33 (9)
CI	10 (01)	10 (02)	10 (02)	03 (0)	33 (5)
CO	6 (0)	21 (05)	05 (02)	02 (0)	34(7)
IN	2 (0)	1 (0)	14 (01)	08 (01)	25 (2)
MAT	2 (0)	8 (0)	15 (01)	05 (02)	30 (3)
MIB	3 (1)	4 (02)	05 (01)	06 (02)	18 (5)
PHY	15 (0)	14 (02)	09 (03)	02 (0)	40 (5)
ST	7 (1)	15 (01)	18 (05)	02 (0)	42(7)
Total	75 (5)	105 (29)	116 (31)	43 (10)	339 (75)

Soit un total de **339 (76)** dont :

- Professeurs **75 (6)**
- Maîtres de Conférences **105 (29)**
- Chargés de Cours **116 (31)**
- Assistants **43 (10)**

() = Nombre de Femmes

75

DÉDICACE

Par la grâce de Dieu tout puissant, j'ai pu réaliser ce travail qui me tient à cœur de dédier :

A ma maman chérie Mme MOUAFO née MATTOU Marie, à mon feu père M. MOUAFO Pierre Loti et à ma feu grand-mère MEGNE Rébecca.

REMERCIEMENTS

Le présent travail a été réalisé au Laboratoire de Sciences Alimentaires et Métabolisme (LabSAM) de l'Université de Yaoundé I (Cameroun) ; au Laboratoire de développement des Technologies Alimentaires du Centre de Recherche en Alimentation et Nutrition (CRAN) de l'Institut de Recherche Médical et Etude des Plantes Médicinales (IMPM) ; au Laboratoire National d'Analyses Diagnostiques des Produits et Intrants Agricoles (LNAD), Yaoundé-Cameroun et au Laboratoire de Nutrition et de Biochimie Nutritionnelle (LNBN). La réalisation de ce travail a nécessité la participation de nombreuses personnes auxquelles j'aimerais adresser mes sincères remerciements. Ils s'adressent :

Au Pr FOKOU Elie, coordonnateur du LabSAM de l'Université de Yaoundé I pour avoir coencadré ce travail. Je serai infiniment reconnaissant envers vous pour votre compréhension, vos conseils, vos orientations et encouragements. Votre rigueur et vos qualités scientifiques m'ont édifié et m'ont également permis de mener ce travail jusqu'à son terme. Trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude.

Au Pr KANSCI Germain, pour avoir accepté de coencadrer ce travail. Votre disponibilité, le suivi permanent de ce travail, votre rigueur, vos encouragements et votre esprit scientifique ont fait de moi un homme ouvert à la recherche. Je tiens également à vous remercier pour avoir contribué à l'achat des réactifs pour manipulations.

Au Dr MEDOUA NAMA Gabriel, Chef du CRAN qui n'a ménagé aucun effort pour mon admission au sein de son unité de recherche. Merci pour avoir mis à ma disposition les appareils et certains réactifs indispensables pour le dosage des macronutriments et minéraux.

A monsieur NYA Edouard, Chef du LNAD pour avoir mis à ma disposition les appareils et réactifs pour le dosage des minéraux. Merci pour les conseils et votre sens d'écoute.

Au Pr OBEN Julius ENYONG, Chef du LNBN pour avoir donné l'autorisation d'utiliser l'animalerie pour l'évaluation de l'index glycémique des tubercules sur les rats.

Au Chef du Département de Biochimie, le Pr MOUNDIPA FEWOU Paul et à tous les enseignants du Département pour l'encadrement et les enseignements reçus tout au long de ma formation.

Au Pr ACHU Mercy, pour les conseils, encouragements et votre esprit critique. Merci pour votre temps accordé pour l'amélioration du travail.

Au Dr SAHA Brice, qui m'a toujours tenu la main depuis mon admission au LabSAM. Merci pour les conseils, encouragements, efforts et sacrifices à nul autre pareil pour l'accomplissement de ce travail.

Aux Dr FEUMBA Romelle et Dr TCHUENCHIEU Alex, pour l'accueil au CRAN et l'aide lors des manipulations. Merci également à tous les membres du CRAN, en particulier papa Thomas et papa Nestor.

A M. Gazissou et Mme. EDNA pour m'avoir hébergé chez eux lors de l'enquête, respectivement dans les Régions de l'Adamaoua et du Nord-Ouest.

A maman GOTAME depuis Bandjoun pour la livraison de la quasi-totalité des échantillons venant de la Région de l'Ouest.

Aux Dr KOTUE Charles, Dr DJUIKWO Viviane, Dr MANANGA Marlyne, Dr BEBBE Fadimatou, Dr NGUEGWOUO Evelyne, Dr YADANG Germaine, Dr KAMDA Aristide, Dr FOGANG Aymar, Dr MIAFO Patrice, Dr TCHANGANG Claudia, Mme MBOUCHE Marceline, M. TCHINDA Bruno et Mlle MAPTOUOM Laure pour l'esprit d'équipe, les critiques et les encouragements.

A mes camarades de promotion Dr TCHINDA Cédric, Dr DJOUHOU Michelle, Dr TAKUISSU Guy, MAMBE Flora, YOUOVOP Janvier, KEUMOUE Rodrigue, LEUMENI Diane, NGUI Simon, SIMO Freddy, KEPGOP Lanvin et pour l'entraide et l'esprit d'équipe.

A mes cadets de laboratoire pour leur assistance morale et intellectuelle.

A ma fiancée YINMI Cécile Claire pour ses encouragements et l'aide inconditionnelle pour la finalisation de ce travail.

A la grande famille MOUAFO pour l'aide matérielle et financière inconditionnelles. Un merci particulier à mes sœurs et frères : MOUAFO Théophile, Armand, Carolle, Adeline, Merlin, Diane et Fabrice.

Merci aux familles FEUZE, KENMOGNE, FOMNOUO et MIAMTSIA pour leurs soutiens et conseils multiformes.

A tous ceux qui de près ou de loin ont œuvré à la réalisation de ce travail et dont les noms ne figurent pas ici, j'exprime toute ma gratitude.

Table des matières

LISTE PROTOCOLAIRE.....	ii
DÉDICACE.....	xiii
REMERCIEMENTS	xiv
RÉSUME.....	xxi
ABSTRACT	xxii
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES	xxiii
LISTE DES FIGURES	xxiv
LISTE DES TABLEAUX.....	xxvi
INTRODUCTION.....	1
Hypothèse générale.....	2
Objectif général	2
Hypothèses spécifiques et objectifs spécifiques	3
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	4
I.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TUBERCULES	4
I.1.1. Définition, caractéristique, classification et origine	4
I.1.2. Production des tubercules dans le monde.....	5
I.1.3. Production des tubercules en Afrique.....	6
I.1.4. Production des tubercules au Cameroun.....	6
I.1.5. Quelques données ethnobotaniques et ethnonutritionnelles sur les tubercules sous-valorisés du Cameroun.....	7
I.1.6. Conservation des tubercules	14
I.1.7. Modes de consommation des tubercules	16
I.1.8. Impact des modes de traitements technologiques des denrées en général sur les composés bioactifs	16
I.1.9. Contraintes liées à la production des tubercules sous-valorisés au Cameroun.....	18
I.2. COMPOSITION EN NUTRIMENTS, ANTINUTRIMENTS ET ANTIOXYDANTS DES TUBERCULES ÉTUDIÉS	19
I.2.1. Composition nutritionnelle des tubercules sous-valorisés étudiés	19
I.2.2. Tubercules et facteurs antinutritionnels.....	22
I.2.3. Composition en antioxydants des tubercules.....	26

I.3. Index glycémique des tubercules	34
I.3.1. Généralités sur l'index glycémique	34
I.3.2. Quelques méthodes de détermination de l'index glycémique (IG)	35
I.3.3. Index glycémique et diabète	36
I.3.4. Intérêt de la consommation des aliments à faible index glycémique	37
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES	38
II.1. Matériel d'étude	38
II.2. Schéma synoptique du travail	40
II.3. Méthodologie de l'enquête sur les tubercules sous-valorisés	42
II.3.1. Déroulement pré-enquête (sondage)	42
II.3.2. Déroulement de l'enquête	43
II.3.2.4. Enquête proprement dite	45
II.4. Traitement des échantillons	46
II.4.1. Transport et stockage des échantillons	46
II.4.2. Précuisson des échantillons sensibles au brunissement enzymatique	46
II.4.3. Séchage des échantillons	46
II.5. Evaluation des propriétés nutritionnelles des tubercules	48
II.5.1. Détermination des teneurs en eau	48
II.5.2. Détermination des teneurs en protéines	49
II.5.3. Détermination des teneurs en lipides totaux	51
II.5.4. Détermination des teneurs en fibres brutes	52
II.5.5. Détermination des teneurs en cendres totales	53
II.5.6. Détermination des teneurs en sucres solubles	54
II.5.7. Détermination des teneurs en glucides totaux	55
II.5.8. Détermination des teneurs en amidon	55
II.5.9. Détermination des teneurs en minéraux	55
II.6. Détermination des facteurs antinutritionnels des tubercules	62
II.6.1. Préparation des extraits de tubercules pour le dosage des tannins condensés	62
II.6.2. Détermination de la teneur en tannins	62
II.6.2. Détermination de la teneur en acide phytique	63
II.6.3. Détermination de la teneur en oxalates totaux	64
II.6.4. Détermination des teneurs en saponines	65
II.7. Analyse des composés phénoliques totaux et flavonoïdes	66

II.7.1. Préparation des extraits de tubercules pour le dosage des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes.....	66
II.7.2. Analyse des composés phénoliques totaux	66
II.7.2. Analyse des flavonoïdes.....	68
II.8. Détermination de l'activité antioxydante.....	69
II.8.1. Préparation des échantillons de tubercules pour le test de DPPH et FRAP.....	69
II.8.2. Test de DPPH.....	69
II.8.3. Test de FRAP (Ferric-reducing antioxidant power).....	70
II.9. Evaluation de l'index glycémique	72
II.10. Analyse statistique	74
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION	75
III.1. Distribution de <i>D. schimperiana</i> <i>D. bulbifera</i> <i>D. burkilliana</i> et <i>Coleus esculentus</i> au Cameroun.....	75
III.2. Attributs socio-anthropologiques de <i>D. schimperiana</i> <i>D. bulbifera</i> <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i>	77
III.2.1. Caractérisation de la population cible.....	77
III.2.2. Quelques paramètres pouvant influencer la consommation, la transformation, la production et les pertes <i>post-récoltes</i> des tubercules sous-valorisés.....	93
III.3. Teneurs en nutriments et en facteurs antinutritionnels.....	102
III.3.1. Teneurs en nutriments des tubercules crus et effet de la précuisson	102
III.3.2. Composition des tubercules en minéraux	109
III.3.3. Effets de la précuisson sur la teneur en facteurs antinutritionnels.....	117
III.4. Quelques composés bioactifs des tubercules sous-valorisés étudiés.....	122
III.4.1. Composés phénoliques totaux et flavonoïdes	122
III.4.2. Activités antioxydantes : FRAP et DPPH.....	125
III.4.3. Analyse en composante principale (ACP) entre les paramètres étudiés et les échantillons	130
III.4.4. Index glycémique.....	131
CONCLUSION	134
PERSPECTIVES.....	135
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	136
LISTE DES ANNEXES	a
PUBLICATION	b

RÉSUMÉ

Dans la stratégie nationale de sécurité alimentaire et de développement des tubercules, une priorité est accordée à certains tubercules dits majeurs, laissant en marge un groupe de tubercules sous-valorisés. La présente étude porte sur quatre espèces de tubercules en voie de disparition au Cameroun : *Dioscorea schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *Coleus esculentus*. Les connaissances sur leur distribution nationale et utilisation, quelques aspects de l'analyse bromatologique, de mesurer les capacités antioxydantes et glucogéniques en rapport avec leurs utilisations dans la gestion des maladies chroniques. La méthodologie est basée sur une enquête alimentaire en boule de neige de producteurs et de consommateurs de ces tubercules, suivie d'une analyse par des méthodes standards de la valeur nutritive, des facteurs antinutritionnels et quelques potentiels santé des échantillons collectés. Il en ressort que *D. bulbifera* se trouve dans 9 régions du Cameroun alors que *C. esculentus* se trouve principalement dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest. Ils sont le plus souvent consommés par des personnes souffrant de diabète. L'amidon (76 à 90 g /100g MS) est le déterminant majeur de la valeur énergétique (363 à 385 Kcal /100 g de MS). La présence des fibres (2 à 8 g /100g MS) serait favorable pour une utilisation diététique. Les minéraux les plus abondants sont le potassium (217,25 à 514,37 mg), le phosphore (83,23 à 215,32 mg), le magnésium (29,47 à 264,34 mg) et le calcium (14,27 à 63,22 mg/100g MS). Les antinutritionnels sont en quantités inférieures aux seuils de toxicité. Les composés phénoliques totaux (51 à 3664 mg EAG/100 g MS) parmi lesquels les flavonoïdes (77 à 11328 mg EC/100 g MS) expliquent leurs propriétés antioxydantes. L'index glycémique varie de 43 (*C. esculentus*) à 77 (*D. bulbifera*), faisant de *C. esculentus* le meilleur tubercule rare pour la prévention du diabète. Ces tubercules méritent d'être intégrés dans les programmes de développement des racines et tubercules pour contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire, à la prévention des maladies chroniques ainsi qu'à la préservation de la biodiversité.

Mots clés : Tubercules sous-valorisés – *Dioscorea sp* – *Coleus esculentus* – valeur nutritive – potentiel santé – maladies chroniques.

ABSTRACT

In the national food security and tuber development strategy, priority is given to certain tubers known as predominant tubers, leaving out another group called scarce tubers. The present study focuses on four endangered tuber varieties in Cameroon: *Dioscorea schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* and *Coleus esculentus*. The objective is to collect information on the knowledge of their national distribution and use, carrying out a bromatological analysis, measuring the antioxidant and glucogenic capacities in relationship to their use in the management of chronic diseases. The methodology is based on a food survey of a snowball sample of producers and consumers of these tubers, followed by standard methods of analysis of the nutritional value, anti-nutritional factors and some health potential of foods. It appears that *D. bulbifera* is found in 9 regions of Cameroon while *C. esculentus* is mainly found in West and NorthWest regions. They are most often consumed by people with diabetes. Starch (76 to 90 g / 100g DM) is the major determinant of the energy value (363 to 385 Kcal / 100 g DM). The presence of fibres (2 to 8 g / 100 g DM) is favourable for dietary use. The most abundant minerals are potassium (217.25 to 514.37 mg), phosphorus (83.23 to 215.32 mg), magnesium (29.47 to 264.34 mg) and calcium (14.27 to 63.22 mg / 100g DM). Antinutrients are in amounts below the toxicity thresholds. Total phenolic compounds (51 to 3664 mg GAE/100 g DM) among which flavonoids (77 to 11328 mg CE/100 g DM) explain their antioxidant properties. Glycemic index values ranged from 43 (*C. esculentus*) to 77 (*D. bulbifera*) making *C. esculentus* the best scarce tuber for the prevention of diabetes. These tubers deserve to be integrated into root and tuber development programs to contribute to the fight against food insecurity, the prevention of chronic diseases as well as the preservation of biodiversity.

Keywords: Scarce tubers –*Dioscorea sp* – *Coleus esculentus* – nutritional value – health potential - chronic diseases.

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

AFNOR	: Association Française de Normalisation
AJR	: Apport Journalier Recommandé
ANC	: Apport Nutritionnel Conseillé
AOAC	: <i>Association of Official Analytical Chemists</i>
CAG	: Capacité Antioxydante Globale
CRDI	: Centre de Recherche pour le Développement International
DPPH	: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
FANs	: Facteurs Antinutritionnels
FRAP	: <i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
IC₅₀	: Concentration Inhibitrice 50
IMPHOS	: Institut Mondial du Phosphate
LabSAM	: Laboratoire des Sciences Alimentaires et Métabolisme
MINADER	: Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale
Mt	: Millions de tonnes
PNDRT	: Programme National de Développement de Racine et Tubercule
ROS	: <i>Reactive Oxygen Species</i>
SOD	: Superoxyde Dismutase

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Quelques tubercules rencontrés au Cameroun (ECHO, 2014)	4
Figure 2: Production des ignames au Cameroun (MINADER/DESA, 2019).....	7
Figure 3: Plante et tubercule de <i>D. schimperiana</i> fraîchement récoltés.....	8
Figure 4: Plante et bulbilles de <i>D. bulbifera</i>	11
Figure 5: Plante et tubercules de <i>D. burkilliana</i>	12
Figure 6: Plante et tubercules de <i>C. esculentus</i> ou <i>P. esculentus</i>	13
Figure 7: Réaction générale des polyphénols oxydases	17
Figure 8 : Processus de dégradation des caroténoïdes (Rodriguez- Amaya, 2001)	18
Figure 9: Complexation des cations polyvalents et des protéines par l'acide phytique (Agranoff, 2009).....	23
Figure 10: Complexe oxalate-protéines (Sefa-Dedeh et Agyir-Sackey, 2004).....	24
Figure 11: Structure chimique d'une saponine triterpénoïde (Dauenpen et al., 2007)	25
Figure 12: Tannins hydrolysables (A) et non hydrolysable (B) (Tharayil et al., 2011).....	33
Figure 13: Courbes de glycémie obtenues après l'ingestion de glucose (A) et après l'ingestion d'un aliment à tester (B).....	35
Figure 14: Echantillons de <i>D. bulbifera</i> , <i>D. schimperiana</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i> ...	38
Figure 15: Schéma général du travail.....	40
Figure 16: Schéma général d'obtention des poudres de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i>	48
Figure 17: Réaction de l'ammoniac avec l'acétylacétone et le formaldéhyde en milieu aqueux	50
Figure 18 : Réaction entre l'ortho-phénanthroline et le fer ferreux en milieu acide.....	59
Figure 19: L'appareillage en spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme	60
Figure 20 : Réaction entre l'acide sulfosalicylique et le fer en milieu acide	63
Figure 21 : Réaction entre les groupements flavones et le chlorure d'aluminium en milieu basique.....	68
Figure 22: Réaction de réduction du radical de DPPH (Molyneux, 2004).	70
Figure 23 : Réaction entre les ions Fe^{2+} et le 2,4,6-tris(2 pyridyl)-s-triazine (TPTZ).....	71
Figure 24: Répartition géographique de quelques tubercules sous-valorisés du Cameroun.....	76
Figure 25: Répartitions des personnes enquêtées en fonction des tranches d'âges	78
Figure 26: Répartition des producteurs des tubercules sous-valorisés en fonction des Régions	81

Figure 27: Répartition des producteurs des quatre tubercules sous-valorisés.....	82
Figure 28 : Durée des semis et de récolte de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i>	84
Figure 29: Instruments de récolte des tubercules	85
Figure 30: Production en sacs des tubercules étudiés en fonction des Régions d'études	86
Figure 31: Procédés de conservation des tubercules étudiés en fonction des Régions	88
Figure 32: Durées de stockage et pertes post-récoltes des tubercules sous-valorisés	89
Figure 33: Procédé de transformation de <i>D. schimperiana</i> en cossette à l'Ouest.....	91
Figure 34: Arbre à problèmes du secteur des tubercules sous-valorisés	101
Figure 35: Classement des échantillons de la même espèce du moins important au plus important	129
Figure 36: Analyse en Composantes Principales des nutriments, des composés phytochimiques et l'activité antioxydante.....	131
Figure 37: Courbes de glycémie obtenues après l'ingestion de glucose et les aliments à tester	132

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Composition en nutriments de quelques tubercules sous-valorisés (teneurs en g/100g MS).....	20
Tableau 2: Principales classes des composés phénoliques.....	29
Tableau 3: Différentes classes des flavonoïdes (Sartori-Thiel, 2003; Hallgas et al., 2004)	31
Tableau 4: Lieu, coordonnées géographiques, période et stade de récolte des échantillons....	39
Tableau 5: Cadre d'étude et sites d'enquête.....	42
Tableau 6: Connaissance du nom vernaculaire, nom commun et raisons de consommation de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i>	80
Tableau 7: Réponse (%) sur la consommation de <i>D. schimperiana</i> en fonction de la Région	94
Tableau 8: Réponse (%) sur la consommation de <i>D. bulbifera</i> en fonction de la Région	95
Tableau 9: Réponse (%) sur la consommation de <i>D. burkilliana</i> en fonction de la Région	96
Tableau 10: Réponses (%) sur la consommation de <i>C. esculentus</i> en fonction de la Région..	96
Tableau 11: Réponses des raisons de consommation (%) des tubercules sous-valorisés	97
Tableau 12: Producteurs (%) des tubercules sous-valorisés par espèce et par Région	98
Tableau 13: Niveau de transformation des tubercules sous-valorisés dans les Régions d'études	99
Tableau 14: Composition proximale et valeurs énergétiques de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i> en g/100 g MS	103
Tableau 15: Composition en quelques macro et oligoéléments de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i> exprimée en mg ou en µg/100 g MS.....	110
Tableau 16: Teneurs en quelques antinutritionnels de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i> exprimées en mg/100 g MS.....	118
Tableau 17: Teneur en composés phénoliques et activités antioxydantes des extraits de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> et <i>C. esculentus</i>	123
Tableau 18: Index glycémique des tubercules de <i>D. schimperiana</i> , <i>D. bulbifera</i> , <i>D. burkilliana</i> , <i>D. dumetorum</i> , <i>I. batatas</i> et <i>C. esculentus</i>	133

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'Afrique régorge de nombreuses richesses sur le plan agricole pour nourrir sa population et contribuer à la demande internationale (Blein *et al.*, 2008). Les tubercules en font partie et sont très consommés sous des formes variées. Ils contribuent ainsi grandement à la sécurité alimentaire des populations des pays tels que la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Burkina Faso et le Nigeria (Zannou, 2006). Le volume de production des tubercules en Afrique était d'environ 866 000 000 de tonnes en 2017 (FAOSTAT, 2019). En 2018 au Cameroun, la production des tubercules était d'environ 8 618 933 de tonnes (MINADER/DESA, 2019) ; La part des ignames est passée de 602 228 tonnes en 2015 à 587 662 tonnes en 2018, soit une baisse de 2,4 % (MINADER/DESA, 2019). En effet, 8 espèces d'ignames sont cultivées au Cameroun et consommées sous plusieurs formes (bouillie, ragoût, rôtie, pilée et frite) (Dumont *et al.*, 1994). Ces tubercules revêtent une grande importance nutritionnelle et sanitaire, contribuant à la lutte contre la pauvreté, à la résolution du problème de l'insécurité alimentaire et la prévention des maladies non transmissibles (FAO, 2015 ; Fashina *et al.*, 2017). Quelques travaux scientifiques sur les ignames au Cameroun sont visibles dans la littérature. Medoua (2005) a travaillé sur les potentiels nutritionnel et technologique de *Dioscorea dumetorum* qui est un tubercule conventionnel. D'autres auteurs tels que Tchiègang et Ngueto (2009) ont analysé *D. schimperiana* provenant de trois villages de l'Ouest-Cameroun. Leng *et al.* (2011) ont travaillé sur *D. schimperiana* collecté dans un marché de Bafoussam. Les travaux de Gouado *et al.* (2003) ont montré que les tubercules du genre *Coleus* sont beaucoup plus consommés et appréciés par les personnes âgées. Les résultats obtenus témoignent pour la plupart de la richesse de ces tubercules en glucides, fibres ainsi que des teneurs non négligeables en protéines et en composés phénoliques pour certains d'entre eux. Cependant, dans la stratégie nationale de sécurité alimentaire et de développement des tubercules, une priorité est accordée à certains tubercules dits majeurs à

l'instar du manioc (FAO, 2015) laissant en marge un groupe de tubercules dits sous-exploités en voie de disparition ; il s'agit de *D. schimperiana* et *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* qui ont fait l'objet de très peu de travaux. Leur répartition géographique n'est pas clairement établie, aucun auteur n'ayant établi la distribution de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* au Cameroun depuis le début du 21^e siècle. De nombreux travaux se sont limités à l'analyse des macronutriments d'échantillons localisés. Des études ont démontré l'utilisation de certains composants dans la commande des maladies (Lobo *et al.*, 2010). La consommation des tubercules, comme celle des fruits et légumes pouvant concourir à la réduction des risques de développement de ces maladies en raison de leur richesse en certains composés bioactifs (Pandey et Rizvi, 2009). Il serait important d'établir le lien entre la consommation de ces tubercules sous-valorisés et les maladies chroniques telle que le diabète. Des travaux supplémentaires semblent ainsi indispensables pour emmener les informations à un niveau suffisant pour plaider en faveur d'une priorisation des tubercules sous-valorisés dans la stratégie nationale de sécurité alimentaire. C'est pourquoi dans la présente étude il est question d'apporter des connaissances scientifiques nouvelles sur ces tubercules sous-valorisés dans l'intérêt du contrôle alimentaire des maladies non infectieuses chroniques et de la conservation de la biodiversité des ressources locales.

Hypothèse générale

D. schimperiana, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* possèdent un potentiel nutritionnel et santé favorable à leur valorisation alimentaire.

Objectif général

Contribuer à la valorisation nutritionnelle de quelques tubercules sous-valorisés du Cameroun en vue d'une meilleure compréhension de leurs apports dans la lutte contre les maladies chroniques.

Hypothèses spécifiques et objectifs spécifiques

Hypothèse spécifique 1 : Les tubercules sous-valorisés étudiés sont en voie de disparition alors qu'ils possèdent un potentiel santé ;

Objectif spécifique 1 : Etablir la distribution de quatre tubercules sous-valorisés au Cameroun tout en recherchant les raisons de leur consommation et de leur disparition ;

Hypothèse spécifique 2 : Les tubercules étudiés sont riches en nutriments d'intérêt pour la sécurité alimentaire des populations;

Objectif spécifique 2 : Déterminer quelques paramètres nutritionnels et antinutritionnels de ces tubercules ;

Hypothèse spécifique 3 : Les tubercules étudiés ont des composés bioactifs qui plaident en faveur de leur utilisation dans le régime des personnes atteintes des maladies chroniques.

Objectif spécifique 3 : Evaluer quelques potentiels santé (activités antioxydantes et index glycémique) de ces tubercules.

CHAPITRE I :
REVUE DE LA LITTÉRATURE

I.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TUBERCULES

I.1.1. Définition, caractéristique, classification et origine

Les tubercules sont des plantes amylacées cultivées pour leurs organes de réserve souterraine et sont plus ou moins interchangeables entre eux, en culture ou dans l'alimentation. Les tubercules présentent des caractéristiques différentes : le manioc (arbuste), l'igname (liane grimpante), la patate douce (liane rampante), la pomme de terre et le taro/macabo (plantes herbacées). Ces tubercules ont aussi des organes de réserve souterrains de différents types : il s'agit des racines pour le manioc et la patate douce, des tubercules pour l'igname et des cornes ou cormelles pour le taro/macabo (Bell *et al.*, 2000 ; Champagne, 2010). Quelques tubercules sont présentés dans la figure 1.



Igname



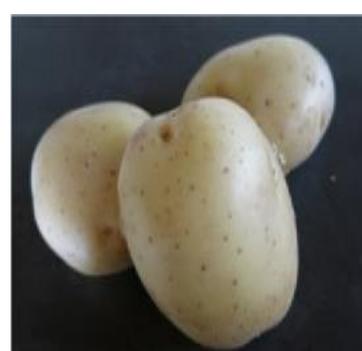
Manioc



Macabo/taro



Patate douce



Pomme de terre

Figure 1: Quelques tubercules rencontrés au Cameroun (ECHO, 2014)

La durée de production, la taille ainsi que le mode de stockage du tubercule varient en fonction de la variété. De manière générale, la durée de production des tubercules peut aller de 2 à 8 mois, celle de l'igname en particulier va de 6 à 8 mois avec une hauteur des lianes de certaines variétés pouvant aller de 1 à 1,5 m (ECHO, 2014).

Malgré des traits communs comme leur multiplication végétative et leur culture annuelle, les principaux tubercules appartiennent à des familles botaniques distinctes. Il existe entre autres : *Euphorbiaceae* pour le manioc, *Convolvulaceae* pour la patate douce, *Araceae* pour le taro et le macabo et *Dioscoreaceae* pour les ignames (Bell *et al.*, 2000 ; Champagne, 2010). La taxonomie des ignames est la suivante (Treche et Guion, 1979) :

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Ordre : *Dioscoreale*

Genre : *Dioscorea*

I.1.2. Production des tubercules dans le monde

Le taux de production des tubercules varie d'un pays à l'autre et d'un tubercule à l'autre (Trèche, 1996). Il est important de préciser que les tubercules sont produits suivant un système végétatif et parfois sexué. Pour ce qui est de l'igname, elle est produite de façon sexuée par des semences et de façon végétative par des tubercules aériens et souterrains (ECHO, 2014 ; FAO, 2010). Par contre, la production mondiale d'igname n'était que de 51,7 millions de tonnes en 2008 (Dumont *et al.*, 2010). Les principales zones de production sont l'Amérique du Sud (Brésil et Colombie principalement), l'Asie du Sud Est (Philippines et

Japon), le Portugal qui est l'unique producteur européen, les îles caribéennes de Cuba, Haïti et la Jamaïque (FAO, 2010).

I.1.3. Production des tubercules en Afrique

Les principaux tubercules produits en Afrique sont constitués du manioc, de la patate douce, de la pomme de terre et de l'igname. Parmi ces plantes à racines et tubercules, l'igname (*Dioscorea spp.*), avec une production de 71 millions de tonnes en 2017 (FAOSTAT, 2019). Le Nigeria est, de loin, le premier pays producteur d'igname au monde, avec plus de 48 millions de tonnes, soit plus de 70% de la production mondiale, évaluée à 73Mt en 2017 (FAOSTAT, 2019).

I.1.4. Production des tubercules au Cameroun

La production des tubercules s'élève à environ 8 618 933 de tonnes par an pour une superficie de 985 718 hectares. D'après le MINADER/DESA, en 2018, le manioc est le tubercule le plus produit au Cameroun avec 5 317 834 tonnes sur une superficie de 561 242 hectares par an, suivi du macabo/taro. L'igname vient en 3^{ème} position avec 587 662 tonnes sur une superficie de 65 367 hectares par an (MINADER/DESA, 2019). Géographiquement, l'igname est largement distribuée et peut avoir une importance économique notable (Dumont *et al.*, 2010).

Les ignames sont produites dans toutes les Régions du Cameroun excepté l'Extrême-Nord. Le Centre est la Région qui produit le plus d'ignames (figure 2). Ces ignames, encore appelée *Dioscorea sp* regroupent au moins 600 espèces. On retrouve huit espèces d'ignames produites et consommées au Cameroun (Leng *et al.*, 2011). Cependant, certaines espèces se font de plus en plus rares sur le marché et même dans les champs de culture camerounais. Il s'agit entre autres de *D. schimperiana*, *D. bulbifera* et *D. burkilliana* (Sanful et Engmann,

2016 ; Tchiègang et Ngueto, 2009). Un autre tubercule peu connu et moins répandu que les précédents a également été identifié ; il s'agit de *Coleus esculentus*.

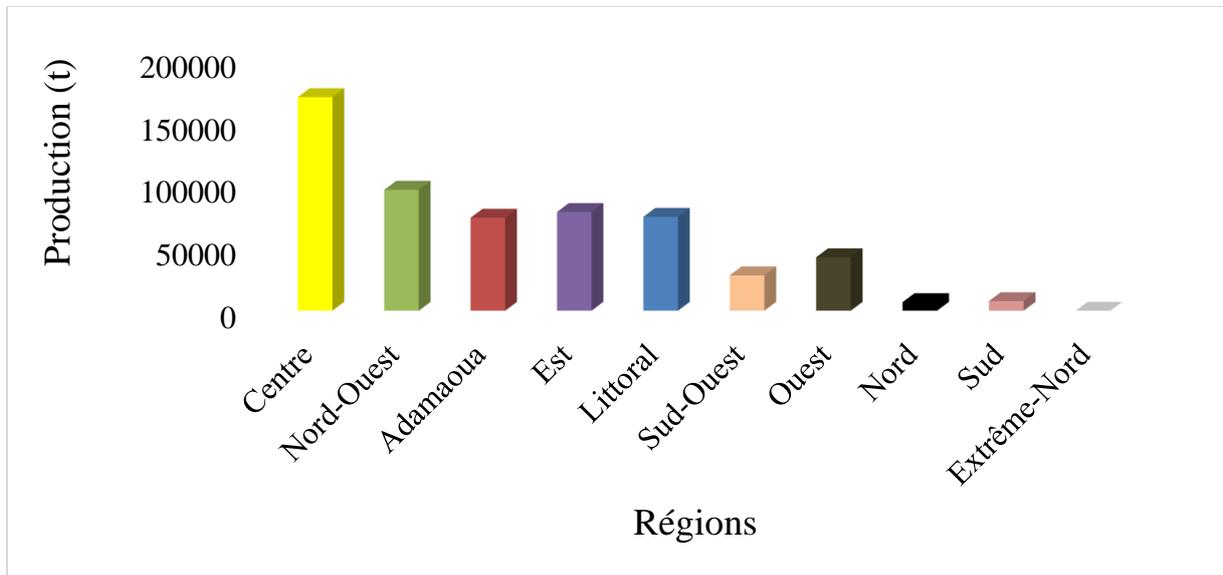


Figure 2: Production des ignames au Cameroun (MINADER/DESA, 2019).

I.1.5. Quelques données ethnobotaniques et ethnonutritionnelles sur les tubercules sous-valorisés du Cameroun

Certains tubercules sous-valorisés au Cameroun ont déjà fait l'objet des études botaniques. Les références botaniques sont empruntées à la classification de Miège (1958) établie au moment de la publication de « *FLORA of West Tropical Africa* » (Dumont *et al.*, 1994). Les tubercules sous-valorisés appartiennent au type sauvage ou cultivé. *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* feront l'objet de nos études.

I.1.5.1. *Dioscorea schimperiana* Hochst.

D. schimperiana est encore appelé "chimpanze yam" à cause des nombreux poils qui hérissent le tubercule (figure 3) et de la forme en pied de singe de certaines variétés (Bell, 1981). *D. schimperiana* se distingue par ses feuilles de couleur vert clair sur la surface supérieure et couverte d'un indumentum blanc nacré à la face inférieure (Dumont *et al.*,

1994). C'est une espèce d'igname de longueur variable et caractérisée par de longs poils sur la peau. Cette igname se rencontre dans les tribus bamilékes où elle est connue sous le nom de "nlen" en Bapa (Dumont *et al.*, 1994). D'après Jacques-Felix (1947), il existe également une forme à pilosité rousse dans la Région de l'Adamaoua et on la rencontre à Tcholiré, en pays Doupa et dans une faille rocheuse du col de Hoy. Il existe en trois variétés : jaune, rouge et jaune tachetée de rouge (rouge orangé) en fonction de la couleur de la pulpe (Tchongouang, 2007). Cette pigmentation serait due aux caroténoïdes, provitamines A contenus dans cette espèce (constituant majeurs) (Bieng, 2005).



Figure 3: Plante et tubercule de *D. schimperiana* fraîchement récoltés

Au vu du problème de carence en vitamine A grandissant au Cameroun, l'igname *D. schimperiana* de par sa teneur en provitamine A permettrait de contribuer dans la lutte contre la carence en vitamine A (Tchongouang, 2007). Toutefois, sa forte teneur en eau limite son utilisation de façon permanente. Pour pallier à cela, le séchage est la méthode traditionnelle de conservation la plus utilisée. Cependant, le séchage accélère l'oxydation des caroténoïdes entraînant ainsi sa destruction. Le blanchiment apparaît alors comme un prétraitement capable de limiter l'oxydation du β -carotène par inactivation des oxydases. Le blanchiment à eau permet en plus une gélatinisation de l'amidon. Ceci peut être bénéfique pour la réduction des pertes en vitamines en particulier les β -carotènes (Leng *et al.*, 2011).

D. schimperiana est riche en protéines, calcium, cuivre et zinc (Tchongouang, 2007). Dumont *et al.* (1994) révèlent que dans le passé une certaine importance était accordée à *D. schimperiana* en Afrique, mais aujourd'hui, elle subsiste de façon irrégulière dans l'agriculture de subsistance. Dans le passé, elle était cultivée dans plusieurs régions du Cameroun mais maintenant, son aire de culture se limite à la Région de l'Ouest et du Nord-Ouest. De ce fait, *D. schimperiana* est considérée comme une espèce en voie de disparition au Cameroun malgré son fort potentiel nutritionnel (Tchiègang et Ngueto, 2009). Ce fort potentiel justifie le besoin d'une valorisation et d'un développement, pas seulement pour le besoin local mais également pour l'amélioration du statut nutritionnel des populations et pour la sécurité alimentaire en générale (Leng *et al.*, 2011).

La taxonomie de *D. schimperiana* est la suivante (Treche et Guion, 1979) :

Embranchement : Spermaphytes
Sous embranchement : Angiospermes
Classe : Monocotylédones
Ordre : *Dioscoreale*
Genre : *Dioscorea*
Espèce : *schimperiana*

I.1.4.2. *Dioscorea bulbifera* L.

D. bulbifera est encore appelé igname aérienne (figure 4), c'est une plante robuste grimpante native de l'Afrique de l'Ouest (Hamon *et al.*, 1995). Vigne herbacée vrille et torsadée, avec des tubercules souterrains petits ou absents. Feuilles longues pétiolées, alternes, fleurs rares (en Floride), petites, odorantes, mâles et femelles émergeant de l'aisselle des feuilles de plantes distinctes. Le fruit est une capsule ; les graines sont partiellement ailées (Wagner *et al.*, 1999). *D. bulbifera* est largement distribué en Asie et en Afrique à l'état

sauvage et largement naturalisé ailleurs dans les Régions tropicales et subtropicales, y compris l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud (Overholt *et al.*, 2003). Au Cameroun et en Côte d'ivoire, *D. bulbifera* existe sous deux variétés (sauvages et cultivées) et est cultivé pour leurs bulbils qui sont consommés une fois cuit comme des pommes de terre dans l'eau. L'igname aérienne est une igname impopulaire parmi les espèces d'ignames comestibles (Jacques *et al.*, 2016). *D. bulbifera* L. var *sativa* communément appelé "tom mekepah" dans la division de Bapa, se développe à l'état sauvage et a les tubercules et les bulbils amers (Murray *et al.*, 1984 cités par Mbiancha, 2011). Les feuilles et les tubercules d'igname sont utilisés pour traiter une grande variété de maux. En effet, *D. bulbifera* est l'une des plantes médicinales uniques parmi les 600 espèces de la famille Dioscoreaceae qui a trouvé son importance dans la médecine traditionnelle à travers le monde (Bajaj, 1999). Elle est utilisée pour traiter les plaies, l'enflure, les hémorroïdes, les maux de gorge, la lèpre et les tumeurs (Czarapata, 2005). Elle a également des propriétés anti-diabétiques (Okon et Ofeni, 2013). Au Cameroun, elle est utilisée pour le traitement des abcès, des furoncles et des infections de plaies (Mbiancha *et al.*, 2011). D'autre part, une étude faite en Côte d'ivoire montre que *D. bulbifera* présente une forte teneur en matière sèche, matière organique, hydrate de carbone, une grande valeur énergétique ($79.86 \pm 0.09\%$ MS) et une grande teneur en potassium (847 mg/100g) d'où son intérêt dans l'utilisation en diététique humaine (Jacques *et al.*, 2016). Cependant, Cette espèce d'igname est consommée par un petit nombre de communauté et est généralement sous utilisée pour plusieurs raisons (Igyor *et al.*, 2004). Ceci inclus qu'ayant un goût amer après les analyses sensorielles sur d'autres espèces d'ignames, elle est mal connue. De plus, les travaux n'ont pas été faits pour suggérer l'utilisation par laquelle cela peut être soumis (Sanful et Engmann, 2016). Des investigations sur la qualité nutritionnelle et autres qualités de l'igname aérienne sont donc essentielles pour une meilleure valorisation.



Figure 4: Plante et bulbilles de *D. bulbifera*

La taxonomie de *Dioscorea bulbifera* est la suivante (Treche et Guion, 1979) :

Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Monocotylédones
Ordre :	<i>Dioscoreale</i>
Genre :	<i>Dioscorea</i>
Espèce :	<i>bulbifera</i>

I.1.4.3. *Dioscorea burkilliana* J.

Certaines ignames forestières sont vraisemblablement les ancêtres des variétés cultivées, telle la forme spontanée de *D. burkilliana* (figure 5), dont les formes cultivées ont gardé le plateau ligneux pérenne avec un développement annuel des parties comestibles relativement volumineuses. De nombreux auteurs qui ignorent l'espèce *D. burkilliana* identifiée par Miège (1958) parlent de « formes sauvages de *Dioscorea cayenensis* ». Des études biochimiques sur la phylogénie des variétés d'ignames africaines cultivées apportent de nouveaux arguments en faveur du caractère ancestral des espèces forestières (Terauchi *et al.*, 1992). Les espèces spontanées de forêt constituent donc un vaste réservoir de gènes, base de caractères utiles qui devraient pouvoir être transférés dans les variétés améliorées. Il existe,

chez les ignames, une grande variabilité génétique. Les modes de croissance des nombreuses espèces peuvent différer, aussi bien au niveau de l'appareil aérien, avec une tige pérenne très ramifiée ou une tige annuelle dont le degré de ramification est variable qu'au niveau de l'appareil souterrain, avec un tubercule qui s'accroît périodiquement et peut atteindre une grande taille ou un tubercule à remplacement annuel. Plusieurs espèces spontanées forestières sont des polyploïdes naturels (ce qui n'est jamais le cas des ignames spontanées de savanes). Parmi ces formes à longue durée de vie, certaines pourraient être testées dans les systèmes agroforestiers régionaux et contribuer au développement à long terme des régions tropicales (Hladik et Dounias, 1996).



Figure 5: Plante et tubercules de *D. burkilliana*

La taxonomie de *Dioscorea burkilliana* est la suivante (Treche et Guion, 1979) :

Embranchement : Spermaphytes
Sous embranchement : Angiospermes
Classe : Monocotylédones
Ordre : *Dioscoreale*
Genre : *Dioscorea*
Espèce : *burkilliana*

I.1.4.4. *Coleus esculentus* ou *Plectranthus esculentus* (N.E.Br.)

Plectranthus esculentus a longtemps porté le taxon de *Coleus dazo* ou celui de *Coleus esculentus* (figure 6). Il est classifié dans la famille Lamiaceae (Allemann *et al.*, 2003). Cette plante est classée parmi celles cultivées constituant l'héritage initial des populations Bantous qui se sont répandues à partir de leur habitat d'origine (sans doute au centre du Cameroun ou un peu plus à l'ouest, vers l'est du Nigéria) vers la plus grande partie de l'Afrique au sud de l'équateur (Philippon et Bahuchet, sous presse). Plante pérenne à port érigé, *Plectranthus* présente des tiges herbacées devenant subligneuses en fin de végétation (70 à 90 cm). Le *P. esculentus* produit les organes souterrains comestibles et épaissis à la base de la tige. Dans le sauvage, les pièces aériennes meurent pendant la période d'hiver tandis que les organes tubéreux demeurent dans la terre et servent pour la recroissance dans la saison suivante. Son cycle de vie est très semblable à celui de la pomme de terre. Les organes comestibles peuvent l'un ou l'autre être moissonnés et stockés pour la consommation postérieure (Dalziel, 1937). Les tubercules de *P. esculentus* diffèrent des tubercules de pomme de terre dans le sens qu'ils sont directement attachés à la tige de la plante mère.



Figure 6: Plante et tubercules de *C. esculentus* ou *P. esculentus*

Les africains se nourrissent de *P. esculentus* il y a plusieurs années (Allemann *et al.*, 2003). Cependant, l'utilisation la plus fréquemment citée des espèces *Plectranthus* est pour

leurs propriétés médicinales, ce qui représente plus de 85 % de toutes les utilisations (Rivera et Obon, 1992). Près de 21 espèces de *plectranthus* permettent de traiter les troubles du système digestif. Parmi ces espèces, *P. esculentus* intervient dans le traitement des douleurs d'estomac, des nausées, diarrhées, des infections de la bouche et de la gorge et est aussi utilisé comme purgatif et antihelminthique en Afrique du Sud et de l'Est (Lukhoba *et al.*, 2006 ; Allemann *et al.*, 2004).

I.1.6. Conservation des tubercules

Sans précautions spéciales et dans les conditions environnementales de l'Afrique tropicale, la moitié de la récolte peut déjà être perdue au bout d'une semaine à un mois si les tubercules ne sont pas bien conservés. La conservation se fait de plusieurs façons et en fonction des exigences du tubercule (Bell *et al.*, 2000 ; PNDRT, 2006). Les tubercules ne se conservent pas longtemps à l'état frais. Il existe donc certaines techniques permettant de prolonger la durée de stockage : les techniques de conservation traditionnelle à l'état frais ainsi que les techniques de conservation sous formes transformées (Bell *et al.*, 2000).

❖ Conservation à l'état frais

La conservation au champ consiste à laisser le tubercule au champ après maturation afin de le consommer plus tard. Ce stockage pose des problèmes en saison sèche en raison des attaques d'insectes. Tant que durent les pluies, les attaques sont en effet peu importantes. Cette conservation a pour facteur limitatif les attaques de charançons, qui déposent leurs œufs sur le collet des tiges (PNDRT, 2006 ; Bell *et al.*, 2000).

Dans le cas particulier de l'igname, les tubercules se conservent en creusant des trous d'un mètre environ, recouvert de pailles ou de feuilles sèches de bananiers. On y dispose les tubercules avec précaution de manière à éviter les lésions qui pourraient affecter leur

conservation (Bell, 1981). Cependant, cette méthode entraîne des pertes considérables dues à l'absence d'aération favorisant les pourritures et au manque de possibilité de suivi de l'état des tubercules.

Une fois récoltés, on peut conserver les tubercules d'igname dans un lieu sec et sombre, frais et bien aéré (paniers) tout en enlevant de temps en temps ceux qui commencent à pourrir ou en arrachant les jeunes pousses qui se développent. Néanmoins, les pertes causées par le bourgeonnement et la décomposition physiologique sont importantes, de sorte qu'un stockage au-delà de 2 mois n'est pas recommandé (Bell, 1981 ; Bell *et al.*, 2000).

❖ **Conservation sous formes transformées : cossettes**

Dans le cas de la patate, on coupe les tubercules en rondelles, on les fait bouillir légèrement et on les sèche au soleil avant de les ensacher pour le stockage. Ces rondelles, qui se consomment ensuite sous forme de chips, peuvent être également servies après une seconde ébullition. La patate peut se conserver ainsi pendant 4 à 6 mois (Bell *et al.*, 2000).

Dans le cas de l'igname, sa conservation se fait sous forme de cossettes (PNDRT, 2006 ; Attaie *et al.*, 1998). En effet, les tubercules sont épluchés, découpés ou non en morceaux, puis cuits à l'eau et enfin séchés au soleil (Ayina, 1988). Divers produits végétaux sont parfois ajoutés à l'eau de cuisson afin d'éviter le noircissement de la surface des tubercules lors de leur exposition au soleil et de limiter les attaques d'insectes au cours du stockage, Ce qui confère alors une coloration rougeâtre aux cossettes et rose à brun clair à la farine qui résulte de leur mouture (Dumont, 1995). Cette transformation de l'igname en cossettes donne un produit intermédiaire stable, plus facile à conserver (pendant plusieurs mois voire un an) que les tubercules frais (Attaie *et al.*, 1998). Avant consommation, les cossettes sont concassées puis moulues en farine (Dumont, 1995).

I.1.7. Modes de consommation des tubercules

Les tubercules sont consommés sous plusieurs formes : bouillie, braisé, frits ou pilés (ECHO, 2014 ; Bell *et al.*, 2000).

Dans le cas de l'igname, elle peut être frite en morceaux ou sous forme de beignet. En effet, le tubercule écrasé est mélangé avec du beurre, de la farine, des œufs et de la levure ; la pâte est ensuite pétrie et laissée reposer 30 minutes puis découpée en boulettes et frite dans de l'huile (Attaie *et al.*, 1998).

Les morceaux de tubercules épluchés sont parfois étuvés, séchés (cossettes ou elubo), puis moulus pour produire une farine qui est ensuite reconstituée en pâte épaisse (amala) destinée à la consommation : c'est le cas de l'igname (Nteranya et Adiel, 2015).

I.1.8. Impact des modes de traitements technologiques des denrées en général sur les composés bioactifs

Les aliments sont généralement consommés après avoir subi une transformation technologique et/ou un traitement de cuisson de type ménager. Le blanchiment, la cuisson, le stockage et le séchage des aliments sont des pratiques couramment utilisées (Cheynier, 2005). Les conséquences de ces traitements sur les composés bioactifs dépendent de certaines de leurs caractéristiques physiques et chimiques intrinsèques : C'est le cas par exemple des composés phénoliques qui ont des propriétés utiles à la préservation de la santé (Ukom *et al.*, 2014).

Les polyphénols sont des espèces très instables qui subissent de nombreuses réactions au cours de la transformation (cuisson, blanchiment) et le stockage des aliments. Ces changements ont des effets importants sur la qualité des aliments (Cheynier, 2005). Les réactions faisant intervenir les composés phénoliques dans la transformation des aliments et le stockage incluent des procédés biochimiques et chimiques. Le processus biochimique le plus

important est l'oxydation enzymatique, qui commence dès que l'intégrité de la cellule est cassée, l'enzyme principale est la polyphénoloxydase (Cheynier, 2005). L'oxydation des composés phénoliques alimentaires peut être également catalysée par d'autres types d'enzymes, telles que des estérases, glycosidases, décarboxylases et peroxydases (Cheynier, 2005 ; Shahidi et Naczk, 2006). La polyphénoloxydase (PPO) est un terme qui rassemble le groupe d'enzymes qui catalysent la réaction de brunissement enzymatique pour produire une coloration brune sur les surfaces des fruits minimalement transformés (Dris et Jain, 2004). Elle est principalement responsable de la détérioration de ces derniers car elle catalyse l'oxydation des phénols en quinones très actifs (figure 7). Les quinones formées s'oxydent à leur tour, sans faire appel à des enzymes particulières, et se polymérisent en donnant des composés bruns qui sont responsables du brunissement superficiel ou profond apparaissant en diverses circonstances (épluchage, découpage, broyage, etc.). Ces réactions peuvent provoquer des changements dans les caractéristiques physiques, chimiques et nutritionnelles des aliments (Shahidi et Naczk, 2006).

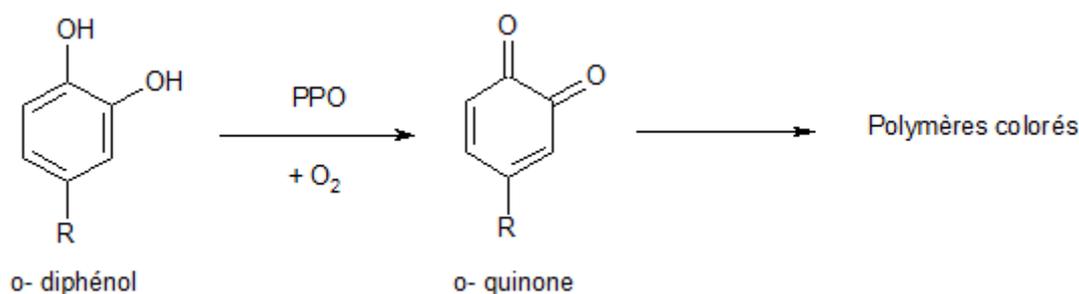


Figure 7: Réaction générale des polyphénols oxydases

Le séchage au soleil est une méthode traditionnelle facile, utilisée pour prolonger la durée de conservation des aliments dans les régions pauvres, mais l'exposition à l'air et à la lumière du soleil conduit particulièrement à la destruction des caroténoïdes (Britton et Khachik, 2009). Le processus de dégradation des caroténoïdes est indiqué dans la figure 8. Les conditions rencontrées pendant le stockage peuvent entraîner une plus grande exposition à

l'air, et donc provoquer des pertes plus importantes qui sont causées par la cuisson (Britton et Khachik, 2009). Les caroténoïdes sont très sensibles à l'exposition prolongée à l'air, à la lumière et aux différentes températures de stockage après la récolte (Bauernfeind *et al.*, 1981). La perte de caroténoïdes augmente avec le temps de traitement. Les méthodes sévères de cuisson à des températures supérieures à 150°C, conduisent à des grandes pertes (Britton et Khachik, 2009).

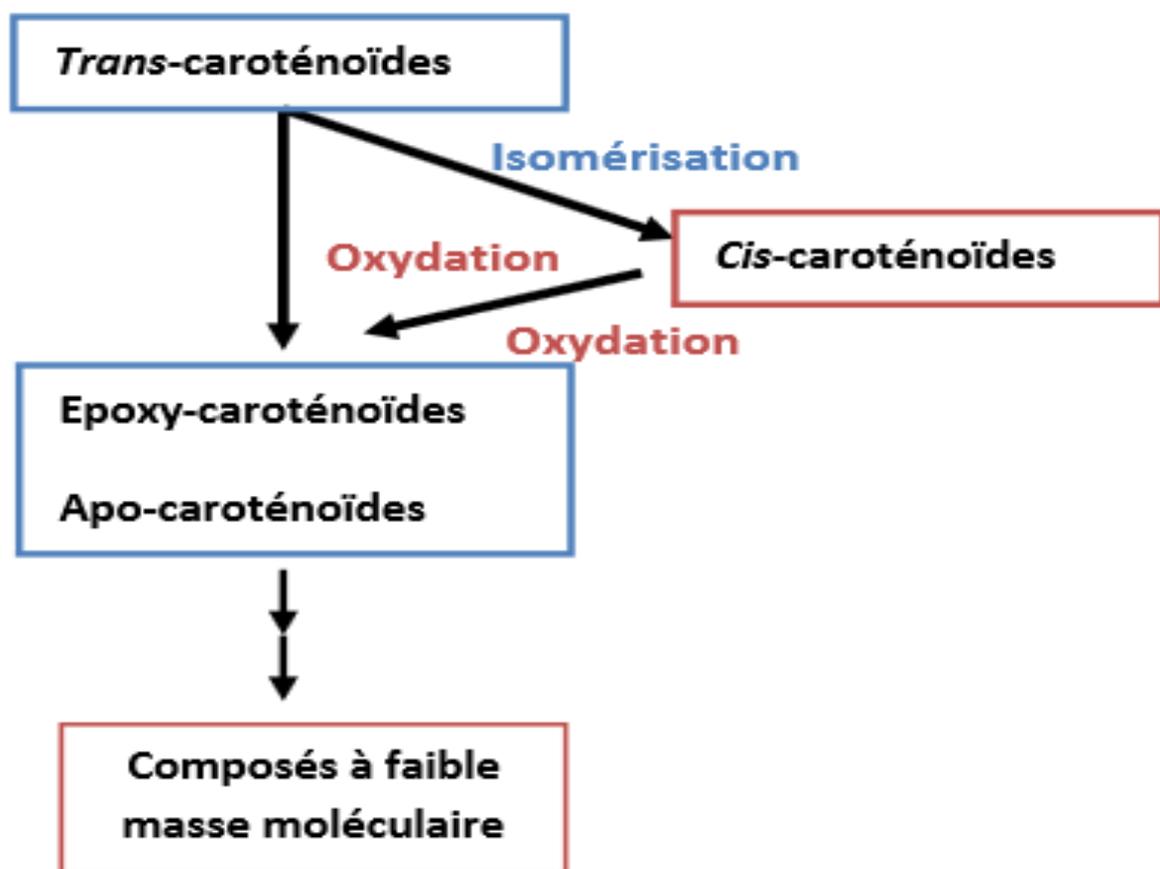


Figure 8 : Processus de dégradation des caroténoïdes (Rodriguez- Amaya, 2001)

I.1.9. Contraintes liées à la production des tubercules sous-valorisés au Cameroun

Les contraintes liées à la production des tubercules peuvent être d'ordre naturel ou même agronomique. Dumont *et al.* (1994) évoquent quelques contraintes :

❖ Les zones forestières les plus méridionales du Cameroun, qui constituent l'écosystème de *D. burkilliana*, n'ont pas été visitées.

❖ Les ethnies qui donnent une grande importance à l'igname dans leur agriculture (Bamiléké, Yambassa et Dourou) ne s'intéressent guère aux ignames sauvages.

❖ La marginalisation de *D. bulbifera* qui existe sous deux formes : la forme domestiquée et celle à l'état sauvage qui est toxique. Certaines populations connaissent le procédé de détoxification de ces tubercules alors que d'autres l'ont perdu ou n'en voient plus la nécessité parce qu'elles disposent d'autres sources de nourriture.

❖ La regression progressive de *D. schimperiana* qui serait lié à l'introduction de *D. alata*, du manioc et de la patate douce.

❖ *C. esculentus* est de la famille des Lamiaceae. Un tubercule qui est habituellement cultivé et consommé surtout par les personnes âgées (Gouado *et al.*, 2003).

I.2. COMPOSITION EN NUTRIMENTS, ANTINUTRIMENTS ET ANTIOXYDANTS DES TUBERCULES ÉTUDIÉS

I.2.1. Composition nutritionnelle des tubercules sous-valorisés étudiés

Le tableau 1 présente la composition en nutriments de quelques tubercules sous-valorisés au Cameroun. Les tubercules, en particulier les ignames sont des sources importantes en nutriments (Jacques *et al.*, 2016). Plusieurs espèces d'ignames ont été répertoriées au Cameroun, malheureusement, certaines sont en voie de disparition à l'instar de *D. schimperiana* qui semble avoir connu, dans le passé, une certaine importance agricole dans la zone de contact entre la forêt et la savane. Mais aujourd'hui, elle subsiste de façon sporadique dans l'agriculture de certains peuples. L'espèce *D. bulbifera* est très répandue dans l'agriculture camerounaise mais, il arrive parfois qu'elle soit la seule igname cultivée dans certaines localités. Cependant, elle reste toujours marginale dans la production agricole (Dumont *et al.*, 1994; Tchiègang et Ngueto, 2009). Par ailleurs, *D. burkilliana* et *C.*

esculentus ont fait l'objet de très peu de travaux (Sahoré et Amani, 2012; Agyeno *et al.*, 2014). Il serait important dans cette étude, de mener des investigations sur le potentiel nutritionnel des tubercules étudiés en vue d'une meilleure valorisation en nutrition.

Tableau 1: Composition en nutriments de quelques tubercules sous-valorisés (teneurs en g/100g MS)

	<i>D. schimperiana</i>	<i>D. bulbifera</i>	<i>D. burkilliana</i>	<i>C. esculentus</i>
Matières sèches	22,2 – 36,1	28,8	28,4	//
Glucides	84,2 – 86,3	82,4	83,8	80,6
Amidon	71,1	72,9	70,1	//
Fibres brutes	1,3 – 1,6	3,6	//	//
Protéines	6,2 – 9,0	6,3	8,2	7,6
Lipides	1,0 – 1,4	2,4	3,3	//
Cendres	4,5 – 5,4	3,4	4,6	3,5
Ca	44,8	23,2	//	//
Fe	3,4	4,4	//	//
P	112	127	//	//
K	1280	847	//	//
Na	2,0	15,2	//	//
Mg	40,8	86,5	//	//
Zinc	2,4	1,7	//	//
Cu	1,7	1,5	//	//
Auteurs	(Tchiègang et Ngueto, 2009) (Trèche, 2000) (Trèche et Agbor, 1986)	(Trèche, 2000) (Trèche et Agbor, 1986) (Megh <i>et al.</i> , 2003) (Sahoré et Amani, 2012) (Jacques <i>et al.</i> , 2016)	(Sahoré et Amani, 2012)	(Miege et Moncousin, 1989)

I.2.1.1. Glucides

Ces tubercules sous-valorisés ont pour principale source d'énergie les hydrates de carbone ayant des teneurs qui varient entre 80 à 86 g /100 g MS (tableau 1). Ces tubercules ont également des teneurs importantes en amidon 70 à 73 g /100 g MS. Ils sont constitués des glucides simples et des glucides complexes, le corps humain les utilise sous forme de glucose pour produire de l'énergie (Latrille, 2014).

I.2.1.2. Protéines

Les travaux antérieurs ont montré que les tubercules étudiés pouvaient avoir des teneurs en protéines comprises entre 6,2 et 8,2 g/100g MS (tableau 1). Medoua (2005) a montré dans ses travaux que *D. dumetorum*, qui est un tubercule conventionnel avait des teneurs en protéines pouvant atteindre 10 g/100g MS. Cependant, dans les racines et tubercules, la qualité des protéines, quant à leur composition en acides aminés essentiels, peut être comparée à celle des protéines animales contenues dans la viande de bœuf, les cerfs ou le lait (Fiagan, 2007).

I.2.1.3. Lipides

Les tubercules sous-valorisés étudiés présentent des faibles teneurs en lipides (1,0 ; 2,4 et 3,3g/100g MS respectivement avec *D. schimperiana*, *D. bulbifera*. et *D. burkilliana* (tableau 1). En ce qui concerne l'espèce *C. esculentus*, il n'existe aucune référence sur leurs teneurs en lipides. Certes ces tubercules ont des teneurs faibles en lipides. Mais la composition de la fraction lipidique des ignames est particulièrement intéressante car certains composants, même présents en faible quantité, peuvent avoir un intérêt nutritionnel non négligeable pour le consommateur (Tchiègang et Ngueto, 2009).

I.2.1.4. Fibres alimentaires

Les travaux antérieurs sur les tubercules étudiés, ont montré des teneurs non négligeables en fibres brutes allant de 1,3 à 3,6g/100g MS respectivement avec *D. schimperiana* et *D. bulbifera*. Concernant *D. burkilliana* et *C. esculentus*, il n'existe aucune donnée dans la littérature sur leurs teneurs en fibres brutes. Pourtant, les recherches ont montré qu'une consommation de fibres alimentaires peut réduire l'incidence de certaines maladies comme les diabètes, le cancer du côlon et divers autres troubles digestifs (Fiagan, 2007).

I.2.1.5. Cendres

Les minéraux totaux des tubercules étudiés ont des teneurs allant de à 3,4 g à 5,4 g/100g MS. Ces tubercules peuvent donc être considérés comme source en minéraux non négligeables sur le plan biologique (Sule *et al.*, 2015).

Les minéraux interviennent dans le contrôle de la balance de l'eau, la régulation de l'équilibre acido-basique, la formation tissulaire (os, dents), la composition d'enzymes et d'hormones, la transmission de l'influx nerveux et la contraction musculaire (Garcia-Chuit et Boella, 1993 ; OIM, 1997 ; Olaofe *et al.*, 2009).

Au regard de la composition en nutriments des tubercules étudiés, il existe très peu de données dans la littérature sur la composition nutritionnelle de *D. burkilliana* et *C. esculentus*. Ce travail permettra d'élargir les connaissances sur la composition en nutriments de ces derniers et par conséquent compléter la table alimentaire sur les tubercules.

En dehors des nutriments, il y a certains antinutritionnels qui sont couramment présents dans les tubercules.

I.2.2. Tubercules et facteurs antinutritionnels

Les Facteurs Antinutritionnels (FANs) sont des composés chimiques, naturels ou synthétiques des aliments qui interfèrent avec la digestion et l'absorption des nutriments dans le tube digestif tant chez l'homme que chez les animaux (Mourey, 2004). Ils peuvent intervenir à différents niveaux tels que l'appétit, la digestion des protéines et des autres nutriments, la disponibilité des acides aminés et des minéraux ou le métabolisme comme inhibiteur d'enzymes ou comme antivitamines (Gatlin *et al.*, 2007 ; Francis *et al.*, 2001 ; Kaushik, 1990).

Les facteurs antinutritionnels (FANs) sont divisés en deux groupes : Les facteurs antinutritionnels de nature protéique tels que les inhibiteurs de protéases (trypsine, chymotrypsine et α -amylase), lectines et peptides antifongiques, et les facteurs antinutritionnels de nature non protéique tels que l'acide phytique, les saponines, les oxalates et les tannins (Roy *et al.*, 2010).

I.2.2.1. Phytates

Il n'existe aucune donnée dans la littérature sur les teneurs en phytates de ces tubercules sous-valorisés. Cependant, les travaux de Polycarp *et al.* (2012) ont rapporté des teneurs en phytates de 0,89 mg /100 g MS pour *D. alata* et 4,16 mg /100 g MS pour *D. cayenensis*. L'acide phytique (*myo*-inositol hexakisphosphate ou IP6) est un composé contenant du phosphore qui se lie aux minéraux et forme des sels insolubles avec des minéraux comme le calcium, le fer, le zinc et le magnésium (figure 9) (Leeson et Summers, 2009). On trouve en général les phytates dans les céréales, les légumineuses, les noix et les graines. On les retrouve à faible teneur dans les racines et les tubercules.

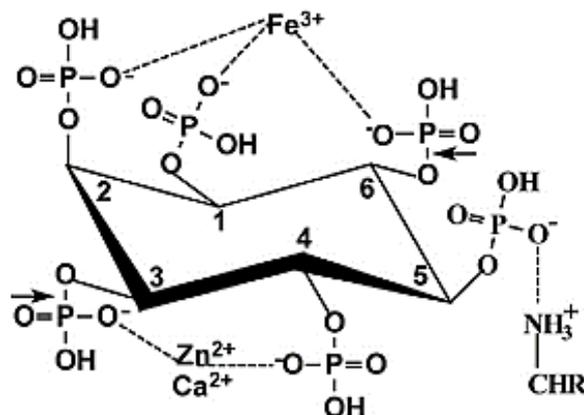


Figure 9: Complexation des cations polyvalents et des protéines par l'acide phytique

(Agranoff, 2009)

Les phytates sont des agents chélateurs de cations bivalents tels que (Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} ...). Leur mode d'action consiste à former des complexes insolubles et non digestibles avec ces composés. C'est ainsi qu'ils réduisent la biodisponibilité des différents minéraux. Les phytates influencent aussi l'activité de certaines enzymes telles que la pepsine, la trypsine et certaines amylases. Ils peuvent aussi former des complexes avec les protéines ce qui réduit leur solubilité et leur digestibilité (Urbano *et al.*, 2000). De par leur structure, les phytates sont des composés relativement stables à la chaleur, mais la réduction de leur teneur peut avoir lieu au cours de procédés technologiques tels que le décorticage, le trempage ou la fermentation, et aussi au cours du transit intestinal (Lestienne, 2004).

I.2.2.2. Oxalates

Les travaux de Polycarp *et al.* (2012) ont montré que les tubercules contenaient des oxalates : C'est le cas de *D. esculenta* (0,20 mg /100 g de MS) et de *D. bulbifera* (0,63 mg /100 g de MS). Cependant, les teneurs en oxalates de *D. schimperiana*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* restent inconnues. L'oxalate ou acide oxalique de formule HOOC-COOH est un diacide organique dont la structure ne présente que deux atomes de carbone (figure 10). C'est un antinutritionnel affectant la biodisponibilité du calcium et du magnésium (Massey, 2007) et forme des complexes avec les protéines, ce qui inhibe la digestion des peptides (Oboh, 1986). L'acide oxalique en solution peut réagir directement avec les protéines et empêcher ainsi leur hydrolyse par les enzymes peptidiques telles que présenté dans la figure 8 (Sefa-Dedeh et Agyir-Sackey, 2004).

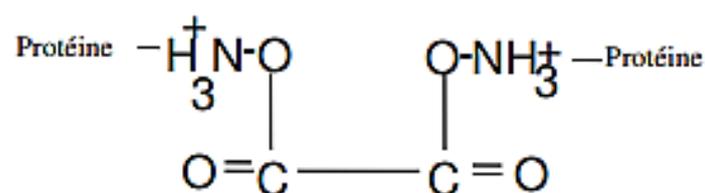
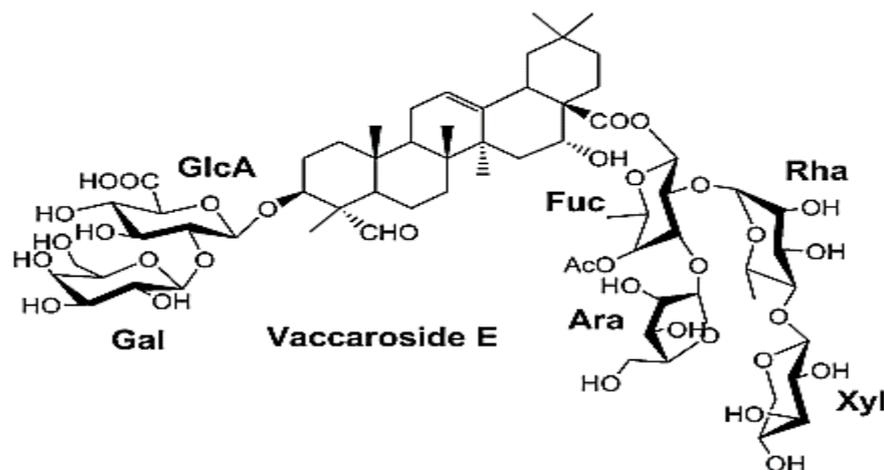


Figure 10: Complexe oxalate-protéines (Sefa-Dedeh et Agyir-Sackey, 2004)

I.2.2.3. Saponines

Il existe peu de données dans la littérature sur les teneurs en saponines des tubercules sous-exploités étudiés. Pourtant, les travaux de Ezeocha et Ojmelukwe (2012) ont montré que *D. alata* du Nigéria avait une teneur en saponines de 2710 mg /100 g de MS. Les saponines sont des terpenoïdes présentes en forte concentration dans les aliments riches en substance nutritive, comme les racines, les tubercules, les feuilles, les fleurs et les grains (Hostettmann et Marston, 1995). Ils se caractérisent par leurs goûts amers et leurs propriétés moussantes. Ces effets antinutritionnels réduisent la palatabilité des aliments, baissant la prise alimentaire chez les non ruminants (poussins et porcs) pouvant entraîner des retards de croissance (Cheeke et Shull, 1985). Elles sont capables de lyser les érythrocytes en se fixant sur les cholestérols membranaires (George *et al.*, 2002). Les saponines peuvent causer l'anorexie, la réduction de la prise alimentaire pouvant entraîner la perte de poids (EFSA, 2009). Ces facteurs contribuent à la baisse de la performance et de la vitesse de croissance des animaux supérieurs (Molyneux *et al.*, 1980). La figure 11 présente la structure chimique d'une saponine triterpénoïde.



(**Gal** = Galactose ; **GlcA**=Acide Glucuronique ; **Fuc** = Fucose ; **Ara** = Arabinose ; **Xyl** = Xylose ; **Rha** = Rhamnose)

Figure 11: Structure chimique d'une saponine triterpénoïde (Dauenpen *et al.*, 2007)

Cependant, certaines saponines sont bénéfiques pour la santé. Par exemple les saponines de l'avoine et des épinards accroissent et accélèrent l'absorption des calciums et des silicones, donc aident dans la digestion (Das *et al.*, 2012). La nature amphipathique des saponines triterpénoïdes, leur donne une activité tensioactive, utilisée pour accroître la pénétrabilité de macromolécules (protéines) au travers de membranes cellulaires. A cet effet, les saponines sont utilisées comme adjuvants de certains vaccins (Skene, 2006). Ces composés servent également d'antibiotiques naturels, qui aident le corps à combattre les infections et les invasions microbiennes (Sopido *et al.*, 2000).

Malgré la présence des antinutritionnels dans les tubercules, ils regorgent des composés bioactifs qui leur confèrent des propriétés antioxydantes bénéfiques sur le plan de la santé.

I.2.3. Composition en antioxydants des tubercules

Les analyses de la composition chimique des *Dioscorea spp.* et *D. bulbifera* ont révélées des teneurs non négligeables en composés phénoliques (558 mg/100 g MS ; 265 et 328 mg EAG/100 g MS) (Ukom *et al.*, 2014 ; Jacques *et al.* 2016). Plusieurs auteurs pensent que les propriétés antioxydantes des plantes seraient liées aux composés phénoliques qu'elles contiennent (Ukom *et al.*, 2014). Un antioxydant est défini comme une substance qui, ajoutée à faible dose à un produit naturellement oxydable à l'air, est capable de ralentir ou d'inhiber le phénomène d'oxydation. Cette définition peut être élargie et le terme "antioxydant" englobe ainsi toutes les substances qui protègent les systèmes biologiques contre les effets délétères potentiels des processus ou réactions qui engendrent une oxydation excessive (Park *et al.*, 2001). Certaines études ont démontré l'utilisation de certains composants (à activité antioxydante) dans la commande des maladies à médiation radicalaire telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires (Lobo *et al.*, 2010). La consommation des tubercules, fruits et

légumes concoure à la réduction des risques de développement de ces maladies. Les composants utilisés dans la commande des maladies chroniques ont pu être identifié comme des antioxydants naturels présents dans ces aliments tels que l'acide ascorbique, les caroténoïdes, les tocophérols et les composés phénoliques, sans compter d'autres composés bioactifs (Zhang *et al.*, 2015). Parmi les composés à activité antioxydante, les polyphénols sont les plus importants. Ceux-ci sont retrouvés dans une grande variété d'aliments tels que les tubercules, les fruits, le thé noir, le chocolat et bien d'autres (Pandey et Rizvi, 2009). Les composés phénoliques ont démontré une capacité antioxydante plus élevée que certains composés tels que les acides ascorbiques et les tocophérols (Sarah et Verma, 2016).

I.2.3.1. Composés phénoliques

Ils regroupent des molécules divisées en différentes classes chimiques qui ont en commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à six carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (Hennebelle *et al.*, 2004). Les produits comestibles ou non comestibles d'origine végétale contiennent une large gamme de composés phénoliques tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes et les tannins qui possèdent des activités antioxydantes (Liyana *et al.*, 2006 ; Calabrese *et al.*, 2003). Les anthocyanes de patate douce ont montré des propriétés d'inhibition du développement de lésion artériosclérotique chez la souris (Champagne, 2010).

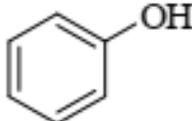
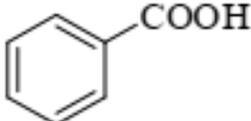
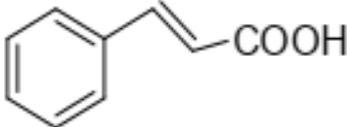
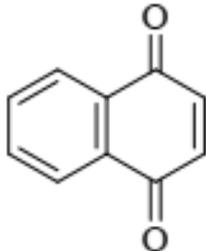
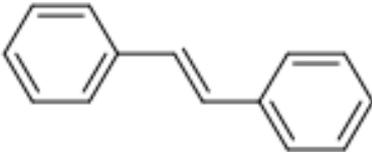
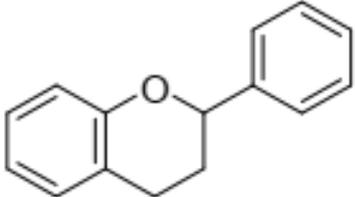
Les recherches récentes sur les composés phénoliques en général et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés physiologiques intéressantes sur le plan santé. En effet, ils sont doués d'activité antiallergique, anti-inflammatoire, hépatoprotectrice, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, anti-thrombotique, cardioprotectrice et vasodilatatrice (Middleton *et al.*, 2000 ; Ksouri *et al.*, 2007). Il existe un bon nombre de composés phénoliques :

- **Acides phénoliques**

Ils englobent deux groupes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006). Les acides hydroxybenzoïques présentent une structure en C6-C1 : l'acide salicylique, l'acide gallique. Les acides hydroxycinnamiques quant à eux ont une structure en C6-C3 : les acides coumarique, férulique, caféique (Chira *et al.*, 2008).

Les composés phénoliques naturels peuvent donc être des molécules simples comme les acides phénoliques, mais aussi des composés hautement polymérisés comme les tannins. Plusieurs milliers de composés phénoliques ont été caractérisés jusqu'à ce jour dans le règne végétal. On compte, à l'heure actuelle, environ 8000 composés. Ils ont tous en commun la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Tableau 2) (Bravo, 1998).

Tableau 2: Principales classes des composés phénoliques

Squelette carboné	Classe	Structures de base
C_6	Phénols simples	
C_6-C_1	Acides hydroxybenzoïques	
C_6-C_3	Acides hydroxycinnamique coumarines	
C_6-C_4	Naphtoquinones	
$C_6-C_2-C_6$	Stilbènes	
$C_6-C_3-C_6$	Flavonoïdes	
$(C_6-C_3)_2$	Lignanes	
$(C_6-C_3)_n$	Lignines	
$(C_6-C_3-C_6)_n$	Tanins condensés	

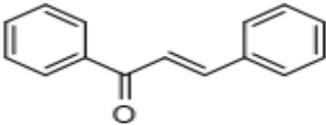
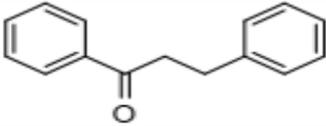
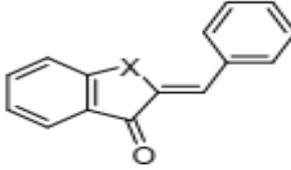
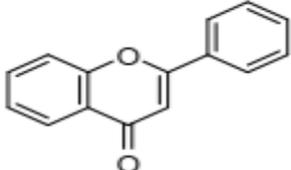
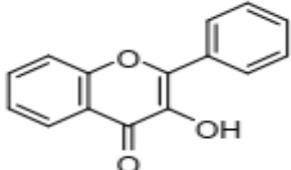
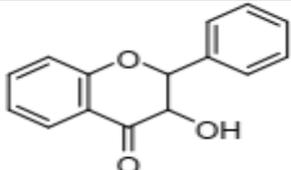
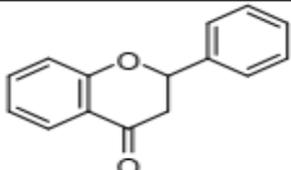
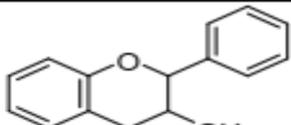
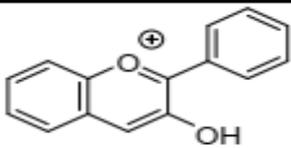
- **Flavonoïdes**

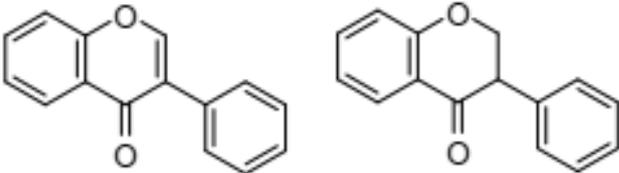
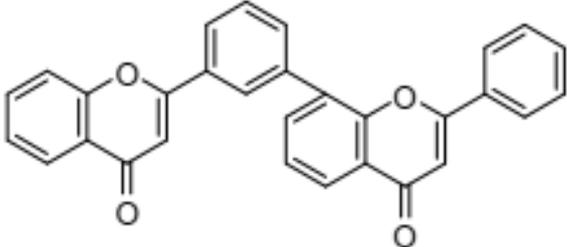
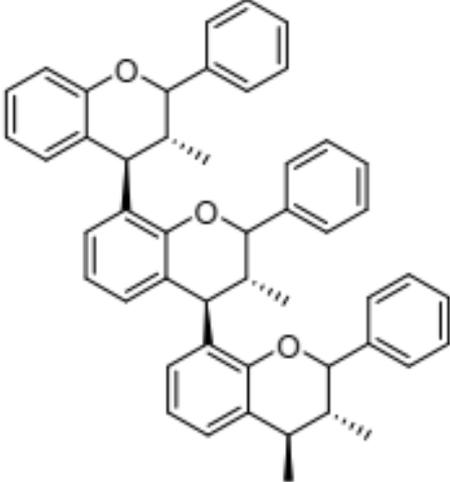
Il n'existe aucune donnée dans la littérature concernant les teneurs en flavonoïdes de ces tubercules sous-valorisés étudiés. Pourtant, certains de ces tubercules à chair jaune, rouge

et rouge-orangé auraient des teneurs importantes en flavonoïdes. Les flavonoïdes sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure C6-C3-C6 (Ferrali *et al.*, 1997 ; Chira *et al.*, 2008). Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques chez les plantes (Ghedira, 2005). Ils interviennent dans la pigmentation des végétaux (coloration jaune, orange et rouge) et dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (Ghedira, 2005). Ils ont des propriétés antiradicalaire, anti-inflammatoire, antibactérienne, antiallergique, antivirale et stimulante des défenses immunitaires (Svobodová *et al.*, 2003).

Le tableau 3 présente les différentes classes des flavonoïdes. Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits et légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin...). On les retrouve également dans les tubercules en grande quantité. La quantification des composés phénoliques dans l'igname blanche et jaune amères a montré la présence des acides phénoliques et des flavonoïdes. *D. bulbifera* par exemple renferme environ 9940 mg EC/100 g MS de flavonoïde (Okigbo *et al.*, 2015 ; Sule *et al.*, 2017).

Tableau 3: Différentes classes des flavonoïdes (Sartori-Thiel, 2003; Hallgas et al., 2004)

Flavonoïdes	Structure de base
Chalcones	
Dihydrochalcones	
Aurones	 <p data-bbox="767 819 1062 855">X = O, S, SO₂ ou NH</p>
Flavones	
Flavonols	
Dihydroflavonols	
Flavanones	
Flavanols	
Anthocyanidines	

Flavonoïdes	Structure de base
Isoflavonoïdes	
Biflavonoïdes	
Proanthocyanidines ou tanins condensés	

- **Tannins**

La teneur en tannins de *D. bulbifera* (66 mg/100 g de MS) de la Côte d'Ivoire a été rapportée par Jacques *et al.* (2016). Pour ce qui est des tubercules sous-valorisés étudiés, il n'existe aucune donnée dans la littérature concernant leurs teneurs en tannins. Les tannins font partie des métabolites secondaires des plantes supérieures. Ils appartiennent à la grande famille des composés phénoliques avec une masse moléculaire pouvant atteindre 20 000 Daltons (Haslam, 1989). Ce sont des polymères que l'on retrouve dans les végétaux. Grâce à leur structure, ils ont la capacité de jouer un rôle antioxydant intéressant. Ils possèdent des capacités et propriétés biologiques telles que la fixation et l'inhibition enzymatique, le

piégeage des radicaux libres et l'activité antioxydante et des effets antiseptiques (antibactérien, antifongique, antiviral) (Lecasble, 2012). Du point de vue de leur composition chimique, on distingue deux grandes familles de tannins : les tannins hydrolysables et les tanins condensés (Kraus *et al.*, 2003). Les tanins hydrolysables (Figure 12), sont des esters de sucres et de l'acide gallique ou de l'acide ellagique (Tharayil *et al.*, 2011). Alors que les tannins condensés ou proanthocyanidols (Figure 12), non hydrolysables résultent de la polymérisation d'unités flavan-3-ols (catéchines) (Xie et Dixon, 2005). Ils sont beaucoup moins toxiques que les tannins hydrolysables car ils sont non hydrolysables et peu absorbés par la muqueuse digestive en raison de leur poids moléculaire élevé (Sabater, 2012).

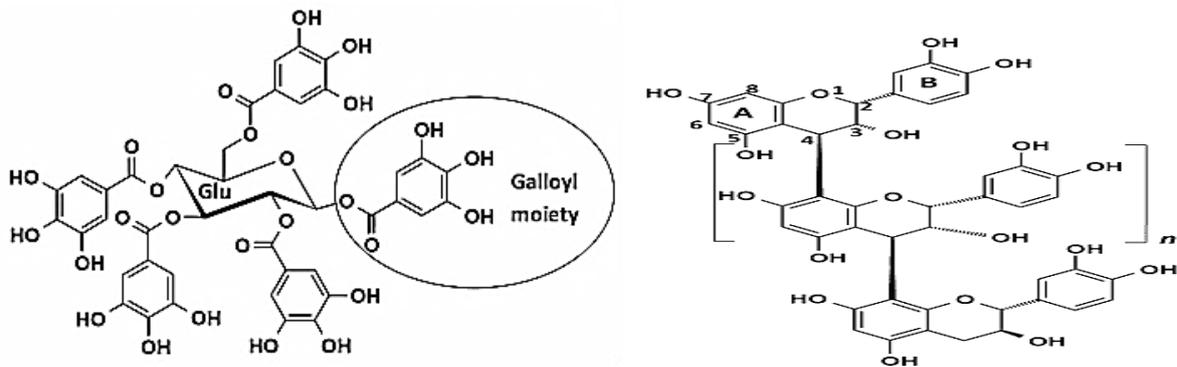


Figure 12: Tannins hydrolysables (A) et non hydrolysable (B) (Tharayil *et al.*, 2011)

Cependant, les tannins pourraient former des complexes avec de nombreuses macromolécules : les acides nucléiques, les ions métalliques ferriques et cuivriques, ainsi que la quasi-totalité des protéines, ce qui les rends parfois toxiques (Lecasble, 2012). Des études ont montré que l'ingestion volontaire des animaux diminue lorsque la teneur en tannins condensés est élevée (> 50 g/kg MS) du fait d'une sensation d'assèchement de la bouche résultant de la liaison des tannins avec les protéines salivaires, en particulier celles riches en proline (Frutos *et al.*, 2004). Au contraire, Kumar et Vaithyanathan (1990) signalent un effet bénéfique de ce composé, à des teneurs inférieures à 50 g/kg MS du fait qu'il favorise l'absorption des acides aminés dans l'intestin grêle en les protégeant des effets du suc

gastrique. On retrouve les tannins dans certains tubercules en faible quantité ; c'est le cas de *D. bulbifera* en côte d'ivoire qui a une valeur en tannins de 66 mg/100g de matière sèche (Jacques *et al.*, 2016).

I.3. Index glycémique des tubercules

I.3.1. Généralités sur l'index glycémique

L'index glycémique (IG) est un outil permettant de classer les aliments selon la réponse physiologique de la glycémie provoquée par leur ingestion. La définition de l'index glycémique fait suite aux études de Jenkins *et al.* (1981) qui ont comparé, chez l'homme l'effet de l'ingestion de 50 g d'hydrates de carbone contenus dans un aliment sur la glycémie par rapport à 50 g de glucose pur. L'index glycémique décrit l'effet de 50 g de glucides contenus dans l'aliment et le terme glucides peut inclure la totalité des hydrates de carbone (fibres comprises) ou seulement les glucides disponibles (les sucres et l'amidon). Son utilisation n'est donc pas pratique en nutrition, dans la mesure où les quantités de glucides peuvent être inconnues. Ainsi, un index glycémique basé sur la quantité d'aliment ou sur la quantité d'énergie digestible qu'il contient serait plus adapté. De plus, un aliment est rarement consommé seul. Il a été admis que l'index glycémique d'un repas est la somme des index glycémiques des aliments qui le composent (Kronfeld *et al.*, 2004). Les aliments sont classés en trois catégories en fonction de leur index glycémique (IG) : IG bas ≤ 55 , IG moyen de 55 à 69, et IG élevé ≥ 70 (Allen *et al.*, 2012). Cependant, les aliments à index glycémique faible occupent une place de choix pour certaines personnes. C'est ainsi que les aliments à faible index glycémique sont bénéfiques dans la gestion des maladies telles que le diabète sucré et les maladies cardiovasculaires (Jenkins *et al.*, 2002 ; Brand-Miller *et al.*, 2003).

I.3.2. Quelques méthodes de détermination de l'index glycémique (IG)

Les méthodes de détermination de l'IG sont nombreuses et variées. Il existe deux principales méthodes : la méthode directe et la méthode indirecte. Dans le cadre de cette étude nous insisterons sur la méthode directe qui s'applique généralement sur les animaux ou les humains. Dans cette méthode, l'aliment est ingéré et la mesure de la glycémie se fait à l'aide d'un glucomètre 15 ou 30 minutes après et à des intervalles de temps réguliers pendant 2 à 2 heures 30 minutes (Jenkins *et al.*, 2002 ; Itam *et al.*, 2012). L'IG se détermine généralement en utilisant la méthode de surface des courbes. Pour déterminer l'index glycémique d'un aliment, on réalise des courbes de glycémie, en fonction du temps. Le rapport de la surface mesurée sous la courbe glycémique sur la surface mesurée pour une solution standard (figure 13) selon l'équation suivant :

$$\text{Index Glycémique} = (B \times 100) / A \text{ (Brand-Miller, 1997).}$$

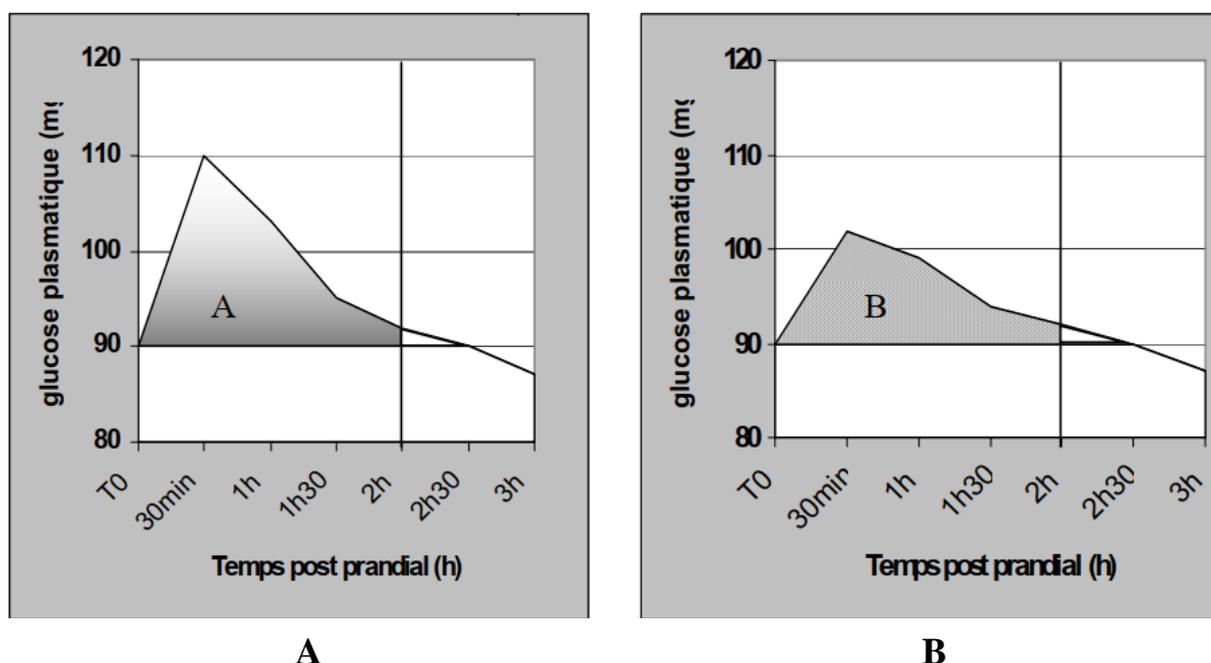


Figure 13: Courbes de glycémie obtenues après l'ingestion de glucose (A) et après l'ingestion d'un aliment à tester (B)

Les aliments de référence sont le plus souvent des tablettes de glucose ou du sirop de glucose mais parfois du pain blanc ou du riz blanc, qui sont eux aussi absorbés rapidement (Sugiyama *et al.*, 2003). Les aliments sont répartis le long d'une échelle de 10 à 100 % d'index glycémique. Un facteur de conversion permet de passer d'un index établi avec un aliment de référence à un index établi au moyen d'un autre aliment de référence (Sugiyama *et al.*, 2003). Actuellement, l'index glycémique est l'instrument de mesure le plus fiable, compte tenu des connaissances médicales, pour quantifier la cinétique de l'absorption d'un aliment. Chez l'homme, les recommandations alimentaires actuelles vont dans le sens de la sélection d'aliments à faible index glycémique, non seulement pour les personnes atteintes d'obésité ou de diabète, mais aussi pour le grand public (Rizkalla *et al.*, 2002).

En ce qui concerne la méthode indirecte, il existe plusieurs approches. Amaka *et al.* (2012) ont évalué l'IG par des prédictions après digestibilité *in vitro* de l'amidon.

I.3.3. Index glycémique et diabète

Les aliments avec un IG élevé induisent une sécrétion élevée d'insuline dans le sang, ceci dans le but de stabiliser le taux de glycémie. Chez une personne en bonne santé, cela se traduit par une augmentation de l'absorption du glucose par les cellules musculaires et adipeuses. Cependant, la disparition rapide du sucre dans le sang des diabétiques conduit souvent à court terme à une hypoglycémie et à un sentiment de faim, ce qui incite à absorber davantage d'aliments riches en hydrates de carbone, ceci aboutissant à un cercle vicieux pouvant engendrer un surpoids (Roberts, 2000). En effet, des teneurs de glucose élevées dans le sang des diabétiques provoquent des inflammations, engendrent de l'hypertension, endommagent les parois des vaisseaux et favorisent la formation de caillots de sang, ce qui peut déboucher sur une attaque cardiaque ou cérébrale (Brand-Miller *et al.*, 2001).

I.3.4. Intérêt de la consommation des aliments à faible index glycémique

Après l'ingestion d'un aliment de faible index glycémique, les sécrétions hormonales dans leur ensemble, et d'hormones de contre-régulation en particulier, sont plus étalées dans le temps et moins importantes, ce qui représente une "économie" notable pour l'organisme. Outre cet aspect, des études chez l'homme ont démontré aussi l'intérêt des aliments à faible index glycémique dans la prévention du syndrome métabolique (qui consiste en la présence simultanée chez un individu d'une hyperinsulinémie et d'une insulino-résistance) (Colagiuri *et al.*, 2002). Aliments à index glycémique faible : légumes verts et fruits, légumineuses, noix, lait, fructose, lactose et l'igname... Parmi ces aliments, l'igname est constituée principalement de l'amidon. Mais sur le plan nutritionnel, l'amidon est classé en fonction de son taux de digestion en amidon rapidement digestible, amidon lentement digestible et amidon résistant (Englyst et Hudson, 1996). Le taux de digestion de l'amidon et son impact glycémique qui en résulte sont grandement influencés par la composition des aliments tels que la teneur en amidon résistant, l'amidon phosphorylé, les phytonutriments, les fibres alimentaires, les protéines et la teneur en matières grasses (Rosin *et al.*, 2002 ; Absar *et al.*, 2009). Parmi les constituants suscités, l'amidon résistant (AR) est une mesure importante pour caractériser la digestibilité de l'amidon. Elle a été définie comme la fraction d'amidon dans les aliments qui est très résistante à la digestion par les enzymes digestives (Haralampu, 2000). L'amidon résistant a une influence considérable sur l'index glycémique. Cette dernière mesure la propension d'un aliment à augmenter rapidement la glycémie. Il donne également des informations sur la vitesse à laquelle un glucide est converti en glucose. Les aliments à faible index glycémique produisent une augmentation plus progressive de la glycémie et sont reconnus pour réduire le risque de diabète, des maladies cardiovasculaires et de cancer (Bahado-Singh *et al.*, 2006).

CHAPITRE II :
MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Matériel d'étude

II.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* (figure 14). Ces échantillons ont été récoltés en champ dans les Régions de l'Ouest, Nord-Ouest, et Adamaoua au Cameroun. *D. schimperiana*, *D. bulbifera* et *D. burkilliana* ont été identifiés respectivement en comparaison aux échantillons de l'Herbier National sous les numéros 42 549, 42 539, et 30 882/HNC. Quant au *C. esculentus*, son identification a été faite à l'Herbier National sous le numéro 66 891/HNC.



C. esculentus



D. schimperiana



D. bulbifera



D. burkilliana

Figure 14: Echantillons de *D. bulbifera*, *D. schimperiana*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*

Tableau 4: Lieu, coordonnées géographiques, période et stade de récolte des échantillons

Echantillon	Région de récolte	Lieu de récolte	Nom local	Coordonnées géographiques	Période de récolte	Stade de récolte
<i>D. schimperiana</i>	Adamaoua	Mbé	« Naadogpacké »	3°18'14" Sud 15°53'51" Est	Février 2016	A maturité
	Ouest	Bandjoun	« Leng »	5°22'43" Nord 10°25'5" Est	Décembre 2015	A maturité
<i>D. bulbifera</i>	Adamaoua	Mbé	« Ntouc »	3°18'14" Sud 15°53'51" Est	Février 2015	A maturité
	Ouest	Bandjoun	« Tome mekepack »	5°22'43" Nord 10°25'5" Est	Décembre 2015	A maturité
	Nord-Ouest	Bambui	« Fontouc »	6°3'0" Nord 10°13'60" Est	Février 2016	A maturité
<i>D. burkilliana</i>	Adamaoua	Mbé	« Laha saa »	3°18'14" Sud 15°53'51" Est	Février 2016	A maturité
	Ouest	Bandjoun	« wueng »	5°22'43" Nord 10°25'5" Est	Décembre 2015	A maturité
	Nord-Ouest	Bambui	« Azouc »	6°3'0" Nord 10°13'60" Est	Février 2016	A maturité
<i>C. esculentus</i>	Ouest	Bandjoun	« Vougaing »	5°22'43" Nord 10°25'5" Est	Décembre 2015	A maturité
	Nord-Ouest	Bambui	« Mvouë »	6°3'0" Nord 10°13'60" Est	Février 2016	A maturité

II.1.2. Animaux d'études

Vingt (20) rats albinos males de souche *Wistar* ont été pesés (150 – 160 g), divisés en cinq groupes contenant chacun quatre rats, et placés dans des cages métaboliques. Les conditions d'acclimatation étaient : température (20°C – 25°C) avec un cycle de 12 heures de nuit et 12 heures de jour. L'eau potable et l'aliment (Annexe 4) étaient donnés aux animaux *ad libitum*. Les animaux ont été autorisés à s'acclimater à leur nouvel environnement pendant 7 jours.

II.2. Schéma synoptique du travail

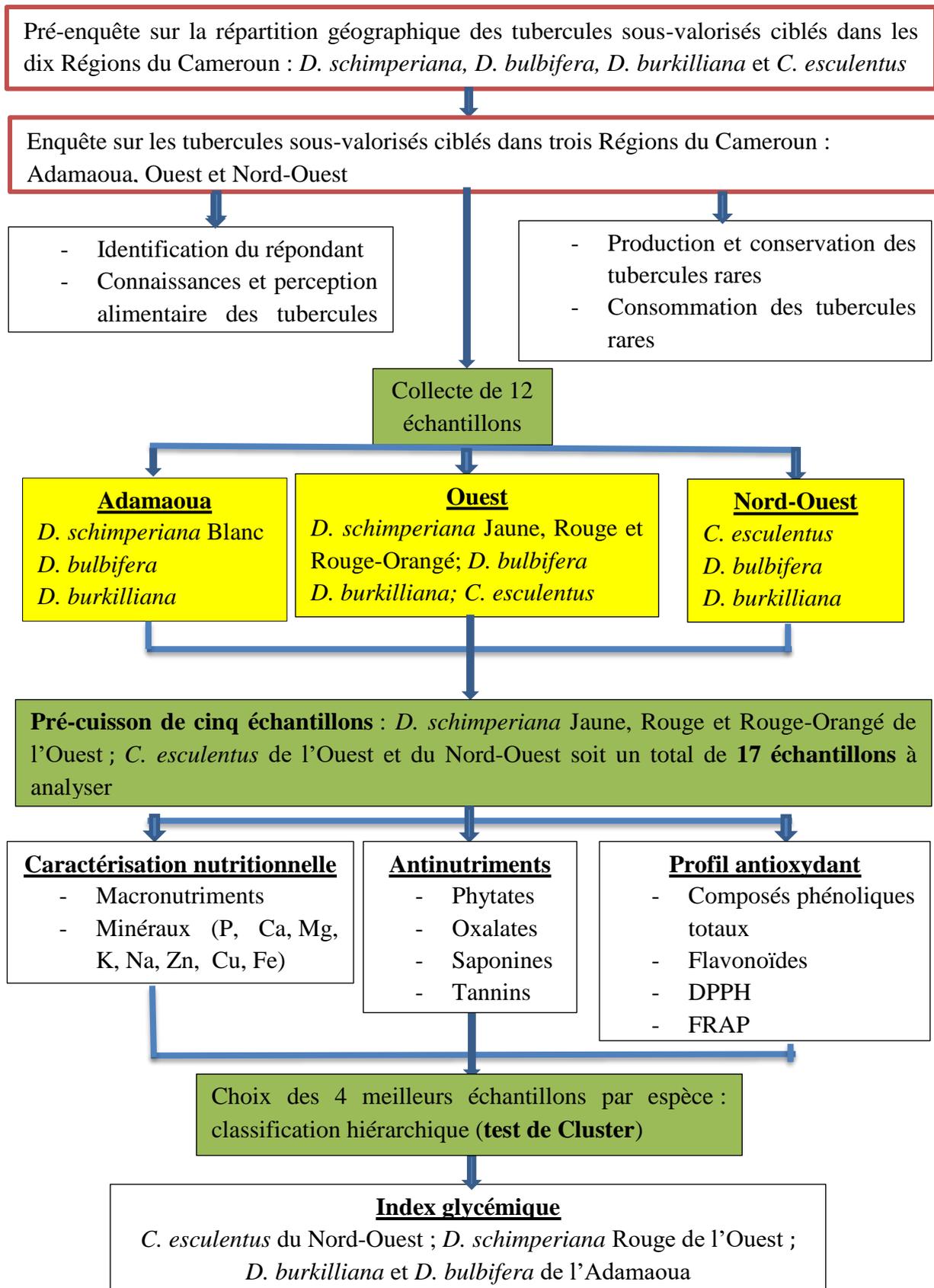


Figure 15: Schéma général du travail

La figure 15 présente une vue d'ensemble du travail effectué. Le travail a débuté par une pré-enquête dans les dix Régions du Cameroun dont le but était de décrire la répartition des tubercules étudiés. Par la suite, une enquête proprement dite a été menée sur quatre tubercules sous-valorisés (*D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*) en voie de disparition dans les Régions de l'Adamaoua, de l'Ouest et du Nord-Ouest pour identifier les raisons de consommation et de disparition de ces denrées en vue d'une meilleure valorisation en nutrition. Après l'enquête, les échantillons récoltés dans les Régions d'études ont été transportés et stockés à l'air libre, séparément dans un coin du Laboratoire des Sciences Alimentaires et Métabolisme. Certains échantillons (*C. esculentus* de l'Ouest et du Nord-Ouest, *D. schimperiana* jaune, rouge et rouge-orangé) en raison de leur brunissement lors du séchage, ont été précuits par immersion et d'autres pas. Suite au traitement des échantillons, les poudres obtenus ont servi à l'analyse des nutriments d'intérêt (amidon, protéines, fibres brutes, lipides, cendres, Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu) et des antinutritionnels (phytates, tannins, oxalates, saponines) couramment présents dans les tubercules. Quelques tests antioxydants (composés phénoliques totaux, flavonoïdes, DPPH, FRAP) ont été effectués. Étant donné que les quatre espèces étudiées ont été collectées dans des Régions différentes pour un total de 12 échantillons, le test de classification TwoStep a permis d'identifier le meilleur tubercule par espèce sur la base de leurs profils nutritionnelles, antioxydantes et facteurs antinutritionnels. L'index glycémique des quatre meilleurs échantillons a été évalué sur des rats albinos mâles de souche *Wistar*. Rappelons que deux tubercules conventionnels (*D. dumetorum* et *Ipomea batatas*) ont été utilisés comme témoins.

II.3. Méthodologie de l'enquête sur les tubercules sous-valorisés

II.3.1. Déroulement pré-enquête (sondage)

Le sondage a été effectué entre Novembre et Décembre 2015 dans 10 Régions du Cameroun avec l'aide de 14 personnes. Le tableau 5 montre les sites de sondage. Dans chaque Région, 10 à 15 personnes ont été interrogées, soit un total de 120 personnes. Ce sondage consistait à identifier 4 tubercules sous-valorisés visés dans les Régions du Cameroun en ciblant les points focaux par excellence à savoir les marchés. Une fois au niveau de chaque marché, il était question d'entrer en contact avec des personnes familières avec ces tubercules sous-valorisés (producteurs et commerçants). Les personnes enquêtées servaient d'appui pour retrouver d'autres personnes susceptibles de donner des informations capitales par rapport à ces tubercules sous-valorisés : enquête de type boule de neige.

Tableau 5: Cadre d'étude et sites d'enquête

Régions	Lieux enquêtés
Ouest	Bafoussam (marché B), Bandjoun (marché de Bandjoun) et Dschang (marché de Dschang)
Nord-Ouest	Bamenda (marché Bambui, « Food market », marché Bafut)
Littoral	Mandjo (marché Mandjo)
Centre	Yaoundé (marché Mokolo, marché Mfoundi, marché huitième et marché Acacias)
Sud	Ebolowa (marché Oyenga)
Est	Bertoua
Adamaoua	Mbé
Sud-Ouest	Buea
Nord	Garoua

II.3.2. Déroulement de l'enquête

II.3.2.1. Méthode d'échantillonnage

Un échantillonnage par grappes a été utilisé pour conduire l'enquête. Les grappes ont été définies sur la base de 2 critères : le principal site de consommation de ces tubercules sous-valorisés et les grands bassins de production. Sur la base de ces critères, les grappes suivantes ont été retenues : les Régions de l'Ouest (4 espèces récoltés sur 4 avec *D. schimperiana* récolté en trois variétés : jaune, rouge et rouge-orangé), du Nord-Ouest (3 espèces récoltés sur 4) et de l'Adamaoua (3 espèces récoltées sur 4). Soit 12 échantillons. En raison d'absence d'informations sur les personnes familières avec ces espèces de tubercules, un échantillonnage boule de neige a été utilisé pour sélectionner les personnes à enquêter. L'échantillonnage boule de neige est une technique d'échantillonnage non probabiliste dans laquelle les sujets d'étude existant recrutent de futurs sujets parmi leurs connaissances.

Comme critères d'inclusion, il a été question d'interroger toute personne d'âge supérieur ou égal à 21 ans (producteurs, consommateurs et commerçants) ayant des connaissances sur au moins un de ces tubercules sous-valorisés.

Les critères de non inclusion concernaient les personnes qui abandonnaient le questionnaire et celles qui n'avaient pas suffisamment d'informations pour pouvoir répondre aux questions posées.

II.3.2.2. Taille de l'échantillon

La détermination du nombre de personnes à enquêter s'est faite sur la base d'un pourcentage de consommation fixé à 50%, une puissance de 90%, un seuil de confiance de 95% et une augmentation de cette consommation de 50% suivant la méthode de Magnani (2001). L'absence de littérature sur ces espèces de tubercule permet statistiquement de fixer la

consommation à 50%. La taille de l'échantillon (**n**) a été déterminée en utilisant la formule de Magnani (2001) :

$$n = D [(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * (P_1 (1 - P_1) + P_2 (1 - P_2)) / (P_2 - P_1)^2]$$

n = taille minimale de l'échantillon nécessaire par série d'enquêtes ou groupe de comparaison.

D = effet de conception (il est supposé être la valeur *implicite* de 2)

P₁ = le niveau estimé d'un indicateur mesuré en tant que proportion au moment de la première enquête ou pour la zone témoin.

P₂ = le niveau escompté de l'indicateur soit à une date future, soit pour la zone du projet de sorte à ce que la quantité (P₂ - P₁) soit l'ordre de grandeur du changement que l'on souhaite qu'il détecte.

Z_α = le score-Z correspondant au degré de confiance que l'on souhaite avoir pour conclure qu'un changement observé de la taille (P₂ - P₁) n'aurait pas eu lieu par hasard (α – niveau de signification statistique)

Z_β = le score-Z correspondant au degré de confiance que l'on souhaite avoir pour dépister avec certitude un changement de la taille (P₂ - P₁) si un tel changement a effectivement eu lieu (β – puissance statistique).

En utilisant cette formule, et en prenant α= 0,95 ; Z_α= 1,645 ; β= 0,90 et Z_β= 1,282, la taille d'échantillon minimal était de 120 personnes à enquêter. En tenant compte des erreurs de remplissage de certains questionnaires estimés à 10%, la taille finale est de **132 personnes**. La taille d'échantillonnage dans chaque grappe a été déterminée en divisant la taille d'échantillonnage par le nombre de grappes, soit 132/3 = **44 personnes à enquêter par grappe**.

II.3.2.3. Questionnaire

La fiche d'enquête est présentée en annexe 1. Cette fiche d'enquête est divisée en quatre (4) sections à savoir :

- ❖ *Identification du répondant.* Dans cette section, il était question de renseigner les informations sur l'enquêté telles que : le nom, le sexe, l'âge, le lieu d'habitation, la profession et le numéro de téléphone ;
- ❖ *Connaissances et perception alimentaire des tubercules sous-valorisés.* Cette section portait sur l'appellation des différents tubercules en langue locale, connaissances et raisons de consommation ;
- ❖ *Production et conservation des tubercules sous-valorisés.* Cette section adressait les périodes de semis et de récolte, les techniques de récolte, les méthodes et les moyens de stockage, les pertes *post-récoltes*, et procédés de transformation ;
- ❖ *Consommation des tubercules sous-valorisés.* Cette section s'intéressait aux formes de consommation, la tranche de la population et les classes sociales privilégiées qui consomment ces tubercules, utilisation traditionnelle, culinaire et thérapeutique, les raisons de sous-exploitation et de disparition des tubercules.

II.3.2.4. Enquête proprement dite

Cette étude a été menée entre Février et Avril 2016 sur quatre tubercules sous-valorisés (*D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*) en voie de disparition. Les départements suivants étaient concernés : le Département de la Vina dans la Région de l'Adamaoua, le Département de la Mifi et du Koung-Khi dans la région de l'Ouest, et le Département de la Mezam dans le Nord-Ouest. Une pré-enquête a permis d'affiner le questionnaire adressé aux personnes enquêtées. De la population accessible, un échantillon de 132 personnes a été retenu, soient 44 personnes par Région toutes âgées d'au moins 21 ans. L'enquête effectuée a permis d'avoir des informations sur les connaissances et perceptions alimentaires, la production, la transformation, la conservation et les raisons de consommation de ces tubercules sous-valorisés dans la vie des populations enquêtées (annexe 1).

II.4. Traitement des échantillons

II.4.1. Transport et stockage des échantillons

Les échantillons récoltés en champ, provenant de l'Adamaoua ont été transportés dans des cartons, ceux provenant de l'Ouest et du Nord-Ouest dans des sacs. Ils ont été stockés entre un et deux jours, séparément et à température ambiante dans une enceinte dédiée au Laboratoire des Sciences Alimentaires et Métabolisme. Cette enceinte était suffisamment aérée et à l'abri des rongeurs.

II.4.2. Précuisson des échantillons sensibles au brunissement enzymatique

Les tubercules ont été nettoyés, lavés, pelés et découpés en tranches de 3 mm d'épaisseur à l'aide d'une trancheuse en acier inoxydable. Certaines cossettes de tubercules ont été précuites en raison du brunissement de ces derniers à savoir : *C. esculentus* de l'Ouest et du Nord-Ouest et *D. schimperiana* jaune, rouge et rouge-orangé de l'Ouest. Soient cinq échantillons au total.

La précuisson a été conduite suivant la méthode de Olufunmilola et Rahman (2014) afin d'inactiver la polyphénol oxydase en vue du dosage des composés phénoliques totaux et l'évaluation de l'activité antioxydante. Au total, 100 g de tranches de cossettes ont été introduites dans 500 ml d'eau distillée contenue dans une marmite en acier inoxydable. Le tout est porté à 90°C pendant 5 min. Ensuite, les tranches de cossettes sont essorées à l'aide d'une passoire en acier inoxydable et laisser refroidir puis sécher.

II.4.3. Séchage des échantillons

La figure 16 présente le schéma général d'obtention des poudres à partir des tubercules de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*. Les échantillons, précuits (5) et crus (12), ont été séchés directement selon la méthode décrite par Tchiègang et Ngueto (2009). Soient 17 échantillons au total à analyser. Les cossettes ont été étalées de manière

uniforme et espacées sur les plateaux à étuve. Ces plateaux ont été introduits dans une étuve à ventilation préalable portée à 50°C. Au bout de 48 heures, les échantillons ont été sortis de l'étuve et placés dans un dessiccateur pour refroidissement. Après refroidissement, les cossettes ont été moulues à l'aide d'un mixeur électrique et les poudres criblées à l'aide d'un tamis dont la taille des mailles était de 200 µm. Les poudres obtenues ont été conditionnées sous vide dans les plastiques en polyéthylène et conservées au réfrigérateur à 4°C pour des analyses ultérieures.

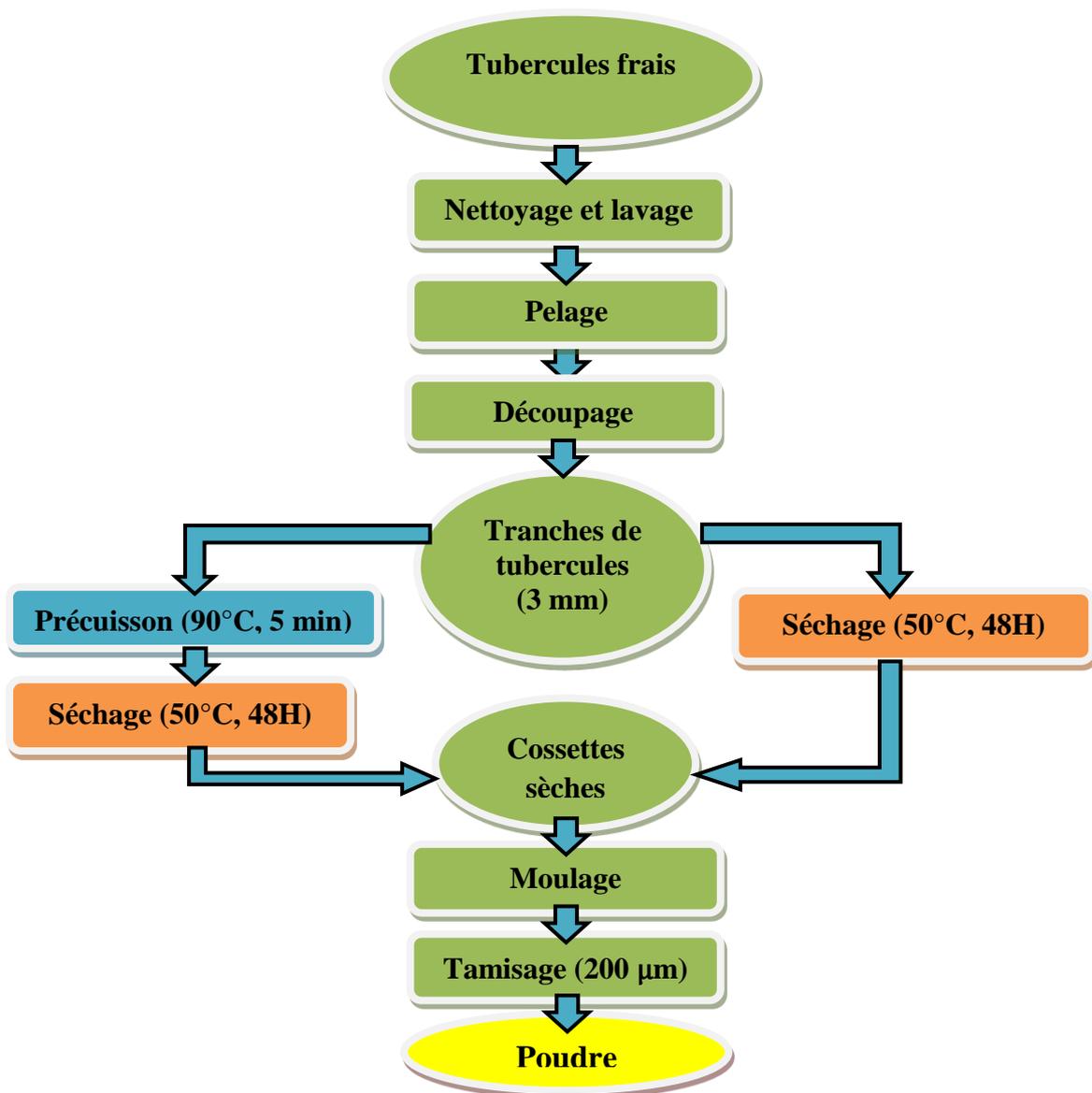


Figure 16: Schéma général d'obtention des poudres de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*

II.5. Evaluation des propriétés nutritionnelles des tubercules

II.5.1. Détermination des teneurs en eau

La méthode est basée sur la perte en masse des échantillons après étuvage à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à masse constante suite à l'élimination complète d'eau libre et faiblement liée et de la matière volatile (AOAC, 1990).

II.5.1.1. Mode opératoire :

Cinq (5g) de matière fraîche sont pesés (M_1) à l'aide d'une balance de précision (1/10 000). Elles sont mises à sécher dans une étuve à une température de 105°C. Les pesées sont régulièrement faites jusqu'à obtention d'un poids constant. Le résidu sec est refroidi dans un dessiccateur contenant le P_2O_5 comme desséchant pendant 1h et pesé (M_2).

Toutes les analyses ont été effectuées en triple ; la teneur en eau étant la moyenne des teneurs déterminées selon la formule suivante:

$$TE(\text{ g/100 g MF}) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

TE est exprimée en g/100 g matière fraîche (MF)

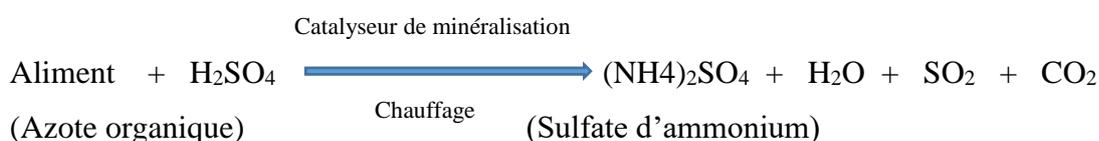
II.5.2. Détermination des teneurs en protéines

Les échantillons secs ont été minéralisés selon Kjeldahl (AFNOR, 1984) et l'azote a ensuite été dosé selon Devani *et al.* (1989).

II.5.2.1. Principe :

La matière organique est digérée avec de l'acide sulfurique concentré à chaud ; en présence d'un agent catalytique (mercure, cuivre, peroxyde d'hydrogène ou sélénium) et du sulfate de potassium pour élever son point d'ébullition. L'azote organique de l'échantillon est converti en sulfate d'ammonium, puis en ammoniacque (après distillation) et mesuré par spectrophotométrie par la méthode de Devani *et al.* (1989).

La minéralisation se traduit par l'équation suivante :



La méthode spectrophotométrique de détermination de l'azote est basée sur la réaction de NH_3 avec l'acétyl acétone et le formaldéhyde en milieu aqueux pour donner un composé jaune appelé 3,5- diacétyl-1,4-dihydrolutidine qui présente un maximum d'absorption à 412 nm suivant l'équation de la figure 17:

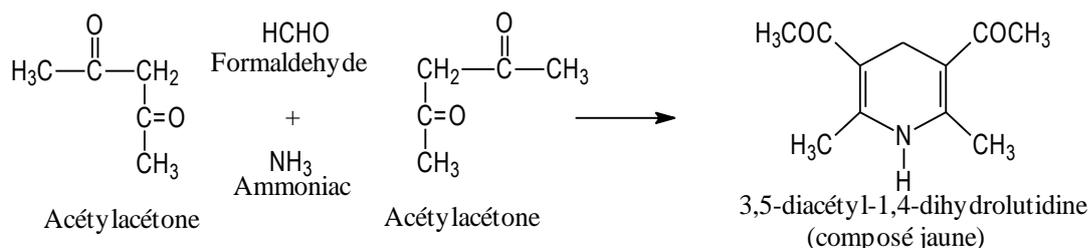


Figure 17: Réaction de l'ammoniac avec l'acétylacétone et le formaldéhyde en milieu aqueux

II.5.2.2. Mode opératoire :

L'échantillon sous forme de poudre (1 g) a été introduit dans chaque matras de minéralisation avec une pincée de catalyseur d'azote (200 g NaSO_4 + 3,5 g de sélénium + 3,2 g de CuSO_4) et 10 mL d'acide sulfurique concentré. Les matras sont disposés tel que le col soit engagé dans un tube collecteur de fumée. Le chauffage lent au début, a été augmenté progressivement. Le liquide noir sirupeux au début vire progressivement au brun-clair puis devient incolore. L'attaque sulfurique a été poursuivie quelques minutes après la décoloration du minéralisât.

Le tableau d'étalonnage de l'azote se trouve en annexe 3-1. L'étalonnage est fait à partir d'une solution de sulfate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) de concentration 0,4 mg d'azote/mL. Les solutions étalons ont été réalisées à des quantités comprises entre 0 et 60 μg d'azote. Pour obtenir 0,4mg d'azote /mL de solution, il faut donc 188mg de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pour 100mL d'eau distillée. La solution réactive est un mélange de 15 mL de formaldéhyde 37% (v/v), de 7,8 mL d'acétylacétone et de l'eau distillée, quantité nécessaire pour obtenir 100mL de solution. A

0,1 mL du minéralisât contenu dans des tubes à essai, ont été introduits successivement 1,2 mL d'acétate de sodium (0,08g/mL) et 1,2 mL de solution réactive. Les tubes ont été plongés dans de l'eau bouillante (97,5°C) pendant 15min puis refroidir dans un courant d'eau froide pour baisser la température à 30°C. De l'eau distillée (7,1 mL) a été ajoutée dans chaque tube et les densités optiques ont été lues à 412 nm contre un blanc ne contenant que l'acétate de sodium (0,08g/mL), de solution réactive et de l'eau distillée.

Calcul et expression des résultats

La teneur en azote a été obtenue par projection sur la courbe d'étalonnage de l'azote (annexe 2, figure a) et la teneur en protéines brutes a été déterminée en multipliant la teneur en azote par le facteur de conversion 6,25.

$$X_p \text{ (g/100 g MS)} = \frac{Y_p * V_e * F_d * 6,25}{1000000 * P_e * TMS}$$

Avec **X_p** : Teneur en protéines (g/100 g MS) ; **Y_p** : Teneur en azote obtenue par le spectrophotomètre (en µg/100 g MS) ; **V_e** : Volume total de l'extrait (en mL) ; **F_d** : Facteur de dilution ; **P_e** : Prise d'essai pour la minéralisation (en g) ; **1000000** : Facteur de conversion permettant de passer de µg à g/100 g MS ; **TMS** : Teneur en matière sèche.

II.5.3. Détermination des teneurs en lipides totaux

Les teneurs en lipides ont été déterminées par la méthode de différence (AOAC, 1980).

II.5.3.1. Principe :

L'extraction des lipides contenus dans un échantillon est basée sur la solubilité différentielle de ces derniers dans l'hexane. Elle se fait à chaud pendant 8 heures.

II.5.3.2. Mode opératoire :

Une masse d'échantillon de 2 g de poudre (M_0) a été soigneusement emballée dans une cartouche de cellulose. L'ensemble a été introduit dans l'extracteur de l'appareil de Soxhlet monté sur un ballon contenant trois billes de verre préalablement pesé (M_1). Deux cent (200) mL de solvant (hexane) ont été introduits dans l'extracteur jusqu'à siphonage. Et 30 mL supplémentaire de solvant ont été ajoutés dans l'extracteur jusqu'à la moitié du niveau de siphon. Le réfrigérant a été monté sur l'extracteur et le ballon a été chauffé à reflux pendant 8 heures. A la fin de l'extraction, l'hexane contenu dans M_1 a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif. L'ensemble ballon + billes + lipides (M_2) a été séché à 105°C pendant 24h puis refroidi dans un dessiccateur. Le ballon contenant l'extrait lipidique et les billes a été pesé (M_2).

$$\text{Teneur en lipides (g/100 g MS)} = \frac{M_2 - M_1}{M_0} \times 100$$

Les résultats sont exprimés en g/100 g de MS.

II.5.4. Détermination des teneurs en fibres brutes

Les teneurs en fibres ont été déterminées par la méthode AOAC (1980).

II.5.4.1. Principe :

Cette méthode est basée sur la digestion de l'aliment séché et délipidé par un acide fort (H_2SO_4) et une base forte (NaOH).

II.5.4.2. Mode opératoire :

Environ 3 g (M_1) d'échantillon sous forme de poudre ont été introduits dans 100 mL d'acide sulfurique (H_2SO_4 ; 0,26N) contenu dans un bécher de 250 mL. Le mélange a été chauffé pendant 30 minutes à 100°C et refroidi. Après filtration à l'aide d'un filtre en verre

fritté, le résidu a été rincé trois fois avec de l'eau distillée, puis récupéré à l'aide d'une spatule et introduit dans un bécher de 250 mL où 100 mL de soude (NaOH ; 0,23 N) ont été introduits. Le mélange a été encore chauffé à 100°C pendant 30 minutes, refroidi et filtré. Le résidu obtenu a été lavé 2 fois à l'acétone, et séché à l'étuve à 100°C pendant 8 heures. Après refroidissement, le résidu a été pesé (M_2) puis calciné au four à 550°C pendant 3 heures. Il a enfin été refroidi dans un dessiccateur et pesé (M_3).

$$\text{Fibres brutes (g/100 g MS)} = \frac{M_2 - M_3}{M_1} \times 100$$

Les résultats sont exprimés en g/100 g MS.

II.5.5. Détermination des teneurs en cendres totales

Les cendres totales ont été quantifiées par la méthode AOAC (1980)

II.5.5.1. Principe :

La détermination des teneurs en cendres consiste à l'oxydation complète par incinération d'un échantillon dans un four à moufle réglé à 550°C jusqu'à obtention des cendres blanches.

II.5.5.2. Mode opératoire :

L'échantillon sous forme de poudre ($M_e = 1$ g) a été introduit dans un creuset en porcelaine, préalablement conditionné au four à cendre à 550°C pendant 2 Heures, refroidi et pesé ($M_0 =$ creuset vide). L'ensemble a été placé dans un four à 550°C pendant 24h. A la fin de l'incinération, le creuset contenant les cendres est sorti du four à l'aide d'une pince, puis l'ensemble est refroidi dans un dessiccateur et la masse ($M_C =$ creuset + cendres) est déterminée.

La teneur en cendre est déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{Teneur en cendres (g/100 g MS)} = \frac{M_C - M_0}{M_e} \times 100$$

La teneur en cendres est exprimée en g/100 g MS.

II.5.6. Détermination des teneurs en sucres solubles.

Les sucres solubles ont été extraits par la méthode décrite par Cerning et Guilbot (1973) et dosés par la méthode à l'antrone (Hedge et Hofreiter, 1962).

II.5.6.1. Principe

Les sucres en présence du réactif d'antrone et portés à ébullition, donnent une coloration verte dont l'intensité est proportionnelle à la quantité des sucres solubles.

II.5.6.2. Mode opératoire

- Extraction des sucres solubles

Une masse ($M_s = 0,5$ g) d'échantillon sous forme de poudre a été introduite dans un ballon, puis on y a ajouté 80 mL d'éthanol à 80% (V/V). Après ébullition, le mélange a été chauffé à reflux sous agitation continue à l'aide de barreau magnétique pendant 30 minutes. La solution refroidie a été recueillie et centrifugée à 5000 rpm pendant 10 minutes. Le surnageant (l'extrait) a été recueilli par filtration et complété à un volume final de 100 mL avec l'éthanol 80% (V/V).

- Dosage des sucres solubles

Un volume d'extrait (0,5 mL) et 2 mL de réactif d'antrone (à 0,2% dans l'acide sulfurique concentré (95-99%)) ont été introduits dans des tubes à essai. Les tubes ont été chauffés à 95°C pendant 16 min au bain-marie puis refroidi dans un bain d'eau glacé. La densité optique a été lue à 630 nm contre le blanc constituée de l'éthanol 80% (0,5 mL) et du réactif d'antrone (2 mL).

La solution d'antrone a été préparée au moins 4 heures avant la manipulation et conservée à l'abri de la lumière.

$$\text{Teneur en sucres solubles (g/100 g MS)} = q * \frac{Vt * D}{Ms * Ve * 1000000 * TMS} \times 100$$

Avec :

q : Quantité de glucose (**µg**) correspondant à la **D.O** lue.

Ve : Volume d'échantillon utilisé pour l'analyse

Ms : Masse d'extrait (**0,5g**)

TMS : Teneur en matière sèche

Vt : Volume total de sucre extrait; **D** : Facteur de dilution

II.5.7. Détermination des teneurs en glucides totaux

Les teneurs en glucides totaux ont été déterminées par la méthode de différence décrite par AOAC. (1980). Les résultats ont été exprimés suivant l'équation

$$\text{Teneur en glucides totaux (g/100 g MS)} = \text{Teneur en matière sèche} - (\text{Teneur en protéines} + \text{Teneur en lipides totaux} + \text{Teneur en fibres brutes} + \text{Teneur en cendres})$$

II.5.8. Détermination des teneurs en amidon

Les teneurs en amidon ont été déterminées par la méthode de différence telle que décrite par AOAC. (1990). Les résultats ont été exprimés suivant l'équation :

$$\text{Teneur en amidon (g/100 g MS)} = \text{Teneur en matière sèche} - (\text{Teneur en protéines} + \text{Teneur en lipides totaux} + \text{Teneur en fibres brutes} + \text{Teneur en sucres solubles} + \text{Teneur en cendres})$$

II.5.9. Détermination des teneurs en minéraux

II.5.9.1. Préparation des minéralisats

L'extraction des minéraux a été faite par la méthode de Pauwels *et al.* (1992). Dans une fiole jaugée de 50 mL, ont été introduits successivement, 1 g de cendres et un petit volume d'acide nitrique 0,2 N. Le mélange a été ensuite agité pendant 2 heures à l'aide d'un agitateur magnétique et complété avec l'acide nitrique 0,2 N jusqu'au trait de jauge et laisser

au repos pendant 10 minutes. Le contenu de la fiole a été filtré sur papier filtre (Whatman Quantitative Filter Papers, Ashless, Grade 42. Ashless : 0.007 % Ash maximum ; Fine = 2.5 µm) et le filtrat a été conservé à 4°C pour différentes analyses.

II.5.9.2. Dosage du calcium

Le titrage du calcium a été fait suivant la méthode décrite par Pauwels *et al.* (1992).

II.5.9.2.1. Principe :

Le calcium est titré avec l'éthylène diamine tétra-acide acétique (EDTA) en présence de l'indicateur de Patton et Reeder acide 2-hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphtylazo)-3-naphtoïque (HHSNN) après avoir précipité le magnésium sous forme d'hydroxyde de magnésium $Mg(OH)_2$ par alcalinisation de l'extrait jusqu'à pH 12,5. Le point équivalent est atteint lorsque la solution vire du violet au bleue.

II.5.9.2.2. Mode opératoire :

A 20 mL de la prise d'essai a été ajoutée 30 mL d'eau distillée. Le pH du milieu a été ramené entre 12,5 et 13 à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium 8 M, suivi d'un ajout successif de 1 mL de cyanure de potassium (KCN), 1 mL de triéthanolamine (TEA) et une pincée de colorant Ca^{2+} . Le mélange a été titré avec un volume V de Na_2 -EDTA 0,002 M et l'équivalence est atteint lorsque la solution vire du violet au bleue.

L'expression des résultats se fait en trois étapes :

Etape 1 : Détermination de la concentration molaire du calcium

$$C_{Ca} = \frac{V_{Na_2-EDTA} * C_{Na_2-EDTA}}{V_e}$$

Avec C_{Ca} : Concentration molaire en calcium (mol/L) ; V_{Na_2-EDTA} : Volume équivalent du Na_2 -EDTA (en mL) ; C_{Na_2-EDTA} : Concentration molaire du Na_2 -EDTA ; V_e : Volume prise d'essai (en mL).

Etape 2 : Détermination de la concentration pondérale du calcium

$$C_{pCa} = M_{Ca} * C_{Ca}$$

Avec C_{pCa} : Concentration pondérale du calcium (en mg/L) ; M_{Ca} : Masse molaire du calcium (g/mol) ; C_{Ca} : Concentration molaire en calcium (mol/L).

Etape 3 : Détermination de la teneur en calcium

$$X_{Ca} \text{ (mg/100 g MS)} = \frac{C_{pCa} * V_{Te} * F_d * T_c}{1000 * P_e}$$

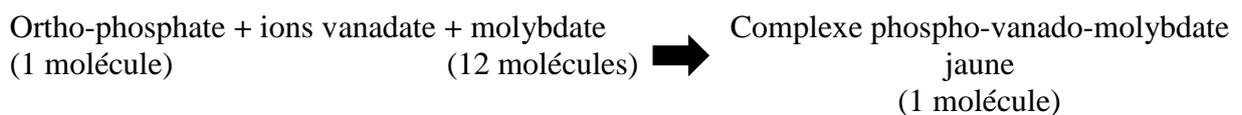
Avec X_{Ca} : Teneur en calcium (en mg/100 g MS) ; C_{pCa} : Concentration pondérale du calcium (en mg/L) ; V_{Te} : Volume total de l'extrait (en mL) ; T_c : Teneur en cendre de l'échantillon (en g/100 g MS) ; F_d : Facteur de dilution ; P_e : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de g/L à mg/mL.

II.5.9.3. Dosage du phosphore

Le dosage du phosphore s'est fait sur l'extrait obtenu par minéralisation selon la procédure générale de Pauwels *et al.* (1992).

II.5.9.3.1. Principe :

Le phosphore est présent dans l'extrait sous forme d'ortho-phosphate. En présence des ions vanadate et molybdate, le phosphate forme un complexe phospho-vanado-molybdate de couleur jaune mesurable par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à 430 nm suivant l'équation :



II.5.9.3.2. Mode opératoire :

Les solutions d'hydrogenophosphate de potassium sont réalisées à des concentrations variant de 20 à 200 mg/L suivant une suite géométrique de raison 2 (annexe 3-2). Il a été introduit successivement dans une fiole jaugée de 10 mL, 2 mL de l'extrait de cendres, 6 mL d'eau distillée et 2 mL de réactif de nitro-vanado-molybdate. Le mélange a été homogénéisé et laissé au repos pendant 1 heure (annexe 3-3). La même opération a été effectuée pour les étalons. La lecture s'est faite à 430 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption moléculaire Jasco V-630 relié à un ordinateur.

Les résultats sont directement exprimés en ppm et ensuite convertis en mg de phosphore par 100 g de matière sèche suivant l'équation :

$$X_p \text{ (mg/100 g MS)} = \frac{Y_p * V_e * F_d * T_c}{1000 * P_e}$$

Avec **X_p** : Teneur en phosphore (en mg/100 g MS) ; **Y_p** : Teneur en phosphore obtenue par le spectrophotomètre (en ppm) ; **V_e** : Volume total de l'extrait (en mL) ; **F_d** : Facteur de dilution ; **T_c** : Teneur en cendre de l'échantillon (en g/100 g MS) ; **P_e** : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de ppm à mg/mL.

II.5.9.4. Dosage du fer

Le fer a été dosé suivant la méthode de Pauwels *et al.* (1992).

II.5.9.4.1. Principe :

En milieu acide, l'ortho-phénanthroline donne, avec le fer ferreux, un complexe coloré rouge dont l'absorption est maximale à 510 nm, l'intensité étant proportionnelle à la quantité de fer suivant l'équation de la figure 18 :

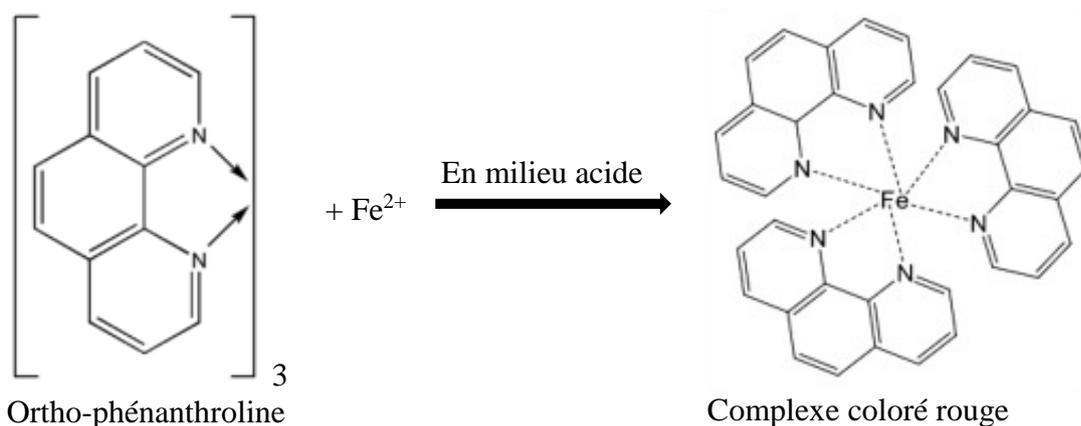


Figure 18 : Réaction entre l’ortho-phénanthroline et le fer ferreux en milieu acide

II.5.9.4.2. Mode opératoire :

Il a été introduit successivement dans une fiole jaugée de 50 mL, 2 mL de l’extrait de cendres, 2 mL d’acide ascorbique 10 %, 3 mL d’une solution tampon d’ammonium acétate 60 %, 2 mL d’ortho-phénanthroline 0,5 % et complété avec de l’eau distillée jusqu’au trait de jauge. Le mélange a été homogénéisé et laissé au repos pendant 1 heure. La même opération a été effectuée pour les étalons. Les solutions commerciales de Fe^{2+} sont réalisées à des concentrations variant de 2 à 10 $\mu\text{g/mL}$ (annexe 3-4). Après 1 heure d’incubation à température ambiante, la lecture des densités optiques s’est faite à 510 nm contre un blanc à l’aide d’un spectrophotomètre d’absorption moléculaire Jasco V-630 relié à un ordinateur.

Les résultats sont directement exprimés en ppm et ensuite convertis en mg de fer par 100 g de matière sèche suivant l’équation :

$$X_f (\text{mg}/100 \text{ g MS}) = \frac{Y_f * V_e * F_d * T_c}{1000 * P_e}$$

Avec **X_f** : Teneur en fer (en mg/100 g MS) ; **Y_f** : Teneur en fer obtenue par le spectrophotomètre (en ppm) ; **V_e** : Volume total de l’extrait (en mL) ; **F_d** : Facteur de dilution ; **T_c** : Teneur en cendre de l’échantillon (en g/100 g MS) ; **P_e** : Prise d’essai pour l’extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de ppm à mg/mL.

II.5.9.5. Dosage du zinc, magnésium, cuivre, sodium et potassium

La détermination du zinc, magnésium, cuivre, sodium et potassium dans les échantillons a été faite en utilisant le spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA) (Agilent Technologies, 55 AA Atomic Absorption Spectrometer) suivant le protocole décrit par le manuel Agilent Technologies (2017).

II.5.9.5.1. Principe

Chaque élément a un nombre spécifique d'électrons associés à son noyau. La configuration orbitale normale et la plus stable des électrons est appelée état de base. Lorsque qu'une énergie est fournie à un atome, ce dernier l'absorbe et adopte une configuration électronique appelée état d'excitation. Cet état est instable et l'atome retourne immédiatement à son état de base libérant ainsi une énergie lumineuse. Lors du procédé d'absorption atomique à flamme tel qu'indiqué dans la figure 19, l'énergie fournie à l'atome provient d'une source lumineuse appelée lampe à cathode creuse. L'atome dans son état de base absorbe l'énergie lumineuse à une longueur d'onde spécifique et passe à un état d'excitation. Un détecteur mesure la quantité de lumière absorbée et un signal électronique est produit en fonction de l'intensité lumineuse. Ce signal est traité et la quantité d'analyte dans l'échantillon est déterminée en fonction de l'absorbance mesurée.

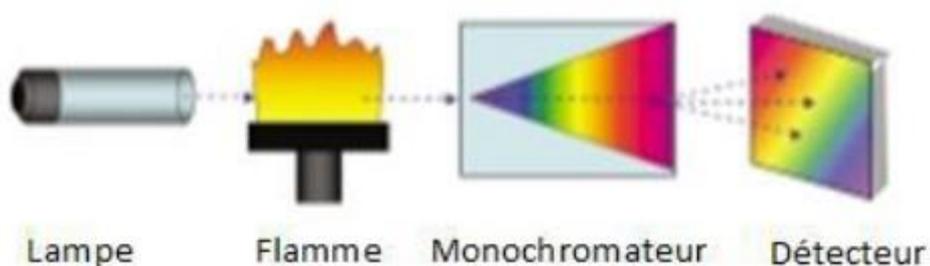


Figure 19: L'appareillage en spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme

II.5.9.5.2. Mode opératoire

Les solutions standards ont été préparées à partir des solutions étalons de référence pour tous les ions. La gamme d'étalonnage pour l'ensemble des ions allait de 0,2 à 10 ppm. Le gaz utilisé était l'acétylène avec l'air comme support et une stœchiométrie de flamme oxydante. L'intensité du courant des lampes utilisées était de 5 mA (zinc, potassium et sodium) et 4 mA (magnésium et cuivre). L'émission de la flamme a été faite à des longueurs d'ondes de 213,9 ; 766,5 ; 285,2 ; 327,4 et 589,0 nm respectivement pour le zinc, le potassium, le magnésium, le cuivre et le sodium ; largeur de la fente 1 nm ; le gaz utilisé était l'acétylène pour tous les éléments et comme support le protoxyde d'azote pour (zinc, magnésium et cuivre) et l'air pour le potassium et le sodium. L'injection s'est faite manuellement en introduisant l'aspirateur de l'appareil tour à tour dans les différents extraits.

Les résultats ont été exprimés en ppm, en se servant des courbes d'étalonnages intégrées et ces résultats ont ensuite été convertis en mg de chaque élément par 100 g de matière sèche suivant l'équation :

$$X_x \text{ (mg/100 g MS)} = \frac{Y_x * V_e * F_d * T_c}{1000 * P_e}$$

Avec X_x : Teneur en chaque élément (en mg/100 g MS) ; Y_x : Teneur en chaque élément obtenue par le spectrophotomètre d'absorption atomique (en ppm) ; V_e : Volume total de l'extrait (en mL) ; F_d : Facteur de dilution ; T_c : Teneur en cendre de l'échantillon (en g/100 g MS) ; P_e : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Le facteur de conversion permettant de passer de ppm à mg/mL.

II.6. Détermination des facteurs antinutritionnels des tubercules

II.6.1. Préparation des extraits de tubercules pour le dosage des tannins condensés

Les extraits ont été préparés suivant la méthode décrite par Ukom *et al.* (2014) modifiée. Cinq g d'échantillon en poudre ont été mélangés avec 50 mL du solvant acétone / eau distillée (50:50 v / v) dans des flacons opaques en verre de 250 mL. Les mélanges ont été bouchés et placés à l'abri de la lumière pendant 72 heures. Ensuite, les échantillons ont été filtrés à l'aide du papier Whatman n°1 et les différents filtrats ont été collectés et conservés à l'obscurité à 4°C pour l'analyse des tannins condensés.

II.6.2. Détermination de la teneur en tannins

II.6.2.1. Principe :

Les tannins condensés en présence de la vanilline acidifiée, développe une coloration rouge qui absorbe avec un maximum à 500nm (Bainbridge *et al.*, 1996).

II.6.2.2. Mode opératoire :

Des tubes à essai de 15 mL ont été recouverts de papier aluminium pour exclure la lumière. Un volume de 125 µL d'extrait dilué a été introduit dans chaque tube à essai suivi de 5 mL d'une solution fraîchement préparée de vanilline (0,1mg/mL) dans l'éthanol (p/v). Après agitation, les tubes ont été placés à l'obscurité pendant 20 minutes et la lecture des densités optiques à 500 nm contre un blanc constitué de vanilline. L'étalonnage a été réalisé à l'aide d'une solution de (+) catéchine 2 mg/mL (annexe 3-5).

La courbe d'étalonnage utilisée pour le dosage des tannins se trouve en annexe 2 (Figure b).

$$\text{Teneur en tannins (mg EC/100 g MS)} = \frac{\text{Yat} * \text{Vte} * \text{Fd} * \text{Tat}}{1000 * \text{Pe} * \text{Vpe}}$$

Avec **Yat** : Teneur en acide tannique obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (en µg) **Vte** : Volume total de l'extrait (en µL) ; **Vpe**: Volume prélevé de l'extrait (en µL) ; **Fd** : Facteur de dilution ; **Tat** : Teneur en acide tannique de l'échantillon (en µg/100 g MS) ; **Pe** : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de µg/100 g MS à mg/100 g MS. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine (EC) par 100 g de matière sèche.

II.6.2. Détermination de la teneur en acide phytique

II.6.2.1. Principe :

L'acide sulfosalicylique forme en solution un complexe coloré (violet en milieu acide) avec le fer suivant l'équation de la figure 20. Ce complexe se décolore en présence d'acide phytique, car le fer va être capté par l'acide phytique, qui a un pouvoir chélatant plus fort que celui de l'acide sulfosalicylique (Gao *et al.*, 2007).

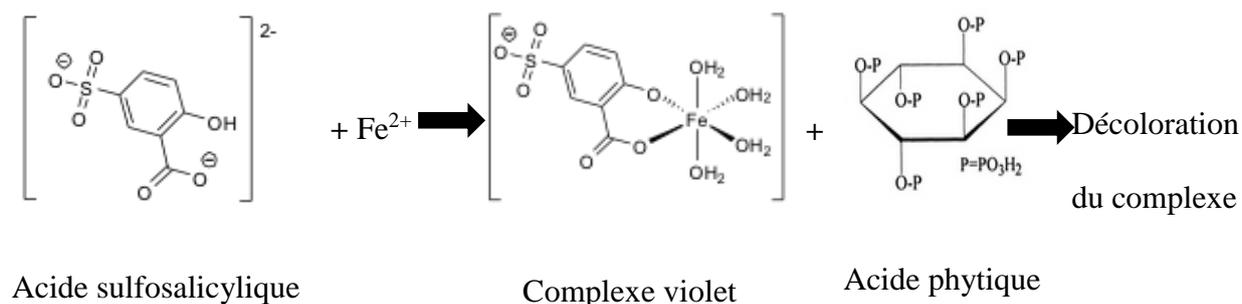


Figure 20 : Réaction entre l'acide sulfosalicylique et le fer en milieu acide

II.6.2.2. Mode opératoire :

Environ 0,5 g d'échantillon sous forme de poudre a été pesé puis introduit dans un ballon de 100mL et 20 mL de HCl 2,4 % ont été ajoutés. Le mélange obtenu a été

homogénéisé sur agitateur magnétique pendant 2h puis filtré. Le filtrat récupéré dans une fiole jaugée de 25mL est ramené au trait de jauge avec le HCl 2,4 %. Du filtrat, 0,25 mL d'extrait ou l'acide phytique a été prélevé et introduit dans un tube à essai de 10 mL, suivi de 2 mL d'eau distillée et 0,75 mL du réactif de Warde. L'absorbance est lue à 465 nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions et ne contenant pas d'extrait. Les concentrations d'acide phytique utilisées pour la construction de la droite d'étalonnage variaient de 3,125 à 100 µg/mL.

La courbe d'étalonnage utilisée pour la détermination des teneurs en phytates se trouve en annexe 2 (Figure c).

$$\text{Teneur en phytates (mg/100 g MS)} = \frac{\text{Yap} * \text{Vte} * \text{Fd} * \text{Tap}}{1000 * \text{Pe} * \text{Vpe}}$$

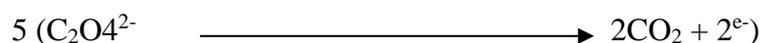
Avec **Yap** : Teneur en acide phytique obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (en µg) **Vte** : Volume total de l'extrait (en µL) ; **Vpe**: Volume prélevé de l'extrait (en µL) ; **Fd** : Facteur de dilution ; **Tap** : Teneur en acide phytique de l'échantillon (en µg/100 g MS) ; **Pe** : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de µg/100 g MS à mg/100 g MS. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide phytique par 100 g de matière sèche.

II.6.3. Détermination de la teneur en oxalates totaux

La teneur en oxalate a été déterminée par titration suivant la méthode décrite par Aina *et al.* (2012).

II.6.3.1. Principe :

En présence de l'acide sulfurique et à chaud, l'acide oxalique est oxydé par le permanganate de potassium suivant la réaction :



L'oxydation de l'acide oxalique est marquée par le virage de la solution de l'incolore au rose persistant pendant quelques secondes marquant ainsi la fin de la réaction.

II.6.3.2. Mode opératoire :

Un (1) g d'échantillon sous forme de poudre a été pesé puis introduit dans un erlenmeyer ; 75 mL de H_2SO_4 6 N y ont été ajoutés. Le mélange a subi une agitation magnétique pendant 1h suivi d'une filtration. Vingt-cinq (25) mL du filtrat obtenu ont été recueillis et chauffés entre 80 - 90°C puis maintenu au-dessus de 70°C en tout temps ; l'échantillon chaud a été titré en continu avec le KMnO_4 0,05mol/L jusqu'à obtention d'une couleur rose pâle qui persiste pendant au moins 15 secondes.

La teneur en oxalates a été calculée en prenant 1 mL de KMnO_4 0,05 mol/L comme l'équivalent de 2,2 mg d'oxalate.

$$\text{Teneur en oxalates (mg/100 g MS)} = \frac{\text{VKMnO}_4 * \text{Fd} * 2,2}{\text{Pe}}$$

Avec **VKMnO₄** : Volume équivalent (en mL) ; **2,2** est une constante ; **Fd** : Facteur de dilution ; **Pe** : Prise d'essai (en g).

II.6.4. Détermination des teneurs en saponines

II.6.4.1. Principe :

Cette méthode est basée sur la solubilité différentielle des saponines dans un milieu aqueux comparé à d'autres antinutritionnels suivant la méthode de Kozol (1990).

II.6.4.2. Mode opératoire :

A 0,5 g d'échantillon en poudre introduit dans un tube à essai, 5 mL d'eau distillée ont été ajoutés, puis agité vigoureusement au vortex pendant 30 secondes. Immédiatement après 7 secondes, la hauteur de la mousse formée était mesurée à l'aide d'une règle graduée à 0,1 cm près.

$$\text{Teneur en saponines (mg/100 g MS)} = \frac{(0,432 * Hm) + 0,008}{Me}$$

Avec **Hm** : Hauteur de la mousse (en cm) ; **Me** : Masse de l'échantillon (en g); 0,432 et 0,008 étant des constantes.

II.7. Analyse des composés phénoliques totaux et flavonoïdes

II.7.1. Préparation des extraits de tubercules pour le dosage des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes

Les extraits ont été préparés suivant la méthode décrite par Ukom *et al.* (2014) modifiée. Une quantité de 5 g de l'échantillon en poudre broyé a été mélangée avec 50 mL du solvant d'extraction acétone / eau distillée (50:50 v / v) dans des flacons opaques en verre de 250 mL. Les mélanges ont été bouchés et placés à l'abri de la lumière pendant 72 heures. Ensuite, les échantillons ont été filtrés sur papier Whatman n°1 et les différents filtrats ont été collectés et conservés à l'obscurité à 4°C pour l'analyse des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes.

II.7.2. Analyse des composés phénoliques totaux

La méthode utilisée pour déterminer la teneur en composés phénoliques dans les échantillons est celle proposée par Singleton et Rossi (1965).

II.7.2.1. Principe :

Cette méthode est basée sur l'oxydation-réduction des groupements phénoliques en présence du réactif de Folin Ciocalteu, en milieu carbonaté. Le réactif de Folin Ciocalteu et le carbonate de sodium réagissent avec les groupements phénols pour former un complexe de coloration bleue qui absorbe à 765 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la teneur en groupement phénol de l'échantillon.

II.7.2.2. Mode opératoire :

A 200 µL d'extrait, de solution standard d'acide gallique (10 % ; p/v) ou de méthanol 50% (blanc) contenu dans un tube de 10 mL, ont été ajoutées 2 mL d'une solution de *Folin Ciocalteu* (10 % ; v/v). Cinq min après, 2 mL de solution de carbonate de sodium (10 % ; p/v) fraîchement préparée, ont été ajoutées au mélange puis agité au vortex et laissé au repos pendant 30 min. L'absorbance du complexe coloré (bleue) qui s'est formé a été lue à 765 nm contre le blanc. Les solutions d'acide gallique ont été réalisées à des concentrations variant de 0,25 à 0,03125 mg/mL suivant une suite géométrique de raison 2.

La teneur en composés phénoliques a été déterminée par extrapolation à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (annexe 2, figure d).

$$\text{Teneur en composés phénoliques totaux (mg EAG/100 g MS)} = \frac{Y_{cp} * V_{te} * F_d * T_{cp}}{1000 * P_e * V_{pe}}$$

Avec **Y_{cp}** : Teneur en composés phénoliques totaux obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (en µg) **V_{te}** : Volume total de l'extrait (en µL) ; **V_{pe}** : Volume prélevé de l'extrait (en µL) ; **F_d** : Facteur de dilution ; **T_{cp}** : Teneur en composés phénoliques totaux (en µg/100 g MS) ; **P_e** : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de µg/100 g MS à mg/100 g MS. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique (EAG) par 100 g de matière sèche.

II.7.2. Analyse des flavonoïdes

Le protocole expérimental suivi pour cette analyse est celui décrit par Zhishen *et al.* (1999)

II.7.2.1. Principe :

Le chlorure d'aluminium et la soude forment un complexe rose en présence des groupements flavones suivant l'équation de la figure 21. Le complexe rose formé absorbe à 510 nm et l'intensité de sa coloration est proportionnelle à la concentration des groupements flavones de l'échantillon.

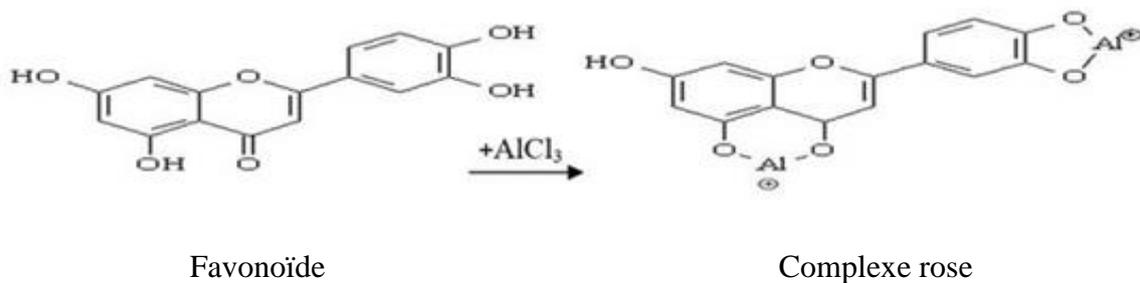


Figure 21 : Réaction entre les groupements flavones et le chlorure d'aluminium en milieu basique

II.7.2.2. Mode opératoire :

A 0,5 mL d'extrait, de solution standard diluée de catéchine (mg/mL ; p/v) ou d'éthanol 50% (blanc) contenu dans un tube de 10 mL, ont été ajoutés 2 mL d'eau désionisée et 0,15 mL de AlCl₃ 10 %. Six (6) min plus tard, 1 mL de NaOH (1 N) et 3,35 mL d'eau désionisée ont été ajoutés dans l'ordre. Le mélange a été agité au mixeur. Il s'est formé un complexe coloré rose qui a été quantifié par mesure de la DO à 510 nm contre le blanc.

La courbe d'étalonnage de la catéchine utilisée pour l'analyse des flavonoïdes se trouve en annexe 2 (Figure e).

$$\text{Teneur en flavonoïdes (mg EC/100 g MS)} = \frac{Y_{fl} * V_{te} * F_d * T_{fl}}{1000 * P_e * V_{pe}}$$

Avec **Yfl** : Teneur en flavonoïdes obtenue à partir de la courbe d'étalonnage en μg ; **Vte** : Volume total de l'extrait (en μL) ; **Vpe** : Volume prélevé de l'extrait (en μL) ; **Fd** : Facteur de dilution ; **Tfl** : Teneur en composés phénoliques totaux (en $\mu\text{g}/100\text{ g MS}$) ; **Pe** : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de $\mu\text{g}/100\text{ g MS}$ à $\text{mg}/100\text{ g MS}$. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine (EC)/100 g de masse sèche.

II.8. Détermination de l'activité antioxydante

II.8.1. Préparation des échantillons de tubercules pour le test de DPPH et FRAP

Les extraits de tubercules ont été préparés suivant la méthode décrite par Ukom *et al.* (2014) modifiée. Une quantité de 5 g de l'échantillon en poudre broyé a été mélangée avec 50 mL du solvant d'extraction acétone / eau distillée (50:50 v / v) dans des flacons opaques en verre de 250 mL. Les mélanges ont été bouchés et placés à l'abri de la lumière pendant 72 heures. Ensuite, les échantillons ont été filtrés à l'aide du papier Whatman n°1 et les différents filtrats ont été collectés et conservés à l'obscurité à 4°C pour le test antioxydant (DPPH et FRAP).

II.8.2. Test de DPPH

Le test de réduction des radicaux de DPPH a été réalisé suivant le protocole décrit par Molyneux (2004).

II.8.2.1. Principe :

Ce test est basé sur le piégeage des radicaux de 2,2 – DiPhenylPicryl Hydrazine (DPPH par un antioxydant (RH) à travers le transfert d'un atome d'hydrogène (figure 22). La réduction se traduit par une baisse de l'absorbance à 517 nm due au changement de coloration de la solution qui passe du violet au jaune.

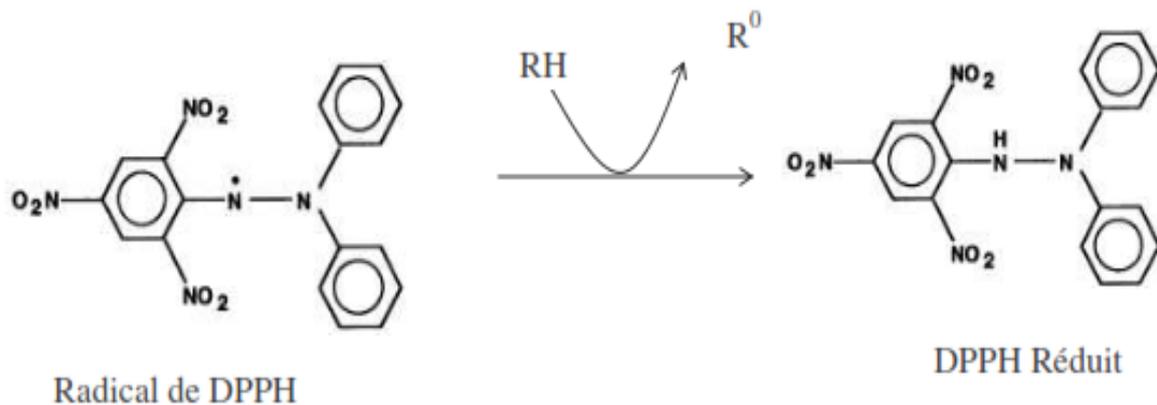


Figure 22: Réaction de réduction du radical de DPPH (Molyneux, 2004).

II.8.2.2. Mode opératoire :

A 0,1 mL d'extrait ou d'éthanol 50% (contrôle positif) contenu dans un tube à essai de 10 mL, a été ajoutée 3,9 mL d'une solution méthanolique de DPPH (0,05 mM) fraîchement préparée. Après 30 min d'incubation à l'obscurité, la décroissance de l'absorption a été déterminée à 517 nm contre un blanc constitué uniquement d'extrait.

Le pourcentage d'inhibition des radicaux de DPPH sera donné par l'équation :

$$\% \text{ d'inhibition} = (1 - A_s/A_0) \times 100$$

Avec A_s = Absorbance de l'échantillon, A_0 = Absorbance du contrôle

Les courbes des pourcentages d'inhibition du DPPH pour chaque extrait en fonction des concentrations de la moyenne des trois essais de l'acide gallique se trouvent en annexe 2 (Figure f).

II.8.3. Test de FRAP (Ferric-reducing antioxidant power)

La méthode utilisée est celle décrite par Benzie et Strain (1996).

II.8.3.1. Préparation des réactifs du dosage du potentiel antioxydant par la méthode de FRAP

- R1 : Solution acide de TPTZ (2,6,4-tris (2-pyridyl)-S-triazine) 10 mM : elle est préparée en dissolvant 0,156 g de TPTZ dans 50 mL de HCl (400 mM).

- R2 : Solution de FeCl₃ 10 mM : Elle est préparée en dissolvant 0,081 g de Chlorure ferrique dans 50 mL d'eau distillée
- R3 : Tampon acétate à 3 mM, pH 3,6 : il est préparé en dissolvant 12,3 g d'acétate de sodium dans 400 ml d'eau contenue dans une fiole jaugée de 500 mL, puis le pH est ajusté à 3,6 par avec l'acide acétique.
- R4 : Solution de travail (réactif de FRAP) : elle est préparée en mélangeant dix parts de R3, une part de R1 et une part de R2.

Le réactif de FRAP s'est effectué dans l'ordre du mélange suivant : 400 mL de tampon acétate; 40 ml de solution de TPTZ et 40 ml de solution de FeCl₃.

II.8.3.2. Principe :

Elle est basée sur la réduction des ions ferriques (Fe³⁺) en ion ferreux (Fe²⁺) due à la présence et à l'action des molécules antioxydantes. Les ions Fe²⁺ formés, interagissent avec le 2,4,6-tris(2 pyridyl)-s-triazine (TPTZ) pour former un complexe qui absorbe à 593 nm suivant l'équation de la figure 23:

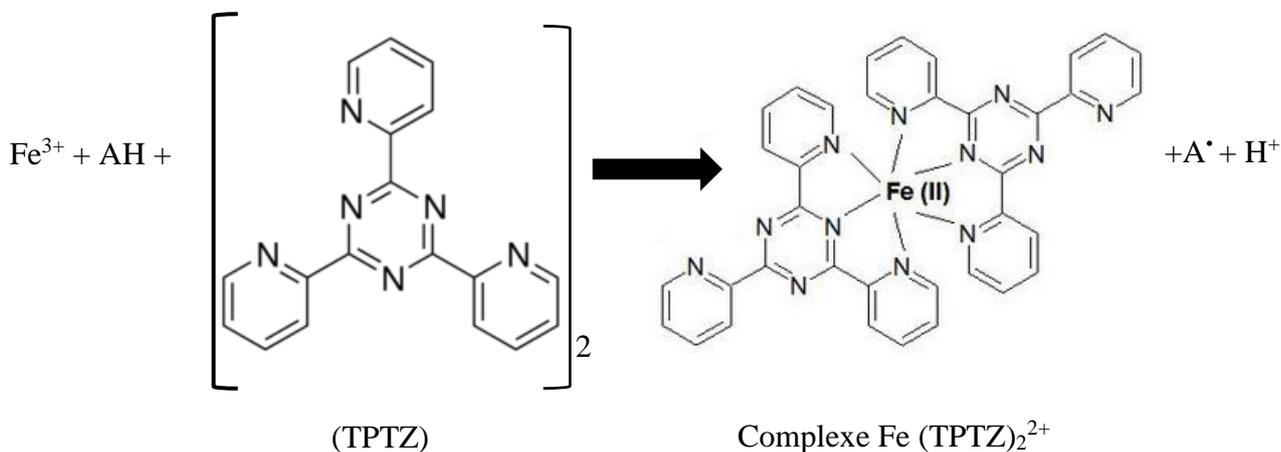


Figure 23 : Réaction entre les ions Fe²⁺ et le 2,4,6-tris(2 pyridyl)-s-triazine (TPTZ)

II.8.3.3. Mode opératoire :

A 0,1 mL d'extrait, ou de solution standard de FeSO₄ (mg/mL ; p/v), ont été ajoutés 3 mL de réactif de FRAP, fraîchement préparé. Après 5 min d'incubation, l'absorbance du milieu réactionnel a été lue à 593 nm.

La courbe d'étalonnage (FeSO₄) utilisée pour la détermination de l'activité réductrice des ions ferriques est indiquée en annexe 2 (figure g).

$$\text{Teneur en FeSO}_4 \text{ (mg FeSO}_4\text{/100 g MS)} = \frac{Y_{fs} * V_{te} * F_d * T_{fs}}{1000 * P_e * V_{pe}}$$

Avec **Y_{fs}** : Teneur en FeSO₄ obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (en µg) **V_{te}** : Volume total de l'extrait (en µL) ; **V_{pe}** : Volume prélevé de l'extrait (en µL) ; **F_d** : Facteur de dilution ; **T_{fs}** : Teneur en FeSO₄ (en µg/100 g MS) ; **P_e** : Prise d'essai pour l'extraction (en g) ; **1000** : Facteur de conversion permettant de passer de µg/100 g MS à mg/100 g MS. Les résultats ont été exprimés en mg FeSO₄/ 100 g MS.

II.9. Evaluation de l'index glycémique

II.9.1. Choix du matériel végétal et préparation de la ration

Le choix des échantillons s'est fait sur la base de leur profil nutritionnel, antinutritionnel et antioxydant. Le test de classification TwoStep a permis d'identifier le meilleur tubercule par espèce. Le critère de classification était celui de Bayésien de Schwartz (BIC). C'est un critère dont le principe est basé sur la classification des échantillons d'une même espèce du moins important au plus important ; le plus important étant le meilleur. Etant donné qu'il y avait quatre espèces pour un total de 17 échantillons provenant des Régions différentes, les tubercules suivants ont été retenus : *C. esculentus* du Nord-Ouest, *D. burkilliana* de l'Adamaoua, *D. bulbifera* de l'Adamaoua et *D. schimperiana* rouge de l'Ouest.

Deux autres tubercules ont été associés comme référence : il s'agit de la patate jaune (*I. batatas*) de l'Ouest et l'igname jaune (*D. dumetorum*) sans poils de l'Ouest. Le choix de ces tubercules comme référence s'est fait sur la base des travaux antérieurs effectués par d'autres auteurs et leur connaissance par les consommateurs. Les tubercules ont été lavés et pelés, ils ont ensuite été découpés en tranches d'environ 3 cm d'épaisseur avant d'être cuit à la vapeur à l'aide du feu de gaz domestique pendant 45 min. Après cuisson, les morceaux de tubercules ont été pilés à l'aide d'un mortier avant d'être servi aux rats.

II.9.2. Préparation des animaux

Après la période d'adaptation, les animaux ont été mis à jeun pendant 12 heures. Après le jeun, chaque animal a été prélevé à l'extrémité de la queue pour la prise de la glycémie au temps zéro heure, avant de les nourrir avec 2 g/kg de poids corporel de chaque aliment (boule de pilé) à tester ou de glucose (témoin). Les rats ont été randomisés après la prise de la glycémie à jeun.

II.9.3. Mesure de la réponse glycémique

Après la consommation de l'aliment (tubercule pilé) ou du glucose, les taux de glucose sanguin des rats ont été mesurés à l'aide d'un glucomètre ONETOUCH UltraEasy (AW 063-982-01A ; Rev : 2005/08). Les courbes de glycémie ont été construites à partir des valeurs de la glycémie des animaux aux temps 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 et 150 minutes après la consommation des échantillons de glucose (témoin) ou d'aliments à tester de chaque groupe. L'aire incrémentale sous la courbe (AIC) de l'aliment de référence (glucose) a été déterminée par la formule de calcul de l'aire d'un triangle selon la formule suivante :

$$\text{Aire incrémentale sous la courbe} = \frac{(\text{Base} \times \text{Hauteur})}{2}$$

❖ Base allant du temps 0 min au temps 150 min avec 1 cm équivalent à 1 min,

- ❖ Hauteur allant de l'ingestion au temps 0 min au pic de la réponse glycémique (1 cm équivalent à 1 mg/dL).

L'indice glycémique (IG) de chaque régime a été calculé en divisant l'AIC de chaque régime par l'AIC de la solution de glucose standard le tout multiplié par 100 (FAO / OMS, 1991) suivant l'équation :

$$IG = \frac{\text{aire incrémentale sous la courbe 2h30 min après ingestion de l'aliment testé}}{\text{aire incrémentale sous la courbe 2h30 min après ingestion de l'aliment de référence}} \times 100$$

II.10. Analyse statistique

Lors du dépouillement des fiches d'enquête, un décompte des réponses a été fait et les pourcentages ont été calculés par rapport au nombre d'enquêtés. Le test de Phi a été utilisé pour établir les associations entre variables de l'enquête. Les analyses de laboratoire (analyses nutritionnelles, anti-nutritionnelles, antioxydantes, index glycémique) ont été faites en triple et les résultats exprimés sous formes de moyennes plus ou moins écart types.

Les données ont été analysées en utilisant le test ANOVA et le test Posthoc LSD pour effectuer des comparaisons à plus de deux variables. La régression logistique a été utilisée pour déterminer les CI₅₀ des échantillons lors de l'analyse antiradicalaire au DPPH.

Le test de classification « TwoStep » a permis d'identifier le meilleur tubercule par espèce sur la base de leurs profils nutritionnelles, antioxydantes et facteurs antinutritionnels. Le critère de classification était le critère Bayésien de Schwartz (BIC).

Les données ont été analysées en utilisant le logiciel IBM/SPSS 20 pour Windows au seuil de significativité de 5%.

CHAPITRE III :

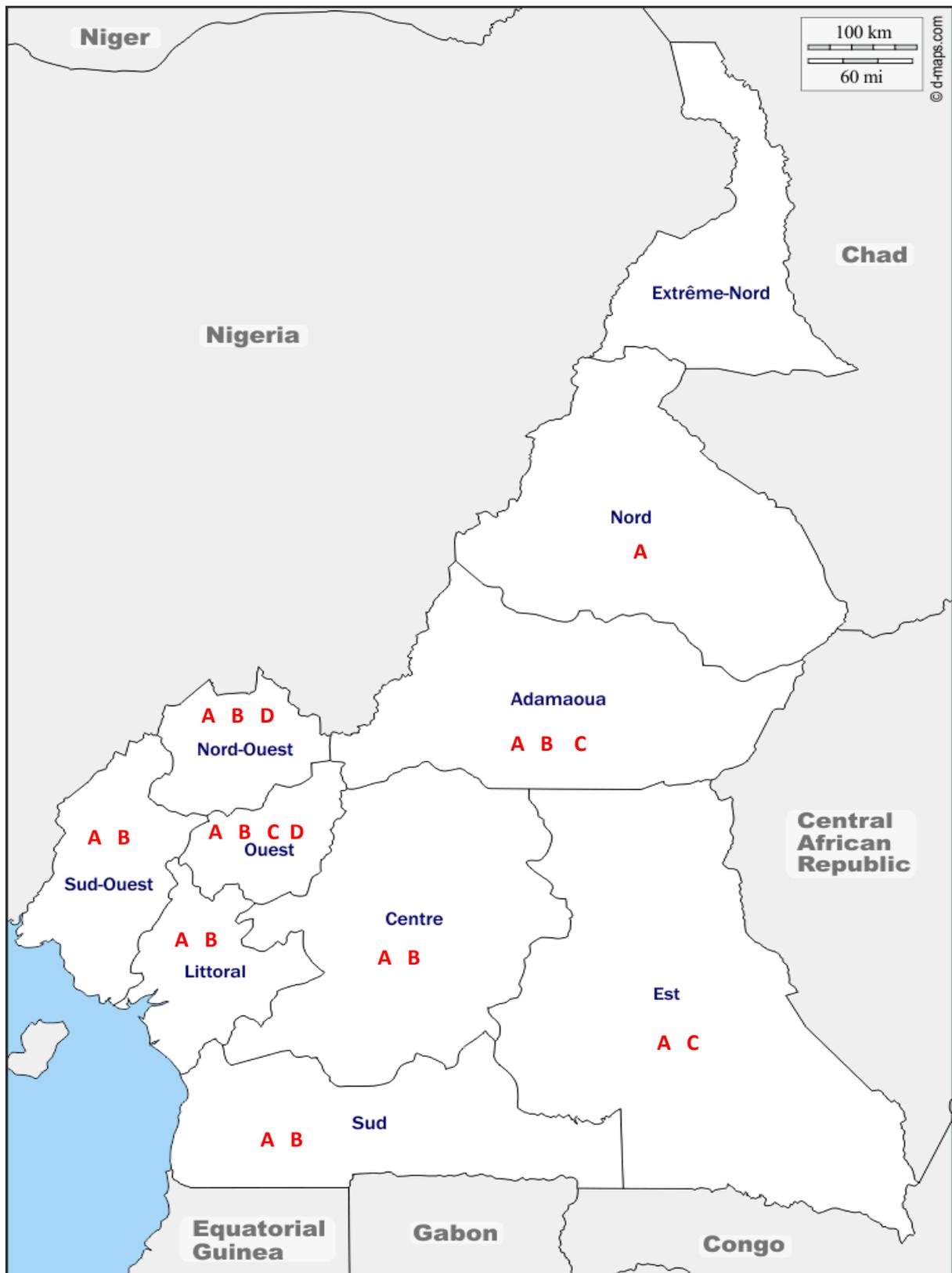
RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1. Distribution de *D. schimperiana* *D. bulbifera* *D. burkilliana* et *Coleus esculentus* au Cameroun

Dans cette partie, il était question d'établir la distribution géographique de quatre tubercules sous-valorisés au Cameroun.

La figure 24 présente la répartition des tubercules investigués. De manière générale, on note une disparité dans cette répartition. Les résultats montrent que parmi ces 4 tubercules sous-valorisés, *D. bulbifera* est le tubercule le plus répandu. Il se trouve dans 9 Régions du Cameroun excepté l'Extrême-Nord (9/10). *D. burkilliana* se retrouve dans 7 Régions ; *D. schimperiana* se rencontre à l'Ouest, à l'Est et dans l'Adamaoua ; et *Coleus esculentus* à l'Ouest et au Nord-Ouest (2/10).

Sur la base de ce sondage, un échantillonnage a été élaboré pour une meilleure exploitation de ces tubercules à travers une enquête portant sur une évaluation de la connaissance de ces tubercules, les moyens de production et conservation, les formes et les raisons de consommation.



Légende : Les lettres A, B, C et D marquent la présence du tubercule dans la région.
A = *D. bulbifera* ; **B** = *D. burkilliana* ; **C** = *D. schimperiana* et **D** = *C. esculentus*

Figure 24: Répartition géographique de quelques tubercules sous-valorisés du Cameroun

III.2. Attributs socio-anthropologiques de *D. schimperiana* *D. bulbifera* *D. burkilliana* et *C. esculentus*

Il était question d'évaluer les populations par rapport à leurs connaissances sur les modes et raisons d'utilisation des tubercules sous-valorisés étudiés. Ainsi que les raisons de la rareté de ces derniers.

III.2.1. Caractérisation de la population cible

La figure 25 montre que les personnes enquêtées ont un âge supérieur ou égal à 21 ans. Les personnes d'âge supérieur ou égal à 51 représentent la plus grande proportion (39,6 %), suivie de celles ayant un âge compris entre [31 - 40] (32,1 %). La tranche [21 - 30] occupe la dernière position avec un taux de 11,2 %.

III.2.1.1. Niveau de connaissance de quelques tubercules sous-valorisés par les populations enquêtées

Les niveaux de connaissance et perceptions alimentaires de ces tubercules sous-valorisés ont été évalués dans la population enquêtée.

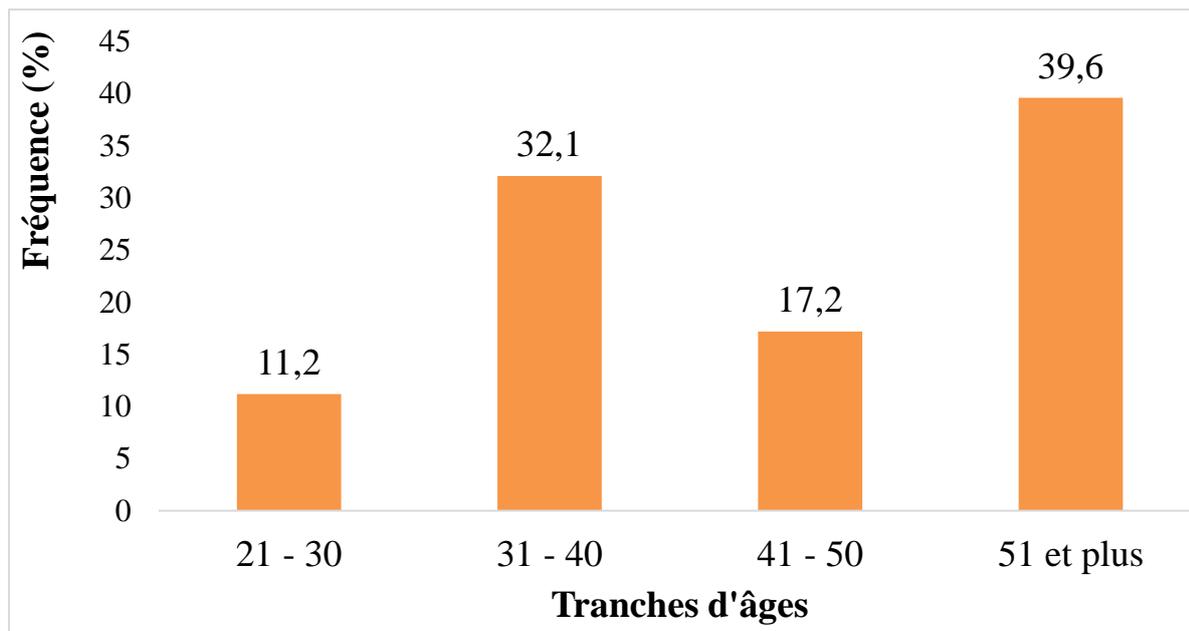


Figure 25: Répartitions des personnes enquêtées en fonction des tranches d'âges

III.2.1.2. Connaissance et perceptions alimentaires de ces tubercules sous-valorisés

Le tableau 6 montre les données concernant le nom vernaculaire, la consommation, la connaissance, les raisons de consommation des 4 tubercules sus-cités. Il ressort que, certaines personnes connaissent ces tubercules sous-valorisés et d'autres pas. Sur 134 personnes enquêtées, *D. bulbifera* reste le tubercule le plus connu avec un taux de 100 %, suivi de *D. burkilliana* (89,6 %) alors que 58,2 de personnes connaissent *D. schimperiana* et 59,3 % *C. esculentus*. Notons que ce faible pourcentage peut être dû au fait qu'on ne rencontre pas *D. schimperiana* et *C. esculentus* respectivement dans la Région du Nord-Ouest et de l'Adamaoua. Concernant les noms vernaculaires, 54,5 % connaissent le nom vernaculaire de *D. schimperiana*, 98,5 % celui de *D. bulbifera*, 79,9 % celui de *D. burkilliana* et 56 % celui de *C. esculentus*.

Parlant de la consommation, 53 % de personnes consomment *D. schimperiana*, 99,3 % *D. bulbifera*, 81,1 % *D. burkilliana* et 55,2 % *C. esculentus*. Par contre, certaines personnes enquêtées ne mangent pas certains de ces tubercules pour les raisons suivantes : 67 personnes

(50 %), disent n'avoir jamais vu, 24 personnes (17,91 %) parce qu'ils ne connaissent pas, 5 personnes (3,73 %) parce que ces tubercules ne leurs plaisent pas et 3 personnes (2,24 %) parce que ces tubercules sont très rares.

Par rapport aux raisons de consommation, 83 personnes (61,9 %) consomment ces tubercules comme nourriture tandis que 51 personnes (38,1 %) les consomment comme nourriture et alicament. Concernant l'apport nutritionnel, certains pensent que ces tubercules procurent de l'énergie et les vitamines (15,7 % pour *D. schimperiana*, 32,1 % pour *D. bulbifera*, 28,4 % pour *D. burkilliana* et 14,2 % pour *C. esculentus*). Ces observations corroborent celles de Herzog *et al.* (1993) qui ont rapporté dans leurs études que les tubercules en particulier les ignames, sont des aliments très énergétiques.

Quant aux propriétés thérapeutiques, plusieurs personnes pensent que ces tubercules ont des effets hypoglycémiant, hypotenseurs, antidiurétiques et dégraissants. L'effet hypoglycémiant est la propriété la plus attribuée à ces tubercules : 20,1 % de personnes pour *D. schimperiana*, 31,3 % pour *D. bulbifera*, 25,4 % pour *D. burkilliana* et 24,6 % pour *C. esculentus*. Parmi les personnes enquêtées, 65 % pensent que la consommation de ces tubercules est un atout dans la prévention et la gestion du diabète.

Tableau 6: Connaissance du nom vernaculaire, nom commun et raisons de consommation de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*.

	Tubercules			
	<i>D. schimperiana</i>	<i>D. bulbifera</i>	<i>D. burkilliana</i>	<i>C. esculentus</i>
Noms vernaculaires (%)	54,5	98,5	79,9	56
Noms communs (%)	58,2	100	89,6	59,3
Consommation (%)	53	99,3	81,1	55,2
Apport en énergie et en vitamines (%)	15,67	32,1	28,4	14,2
Effet hypoglycémiant (%)	20,1	31,3	25,4	24,6
Effectif total	134			

Il est à noter qu'en plus des 4 espèces de ces tubercules sous-valorisés, il en existe d'autres en voie de disparition. C'est ainsi que dans l'Adamaoua, nous avons recensé une douzaine de variétés d'ignames en voie de disparition « *ngang*, *doupyéé*, *haa*, *navabon*, *ndopkiir*, *ndouckmassè*, *ndoupnane*, *tag viive*, *ndouplabiig*, *ndoupsic*, *packdiwa et tih* ». Toutefois, le « *ngang* » reste la variété la plus connue dans l'Adamaoua avec un effectif de 27 personnes soit 61,4 % sur les 44 personnes interrogées. A l'Ouest, nous avons recensé 8 variétés d'ignames en voie de disparition « *mbaya*, *jagne*, *log*, *madack*, *youck*, *neleuh*, *yougfè et neleng* ». La variété « *mbaya* » reste la plus connue à l'Ouest avec un effectif de 14 personnes, soit 31,1 % sur les 45 personnes interrogées. Dans le Nord-Ouest, 7 variétés d'ignames en voie de disparition ont été recensées « *sweet yams*, *bièbiè yams*, *zoucnene*, *cocseu*, *donebeu*, *water yams et leluiri* ». La variété « *sweet yams* » reste la plus connue dans le Nord-Ouest avec un effectif de 3 personnes, soit 6,7 % sur les 45 personnes interrogées. Ce faible taux dans le Nord-Ouest est dû au fait que sur les 45 personnes interrogées, 32

personnes, soit 71,1 %, ne connaissent aucune variété d'igname en voie de disparition dans leur région.

Il existe d'autres tubercules en voie de disparition dans les régions concernées. Malheureusement, ces derniers n'ont pas été identifiés. Vue l'intérêt nutritionnel des tubercules et leur valeur en rapport avec la santé, il serait important d'envisager l'identification des autres tubercules sous-valorisés dans des études à venir.

III.2.1.3. Production et conservation des tubercules

III.2.1.3.1. Producteurs de tubercules dans les Régions de l'Adamaoua de l'Ouest et du Nord-Ouest

Les producteurs étaient des personnes possédant une plantation dans laquelle on produit au moins une des espèces de ces tubercules sous-valorisés étudiés.

Sur les 134 personnes enquêtées, il a été recensé 70 producteurs de tubercules. La figure 26 montre que la Région de l'Ouest a le plus grand nombre de producteurs 31 (44,3 %) suivie de l'Adamaoua 29 (41,4 %) et enfin le Nord-Ouest 10 (14,3 %).

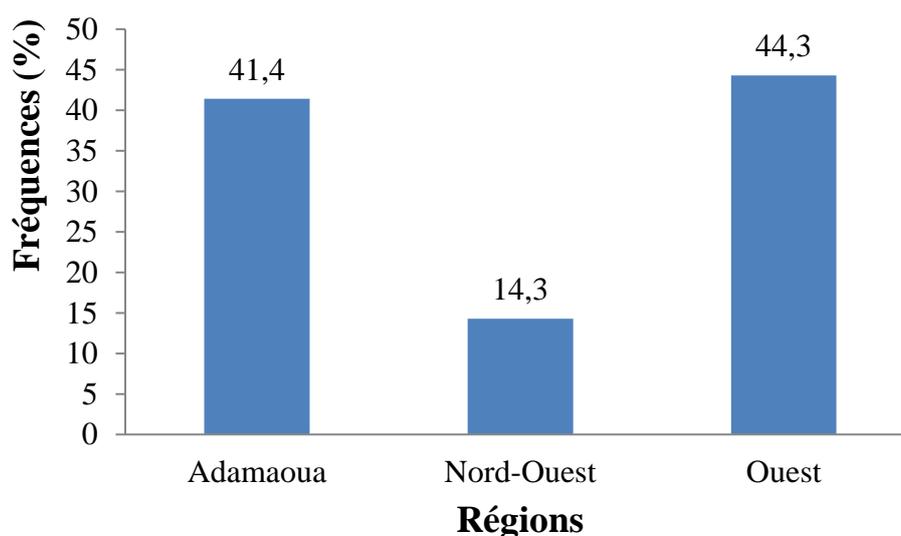


Figure 26: Répartition des producteurs des tubercules sous-valorisés en fonction des Régions

III.2.1.3.2. Culture des tubercules sous-valorisés

La figure 27 montre les pourcentages de producteurs de ces tubercules pour chaque espèce. Il est important de noter qu'en plus des producteurs de métier, certains commerçants et fonctionnaires produisent aussi les tubercules même s'il est vrai que les quantités sont parfois insignifiantes (moins d'un sac). Les producteurs dans la Région de l'Adamaoua sont principalement les hommes soit 93,3 % contre 6,9 % de femmes. Par contre, les producteurs des Régions de l'Ouest et du Nord-Ouest sont principalement les femmes soit 96,8 % et 80 % respectivement contre 3,2 % et 20 % d'hommes. Des 134 personnes interrogées concernant la production des tubercules sous-valorisés, 35 (26,1 %) cultivent *D. schimperiana*, 69 (51,5 %) *D. bulbifera*, 57 (42,5 %) *D. burkilliana* et 24 (17,9 %) *C. esculentus*. En somme, *D. bulbifera* est l'espèce rare la plus cultivée tandis que *C. esculentus* reste celle la moins cultivée.

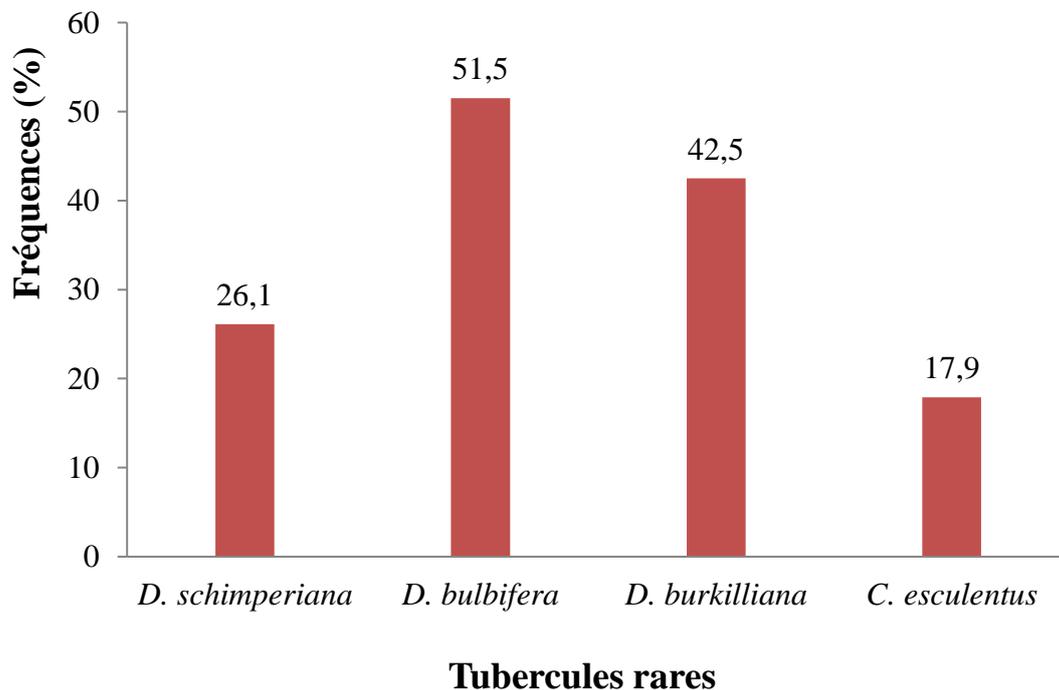


Figure 27: Répartition des producteurs des quatre tubercules sous-valorisés

III.2.1.3.3. Variétés d'ignames les plus cultivées dans les Régions de l'Adamaoua, de l'Ouest et du Nord-Ouest

Etant donné que ces tubercules sous-valorisés ne sont pas connus de tous, ils n'occupent pas une place de choix sur les marchés, les producteurs accordent plus d'importance aux variétés les plus prisées sur les marchés. Les variétés d'ignames les plus cultivées varient d'une Région à l'autre. C'est ainsi que dans la Région de l'Adamaoua, le « *baköökaé* » et le « *nigéria* » sont les variétés d'ignames les plus cultivées : 26 producteurs (40 %) cultivent le « *naköökaé* » et le « *nigéria* » alors que 4 producteurs (6,15 %) cultivent uniquement le « *nigéria* » d'où un total de 30 producteurs (46,15 %). À l'Ouest nous avons l'igname jaune connu sous le nom vernaculaire « *log* » dans le Koung-Khi, « *nelièck* » dans la Mifi et « *neleuh* » dans une partie des Hauts-Plateaux, qui est la variété la plus cultivée avec un total de 19 producteurs (29,23 %). Dans le Nord-Ouest, nous avons la même variété qu'à l'Ouest connue sous le nom « *sweet yams* » cultivée par 16 producteurs (24,62 %).

III.2.1.3.4. Période des semis et de récolte de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*

La période des semis et de récolte de ces tubercules varie très peu d'une espèce à une autre ainsi que d'une région à l'autre. La durée des semis et de récolte des différents tubercules est présentée dans la figure 28. La période des semis de *D. schimperiana* se fait sur une durée de 5 mois allant de Décembre à Mai tandis que la période de récolte va d'Octobre à Mai (7 mois). La période des semis de *D. bulbifera* va de Novembre à Juin soit une durée de 7 mois alors que la période de récolte va d'Août à Avril (8 mois). La période des semis de *D. burkilliana* se situe entre Novembre et Mai soit sur une période de 6 mois et celle de la récolte qui va d'Août à Avril (8 mois). La période des semis de *Coleus esculentus* se situe entre Décembre et Avril (4 mois) tandis que celle de la récolte va d'Août à Mars (7 mois).

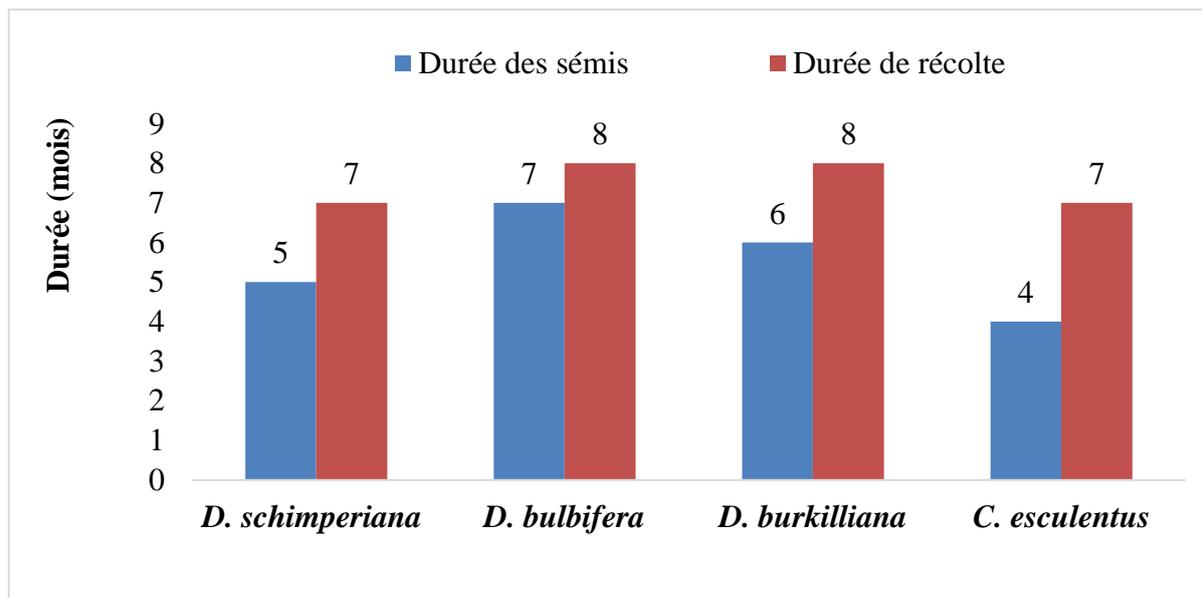


Figure 28 : Durée des semis et de récolte de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*

III.2.1.3.5. Instruments de récolte des tubercules

La récolte des tubercules est une phase très délicate surtout que ce dernier doit être extrait du sol sans écorchure. Donc le choix du matériel de récolte est très déterminant. L'instrument de récolte varie d'une région à une autre et quelques fois d'un producteur à un autre. Dans l'Adamaoua tous les producteurs utilisent un outil communément appelé le « tonkiir » (figure 29A) pour extraire le tubercule du sol. À l'Ouest et dans le Nord-Ouest, les producteurs utilisent la houe, le plantoir (figure 29B) et parfois la machette ou la pioche lorsque le sol est très dur.

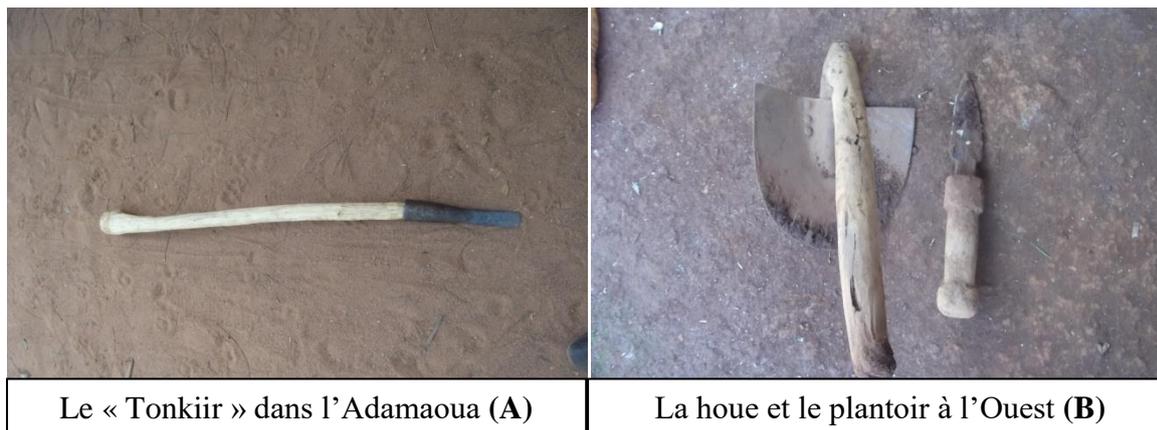
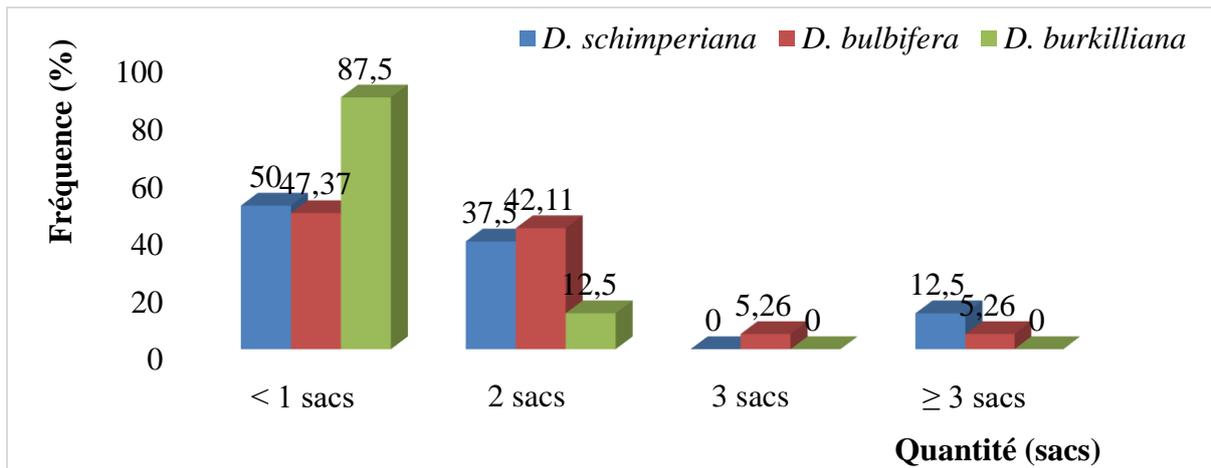


Figure 29: Instruments de récolte des tubercules

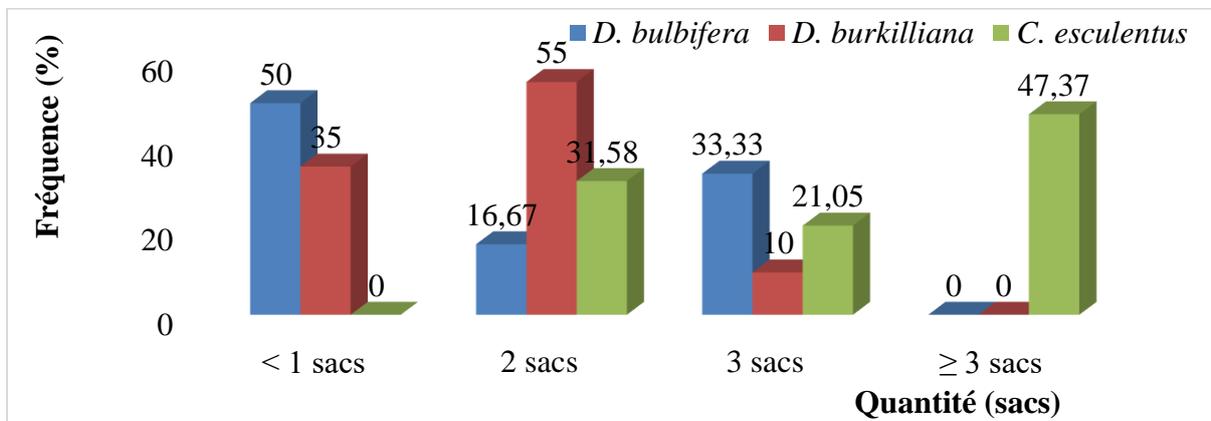
III.2.1.3.6. Production des tubercules sous-valorisés par Région

Afin d'avoir une idée des quantités de tubercules produites par espèce, les quantités ont été évalué en sacs. Un sac pouvant compter entre 80 et 120 (entre 200 et 250 kg) tubercules en fonction de la grosseur du tubercule pour les espèces telles que *D. schimperiana* et *D. burkilliana*. Quant à la variété *D. bulbifera* et *C. esculentus*, les quantités ont été estimées à partir des sacs pouvant contenir 100 kg de maïs (entre 150 et 200 kg de tubercules).

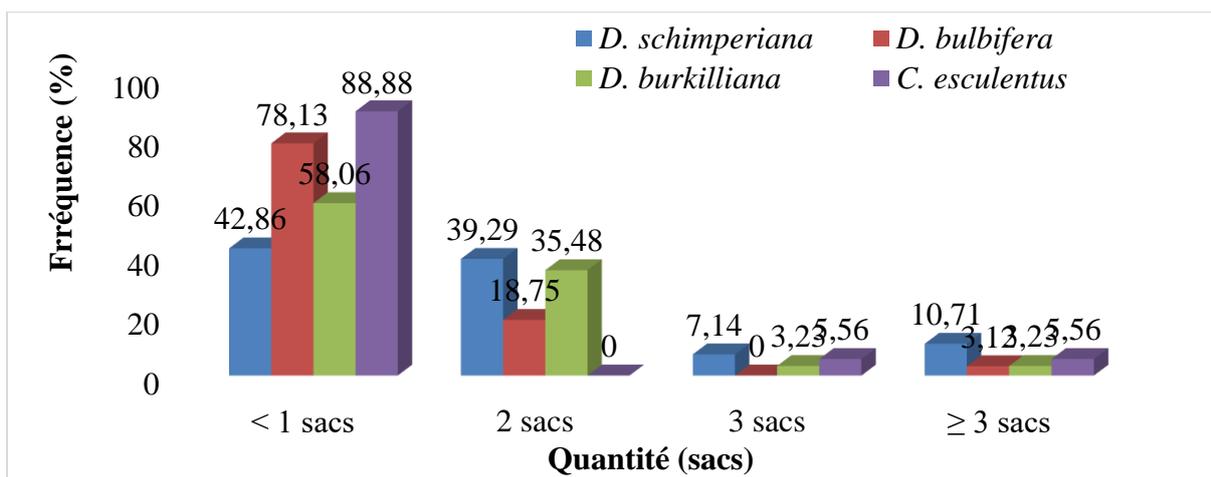
La figure 30 montre que la plupart de cultivateurs (en moyenne 61 % dans l'Adamaoua, 44 % dans le Nord-Ouest et 67 % à l'Ouest) récoltent moins d'un sac. Mais, il y a une faible proportion de cultivateurs (moins de 8 % dans l'Adamaoua, 47 % dans le Nord-Ouest et moins de 6 % à l'Ouest) qui produisent au moins 3 sacs. Ces résultats permettent d'observer une faible production de ces tubercules sous-valorisés en général. Ces observations pourraient expliquer en partie le manque d'intérêt pour ces tubercules et par conséquent leur rareté sur les marchés.



A: Adamaoua



B: Nord-Ouest



C: Ouest

Figure 30: Production en sacs des tubercules étudiés en fonction des Régions d'études

III.2.1.3.7. Procédés de conservation des tubercules sous-valorisés par Région

Certains cultivateurs stockent une partie des tubercules après la récolte et d'autres pas surtout lorsque la récolte se fait de façon progressive ou lorsqu'ils en produisent très peu. Le stockage des tubercules se fait sous formes (fraîche et sèche). De manière générale, ces tubercules se conservent sous la forme fraîche via plusieurs méthodes de conservation (magasin, dans la terre, ombre et grenier).

La figure 31 montre que l'entreposage des tubercules au magasin reste le moyen de stockage le plus utilisé quel que soit le tubercule (en moyenne 60 % dans l'Adamaoua, plus de 88 % dans le Nord-Ouest et plus de 91 % à l'Ouest). La technique de stockage par enfouissement est beaucoup plus pratiquée dans l'Adamaoua avec une fréquence de 44 %. Par contre moins de 5 % de producteurs utilisent l'ombre et le grenier comme moyen de stockage. De manière générale, si l'entreposage des tubercules au magasin reste le moyen le plus utilisé dans les trois Régions concernées, ceci pourrait s'expliquer par le fait que cette méthode est moins contraignante. En effet, l'accès aux tubercules est facile ; même pour les petits enfants contrairement aux autres méthodes qui nécessitent des précautions.

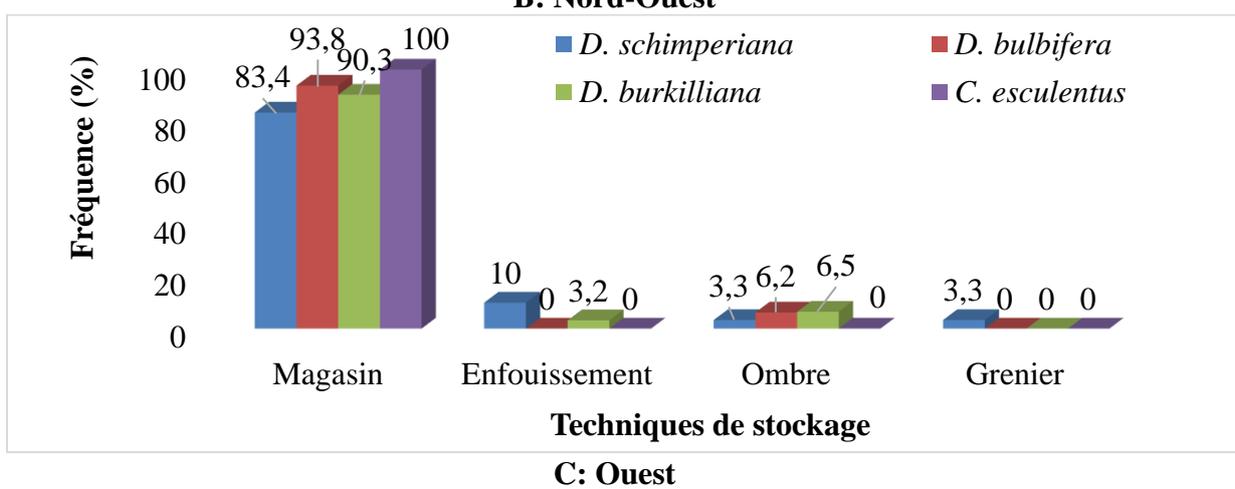
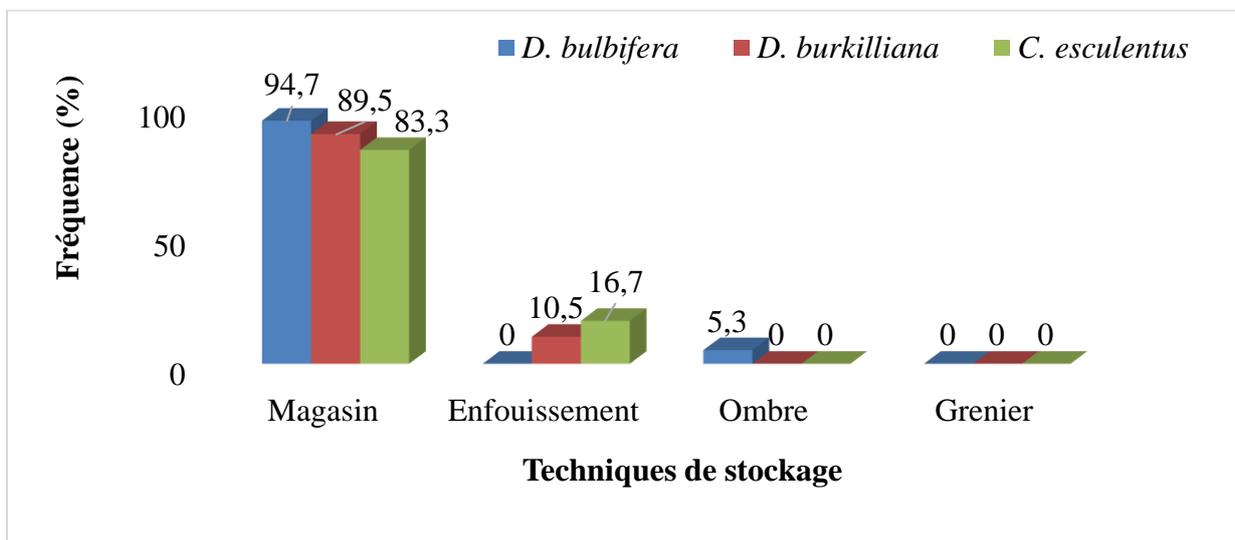
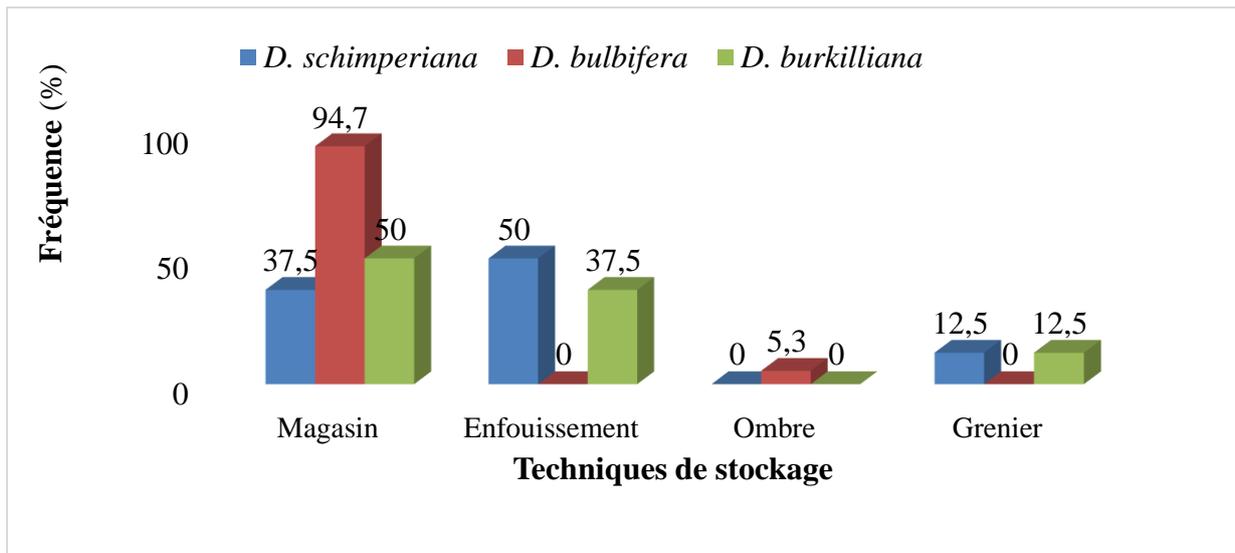


Figure 31: Procédés de conservation des tubercules étudiés en fonction des Régions

La durée de stockage des tubercules varie entre 2 et 365 jours. Cette durée varie aussi en fonction des variétés de tubercules. La figure 32 montre que la durée de stockage de *D. schimperiana* va de 14 à 180 jours pour les formes fraîches et de 90 à 365 jours pour les formes sèches ; celle de *D. bulbifera* entre 3 et 270 jours ; celle de *D. burkilliana* entre 2 et 270 jours et celle de *C. esculentus* entre 2 et 150 jours.

La figure 32 montre également qu'avec *D. schimperiana* et *D. bulbifera* les pertes peuvent aller jusqu'à 50 % pour chacune des variétés. Quant à *D. burkilliana* les pertes atteignant 70 % alors qu'avec *C. esculentus*, la limite maximale des pertes est de 30 %. Ces pertes *post-récolte* seraient dues à un temps de stockage au-delà de la limite de conservation convenable. Ces valeurs de pertes *post-récolte* observées, vont dans le même sens que celles rapportées par Girardin (1996), qui lors de ces travaux avait relevé que les pertes *post-récolte* pouvaient aller de 25 à 60 % en fonction de la durée de conservation des tubercules.

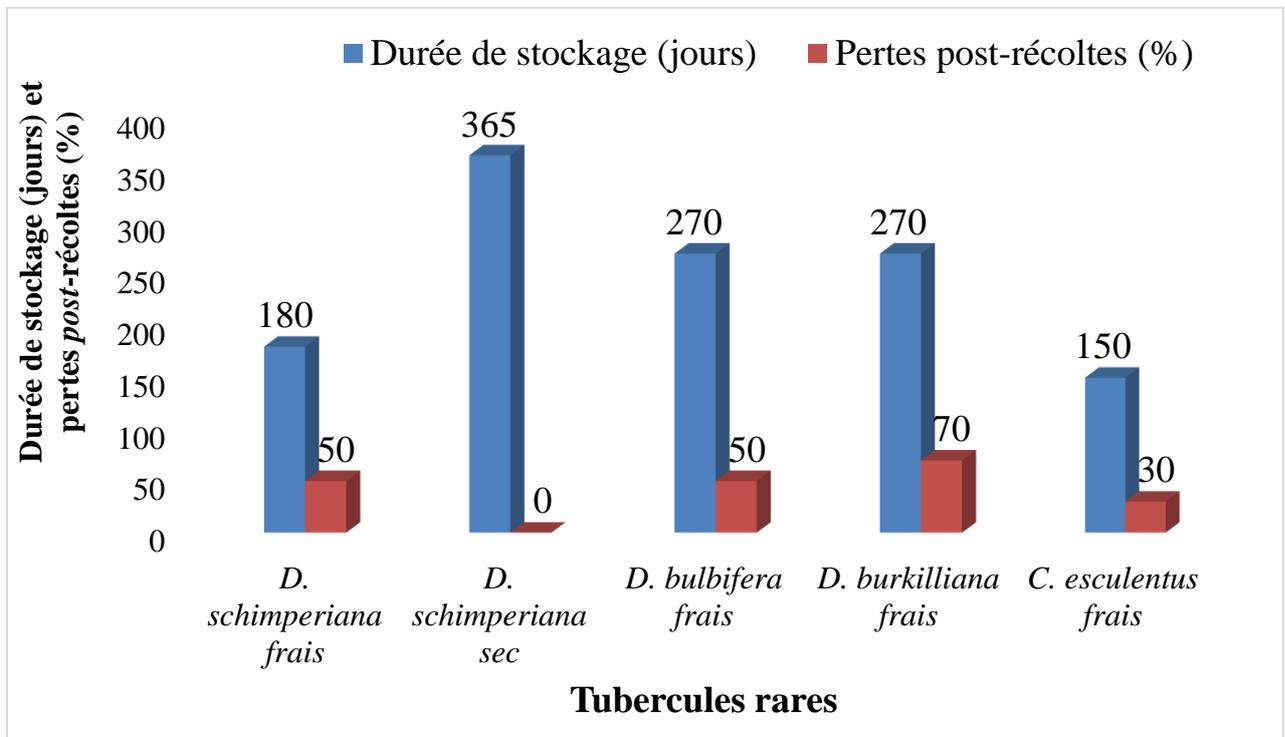


Figure 32: Durées de stockage et pertes *post-récoltes* des tubercules sous-valorisés

III.2.1.3.8. Raisons des pertes *post-récoltes*

Les raisons des pertes *post-récoltes* sont multiples. Des 134 personnes interrogées, 52 % de personnes affirment que les pertes sont dues aux blessures des tubercules au moment de l'extraction ; 43 % attribuent ces pertes au temps de conservation trop long (supérieur ou égal à 90 jours) ; 18 % au sol humide et 2 % pensent qu'elles sont liées à l'espèce de tubercule : C'est le cas de *D. bulbifera* qui a toujours tendance à germer. Certaines personnes disent qu'il y a aussi d'autres pertes causées par les rongeurs (44,78 %), les voleurs (11,94 %), la chaleur (9,70 %). Il y a également les microorganismes (4,48 %), les charançons, les termites et la mauvaise utilisation d'engrais qui constituent moins de 2 %. Afin de réduire les pertes *post-récoltes*, les cultivateurs font recours à plusieurs méthodes :

- Surveiller constamment les tubercules (17,91 % pour *D. schimperiana*, 36,57 % pour *D. bulbifera*, 31,34 % pour *D. burkilliana* et 5,97 % pour *C. esculentus*) ;
- Transformation de *D. schimperiana* en cossettes par les habitants de la Région de l'Ouest (44,44 % de personnes) ;
- Eviter de blesser les tubercules pendant la récolte (4,48 % pour *D. schimperiana* et 2,24 % pour *D. burkilliana*) ;
- Réduire le temps de conservation des tubercules (2,99 % pour *D. schimperiana*, 5,97 % pour *D. bulbifera*, et 8,21 % pour *D. burkilliana*) ;
- Usage des raticides, insecticides et fongicides (2,99 % de part et d'autre pour *D. bulbifera* et *D. burkilliana*).

III.2.1.3.9. Procédés de transformation des tubercules

De manière générale, les populations des trois Régions concernées ne s'intéressent pas à la transformation des tubercules d'ignames en farines et en cossettes. Cependant, à l'Ouest du Cameroun certains peuples s'intéressent à la transformation de *D. schimperiana* en cossettes. Sur 45 personnes interrogées, 27 (60%) transforment *D. schimperiana* en cossettes

suivant la figure 33. Le procédé de transformation est quasiment pareil au sein des départements concernés. Il consiste à nettoyer, laver et faire bouillir les tubercules, éplucher, découper, sécher au soleil et conserver dans des sacs ou des bidons pour une consommation ultérieure. La transformation de l'igname en cossettes donne un produit intermédiaire stable, plus facile à conserver que les tubercules frais (Attait, 1998).

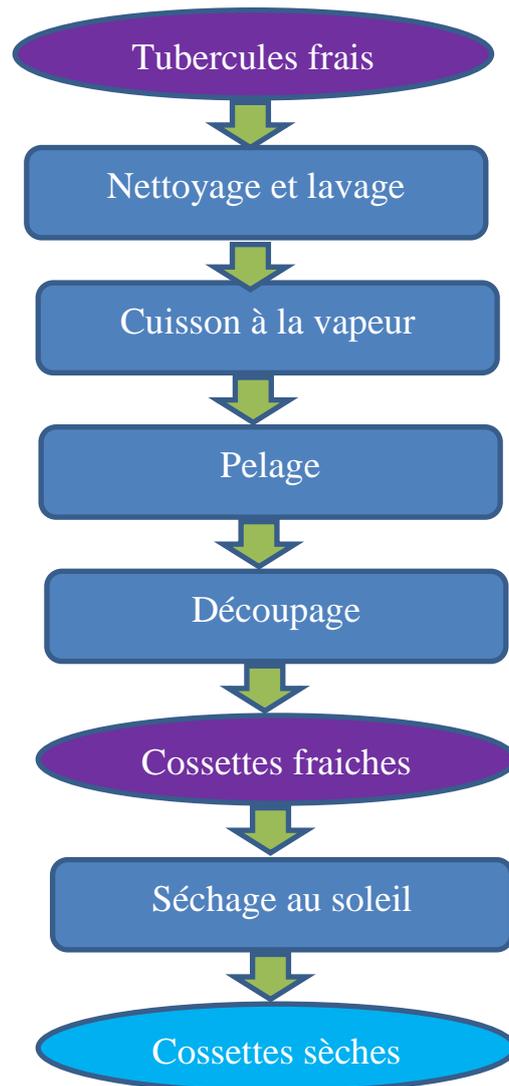


Figure 33: Procédé de transformation de *D. schimperiana* en cossette à l'Ouest

III.2.1.4. Importance des tubercules sous-valorisés sur le plan nutritionnel, sanitaire, socioculturel et raisons de leur rareté

Il était question dans cette partie, d'évaluer les enquêtés sur les formes et procédés culinaires des tubercules sous-valorisés étudiés, leur importance socioculturelle et les raisons de rareté de ces denrées.

III.2.1.4.1. Formes de consommation et procédés culinaires

Dans toutes les trois Régions, le procédé culinaire de *D. schimperiana* et *D. burkilliana* obéissent aux mêmes pratiques. Les formes culinaires sont : braisée, ragoût, bouillie et frites. Mais, les cossettes de *D. schimperiana* se consomment sous forme de ragoût et de pilé au haricot. Quant à *D. bulbifera* et *C. esculentus* la forme culinaire la plus répandue est celle qui consiste à faire cuire les tubercules à la vapeur. Tous ceux qui consomment *D. bulbifera* et *C. esculentus* font bouillir ces derniers. Notons que, tous ces tubercules se mangent avec ou sans complément.

III.2.1.4.2. Raisons de consommation des tubercules sous-valorisés

Ces tubercules sous-valorisés sont consommés comme aliment quelque soit la Région. Cependant, certaines personnes enquêtées à l'Ouest et au Nord-Ouest consomment également ces tubercules comme alicaments. Le mot alicament ressort dans ce travail parce que certaines personnes enquêtées consomment ces tubercules pour gerer le diabète. En effet, tous disent que ces tubercules ont un effet hypoglycémiant. Certaines pensent aussi qu'en plus de baisser la glycémie, la consommation régulière de ces tubercules favorise la baisse de la tension artérielle ainsi que le taux de graisse. C'est ainsi que sur les 134 personnes enquêtées, *D. bulbifera* est le tubercule le plus consommé en tant qu'aliment avec 38,8 % de personnes, suivi de *D. burkilliana* avec un taux de 36,6 %, ensuite *C. esculentus* avec un taux de 34,3 %

et en dernière position nous avons *D. schimperiana* avec un taux 27,6 %. De manière générale 40,3 % de personnes enquêtées consomment ces tubercules comme alicaments.

III.2.1.4.3. Importance socioculturelle et raisons de rareté des tubercules étudiés

Ces tubercules sont d'une importance socioculturelle non négligeable en particulier *D. schimperiana* et *D. burkilliana* chez les bamilékés. Ils sont utilisés lors des mariages coutumiers, funérailles et deuils. Cette observation va en droite ligne avec celle faite par Tchiègang et Ngueto (2009) dans trois villages de l'Ouest-Cameroun.

Malgré le fait que ces tubercules soient en voie de disparition, certains cultivateurs ne s'intéressent pas à ces derniers ceci pour plusieurs raisons dont les plus remarquables sont : la faible productivité (21,64 % pour *D. schimperiana*, 37,31 % pour *D. bulbifera*, 27,61 % pour *D. burkilliana* et 8,96 % pour *C. esculentus*) et le manque de semences (18,66 % pour *D. schimperiana*, 26,86 % pour *D. bulbifera*, 21,64 % pour *D. burkilliana* et 11,19 % pour *C. esculentus*).

Presque tous les cultivateurs ne s'intéressent qu'aux espèces de tubercules ayant un grand rendement de production et qui font bon marché. Par contre, si le Gouvernement devait investir dans la production de ces tubercules sous-valorisés, 133/134 personnes enquêtées, soient 99,25 %, estiment que cette initiative sera la bienvenue d'une part parce que ces tubercules sont d'un intérêt nutritionnel non négligeable et d'autre part parce qu'ils ne devraient pas disparaître.

III.2.2. Quelques paramètres pouvant influencer la consommation, la transformation, la production et les pertes *post-récoltes* des tubercules sous-valorisés

Le but dans cette partie était de vérifier s'il existe des associations entre les variables de l'enquête.

III.2.2.1. Région et consommation des tubercules sous-valorisés

Dans cette rubrique, il s'agissait de voir s'il existe une association entre la consommation des tubercules rares et leur présence dans chaque Région.

III.2.2.1.1. Consommation de *D. schimperiana* dans les régions de l'Adamaoua, du Nord-Ouest et de l'Ouest

Les résultats du tableau 7 montrent du point de vue statistique que la consommation de *D. schimperiana* est fortement influencée par les habitants des Régions concernées ($\Phi = 0,80$; $p = 0,00$). *D. schimperiana* est plus consommé dans la Région de l'Ouest avec un taux 95,6 % sur 45 personnes enquêtées, suivi de l'Adamaoua (63,6 % sur 44 personnes enquêtées) et enfin, le Nord-Ouest (0,0 % sur 45 personnes enquêtées). En somme, pour un effectif total de 134 personnes, il ressort que 53 % consomment *D. schimperiana* et 47 % n'en consomment pas. La non consommation de *D. schimperiana* dans le Nord-Ouest pourrait être due au fait qu'on n'en trouve et ne cultive pas ce tubercule dans cette Région.

Tableau 7: Réponse (%) sur la consommation de *D. schimperiana* en fonction de la Région

Régions	Consommation de <i>D. schimperiana</i>		Total
	Non	Oui	
Adamaoua	16 (36,4 %)	28 (63,6 %)	44
Nord-Ouest	45 (100 %)	0 (0 %)	45
Ouest	2 (4,4 %)	43 (95,6 %)	45
Total	63 (47 %)	71 (53 %)	134

Légende **n (x %)** : **n** étant l'effectif et **x** le pourcentage

III.2.2.1.2. Consommation de *D. bulbifera* dans les régions de l'Adamaoua, du Nord-Ouest et de l'Ouest

Le tableau 8 montre du point de vue statistique que la consommation de *D. bulbifera* n'est aucunement influencée par les habitants de la Région ($\Phi = 0,12$; $p = 0,37$). Des 134 personnes enquêtées, une seule personne interrogée dans la Région de l'Ouest ne consomme pas *D. bulbifera*. Cette forte consommation serait liée au fait qu'on cultive ce tubercule dans ces trois Régions.

Tableau 8: Réponse (%) sur la consommation de *D. bulbifera* en fonction de la Région

Régions	Consommation de <i>D. bulbifera</i>		Total
	Non	Oui	
Adamaoua	0 (0,0 %)	44 (100 %)	44
Nord-Ouest	0 (0,0 %)	45 (100 %)	45
Ouest	1 (2,2 %)	44 (97,8 %)	45
Total	1 (0,7 %)	133 (99,3 %)	134 (100 %)

Légende **n (x %)** : **n** étant l'effectif et **x** le pourcentage

III.2.2.1.3. Consommation de *D. burkilliana* dans les régions de l'Adamaoua, du Nord-Ouest et de l'Ouest

Du point de vue statistique, le tableau 9 montre que la consommation de *D. burkilliana* est influencée par les habitants de la Région ($\Phi = 0,38$; $p = 0,00$). *D. burkilliana* est plus consommé dans la Région du Nord-Ouest (97,8 %) suivi de l'Ouest (95,6 %) et enfin l'Adamaoua (70,5 %). La faible consommation de *D. burkilliana* dans l'Adamaoua peut être due au fait que les habitants de cette Région n'en produisent pas assez. Sur 134 personnes enquêtées, 88,1 % consomment ces tubercules alors que 11,9 % n'en consomment pas.

Tableau 9: Réponse (%) sur la consommation de *D. burkilliana* en fonction de la Région

Régions	Consommation de <i>D. burkilliana</i>		Total
	Non	Oui	
Adamaoua	13 (29,5 %)	31 (70,5 %)	44
Nord-Ouest	1 (2,2 %)	44 (97,8 %)	45
Ouest	2 (4,4 %)	43 (95,6 %)	45
Total	16 (11,9 %)	118 (88,1 %)	134 (100 %)

Légende n (x %) : n étant l'effectif et x le pourcentage

III.2.2.1.4. Consommation de *C. esculentus* dans les régions de l'Adamaoua, du Nord-Ouest et de l'Ouest

Dans le tableau 10, les résultats montrent du point de vue statistique que la Région influence sur la consommation de *C. esculentus* ($\Phi = 0,79$; $p = 0,00$). *C. esculentus* est plus consommé dans la Région de l'Ouest avec un taux de 91,1 % sur 45 personnes enquêtées suivi du Nord-Ouest (73,3 %) sur 45 personnes enquêtées. L'Adamaoua occupe la dernière position avec un taux de 0,0 % sur 44 personnes enquêtées. En définitive, pour un total de 134 personnes enquêtées 55,2 % consomment *C. esculentus* contre 44,8 % qui n'en consomment pas. La non consommation de *C. esculentus* dans la Région de l'Adamaoua serait due au fait qu'on n'en cultive pas dans cette Région.

Tableau 10: Réponses (%) sur la consommation de *C. esculentus* en fonction de la Région

Régions	Consommation de <i>C. esculentus</i>		Total
	Non	Oui	
Adamaoua	44 (100 %)	0 (0,0 %)	44
Nord-Ouest	12 (26,7 %)	33 (73,3 %)	45
Ouest	4 (8,9 %)	41 (91,1 %)	45
Total	60 (44,8 %)	74 (55,2 %)	134 (100 %)

Légende n (x %) : n étant l'effectif et x le pourcentage

III.2.2.2. Région et raisons de consommation des tubercules sous-valorisés

Du point de vue statistique, le tableau 11 montre que la Région influence fortement sur les raisons de consommation de ces tubercules sous-valorisés ($\Phi = 0,72$; $p = 0,00$). L'Ouest a le plus grand pourcentage de personnes (91,1 %) qui consomment ces tubercules sous-valorisés comme alicaments suivi du Nord-Ouest avec 73,3 %. Par contre, 100 % de personnes interrogées dans l'Adamaoua consomment ces tubercules comme nourriture.

Tableau 11: Réponses des raisons de consommation (%) des tubercules sous-valorisés

Régions	Raisons de consommation		Total
	Nourriture	Alicaments	
Adamaoua	44 (100 %)	0 (0,0 %)	44
Nord-Ouest	12 (26,7 %)	33 (73,3 %)	45
Ouest	4 (8,9 %)	41 (91,1 %)	45
Total	60 (44,8 %)	74 (55,2 %)	134 (100 %)

Légende **n (x %)** : **n** étant l'effectif et **x** le pourcentage

III.2.2.3. Régions et producteurs par espèce de tubercules sous-valorisés

Dans cette rubrique, il était question de voir si la production d'un tubercule rare étudié avait un lien avec sa présence au sein de la Région.

Le tableau 12 montre du point de vue statistique que les habitants de la Région n'ont aucune influence sur la production de *D. schimperiana* ($\Phi = 0,37$; $p = 0,42$). L'Ouest est la Région où on rencontre le plus grand nombre de producteurs de *D. schimperiana* avec un taux de 78,8 % sur 36 producteurs tandis que dans l'Adamaoua nous n'en avons que 22,2 %. En ce qui concerne *D. bulbifera*, du point de vue statistique la Région influence sur sa production ($\Phi = 0,48$; $p = 0,04$). L'Ouest a également eu le plus grand nombre de producteurs soient 45,1 % sur 71 producteurs. Le Nord-Ouest en deuxième position (28,2 %) et l'Adamaoua en

dernière position avec un taux de (26,8 %). Par rapport à *D. burkilliana*, la Région influence sur sa production ($\Phi = 0,78$; $p = 0,00$). L'Ouest occupe toujours le premier rang avec un taux de 53,4 % de producteurs suivi du Nord-Ouest avec 32,8 % et enfin l'Adamaoua avec 13,8 %. Parlant de *C. esculentus*, statistiquement, les habitants de la Région n'ont aucune influence sur sa production ($\Phi = 0,54$; $p = 0,7$). L'Ouest reste toujours en tête avec un taux de 75 % de producteurs suivi du Nord-Ouest avec 25 %.

Tableau 12: Producteurs (%) des tubercules sous-valorisés par espèce et par Région

Régions	Producteurs par espèce de tubercule			
	<i>D. schimperiana</i>	<i>D. bulbifera</i>	<i>D. burkilliana</i>	<i>C. esculentus</i>
Adamaoua	8 (22,2 %)	19 (26,8 %)	8 (13,8)	-
Nord-Ouest	-	20 (28,2 %)	19 (32,8 %)	6 (25 %)
Ouest	28 (77,8 %)	32 (45,1 %)	31 (53,4 %)	18 (75 %)
Total	36 (100 %)	71 (100 %)	58 (100 %)	24 (100 %)

Légende **n (x %)** : **n** étant l'effectif et **x** le pourcentage

III.2.2.4. Régions et transformation des tubercules sous-valorisés

Le tableau 13 montre du point de vue statistique que la transformation de *D. schimperiana* est influencée par la Région ($\Phi = 0,71$; $p = 0,00$). Sur 45 personnes enquêtées dans la Région de l'Ouest 27 personnes (60 %) transforment *D. schimperiana* en cossettes. Malgré le fait qu'à l'Ouest-Cameroun certains peuples s'intéressent à la transformation de *D. schimperiana* en cossettes, nous remarquons de manière générale que, dans toutes les Régions enquêtées les populations ne s'intéressent pas à la transformation des ignames. Ce constat pourrait s'expliquer par le fait que, l'espèce et la variété de tubercule constituent un facteur essentiel influant sur l'aptitude du tubercule aux diverses transformations, ainsi que sur les caractéristiques organoleptiques recherchées dans le produit fini (Attaie, 1998).

Tableau 13: Niveau de transformation des tubercules sous-valorisés dans les Régions d'études

Régions	Tubercules sous-valorisés								Total
	<i>D. schimperiana</i>		<i>D. bulbifera</i>		<i>D. burkilliana</i>		<i>C. esculentus</i>		
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	
Adamaoua	0	44	0	44	0	44	0	44	44
Nord-Ouest	0	45	0	45	0	45	0	45	45
Ouest	27	18	0	45	0	45	0	45	45
Total	27	107	0	134	0	134	0	134	134

III.2.2.5. Durée de conservation et pertes post-récoltes de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*

Il s'agissait ici de voir s'il existe un lien entre la durée de conservation et les pertes *post-récoltes* des tubercules étudiés.

a) *D. schimperiana*

Statistiquement, la durée de stockage de *D. schimperiana* influence sur ses pertes *post-récoltes* ($\Phi = 1,16$; $p = 0,03$). Ces pertes *post-récoltes* croissent avec la durée de conservation. Elles commencent à partir de 30 jours de stockage, mais beaucoup plus concentrées entre 10 et 20 %.

b) *D. bulbifera*

Du point de vue statistique, la durée de stockage de *D. bulbifera* influence sur ses pertes *post-récoltes* ($\Phi = 1,21$; $p = 0,00$). Du 14^e au 60^e jour, les pertes vont de 10 à 20 % ; entre 60 et 180 jours, ces pertes vont de 20 à 30 %.

c) *D. burkilliana*

Du point de vue statistique, la durée la durée de stockage de *D. burkilliana* influence sur ses pertes *post-récoltes* ($\Phi = 1,21$; $p = 0,00$). Donc la durée de stockage de *D. burkilliana* influence sur les pertes *post-récoltes*. Entre le 7^e et le 14^e jour, les pertes peuvent

aller de 5 à 10 % ; entre 15 et 40 jours, ces pertes vont de 12 à 20 %. On eut atteindre 70 % de perte entre 150 et 270 jours.

d) *C. esculentus*

Du point de vue statistique, la durée de stockage de *C. esculentus* influence sur ses pertes *post-récoltes* ($\Phi = 1,31$; $p = 0,00$). La plupart des personnes ne conservent pas ces tubercules pendant longtemps. Sur 24 producteurs, 17 personnes (70,8 %) conservent *C. esculentus* entre 2 et 21 jours sans enregistrer des pertes. Toutefois, les pertes *post-récoltes* commencent à partir du 14^e jour.

II.2.2.5.1. Identification des problèmes et solutions dans le secteur des tubercules sous-valorisés

Au terme de cette enquête, il ressort que le secteur des tubercules sous-valorisés connaît de sérieux problèmes qui entravent le développement de ce dernier. Il serait donc important de relever quelques problèmes majeurs de ce secteur afin de proposer des solutions qui permettront de mettre un accent sur la promotion et la production des tubercules sous-valorisés.

a) Problèmes

La figure 34 présente les faiblesses et les conséquences concernant le secteur des tubercules sous-valorisés. La transformation des tubercules est presque inexistante dans les régions enquêtées. On enregistre également des faibles rendements de production ce qui entraîne une faible rentabilité. L'utilisation des techniques rudimentaires et la rareté des semences rendent les pratiques culturales fastidieuses. Les mauvaises conditions de conservation sur une longue période, les instruments de récolte et les conditions de conservation peu appropriées qui entraînent les pertes *post-récoltes* importantes. La faible rentabilité, les pertes *post-récoltes* et les pratiques culturales fastidieuses sont responsables de

la rareté de ces tubercules. Cette rareté est susceptible d'entraîner la disparition totale de certaines espèces, d'influencer sur l'économie et le régime alimentaire de certaines personnes en occurrence les diabétiques.

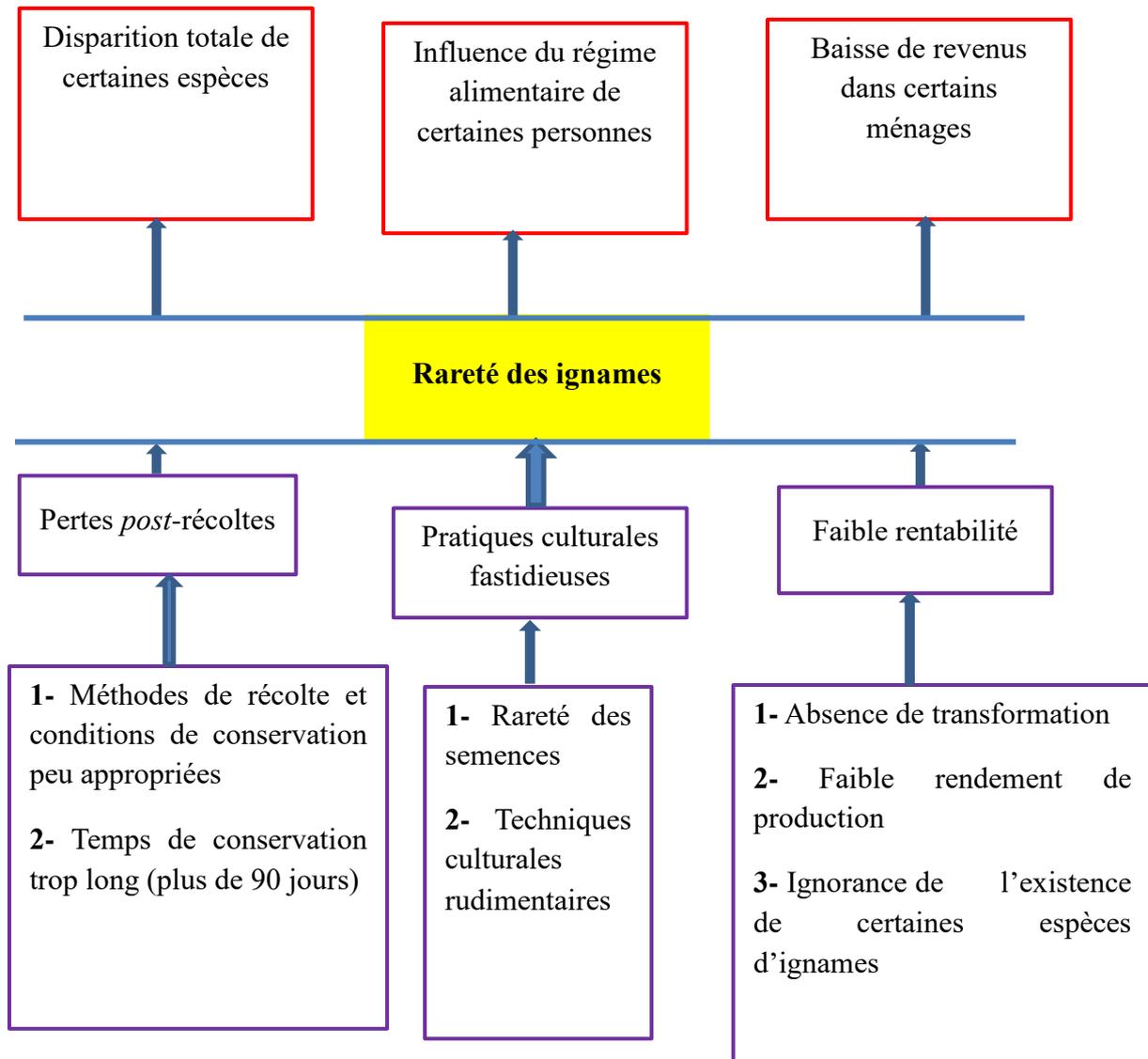


Figure 34: Arbre à problèmes du secteur des tubercules sous-valorisés

b) Recommandations

Afin de résoudre les problèmes liés aux tubercules sous-valorisés, plusieurs stratégies sont proposées :

- Promotion des espèces des tubercules sous-valorisés en voie de disparition ;
- Vulgarisation des semences ;

- Séminaires de formation sur les bonnes pratiques agricoles.
- Mécanisation de l'agriculture ;
- Transformation des tubercules à l'échelle industrielle ;

III.3. Teneurs en nutriments et en facteurs antinutritionnels

Vu l'intérêt accordé à ces tubercules sous-valorisés étudiés dans la vie des populations enquêtées, il serait important de valoriser les propriétés nutritionnelles et potentiels santé de ces tubercules pour une meilleure utilisation en nutrition.

III.3.1. Teneurs en nutriments des tubercules crus et effet de la précuisson

La composition en macronutriments des tubercules crus et précuits se trouve dans le tableau 14. Il a été question de montrer que les tubercules étudiés ont une valeur nutritionnelle considérable pouvant contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire.

Tableau 14: Composition proximale et valeurs énergétiques de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* en g/100 g MS

Echantillon	Teneur en eau (en % MF)	Cendres	Fibres brutes	Protéines N x 6,25	Lipides	Sucres Solubles	Glucides totaux	Amidon	Energie (en Kcal/100 g MS)
<i>C. esculentus</i> Cru NO	74,9 ± 0,6 ^g	3,6 ± 0,2 ^e	4,3 ± 0,2 ^{abcd}	7,1 ± 0,1 ^{defg}	1,0 ± 0,0 ^{bc}	0,4 ± 0,0 ^b	82,4 ± 0,1 ^{fgh}	82,0 ± 0,1 ^{fgh}	367,8 ± 0,8 ^{cdef}
<i>C. esculentus</i> Précuit NO	-	2,2 ± 0,4 ^{abc}	7,5 ± 0,2 ^{fg}	8,4 ± 0,1 ^{efgh}	1,2 ± 0,0 ^{cd}	0,5 ± 0,0 ^c	78,4 ± 0,1 ^{cd}	77,9 ± 0,1 ^{cd}	358,0 ± 1,0 ^a
<i>C. esculentus</i> Cru OU	66,3 ± 0,6 ^e	3,1 ± 0,1 ^{cde}	4,1 ± 0,2 ^{abc}	9,0 ± 0,0 ^{gh}	1,6 ± 0,1 ^{ef}	0,3 ± 0,0 ^{ab}	80,8 ± 0,1 ^{ef}	80,5 ± 0,1 ^{ef}	372,0 ± 0,7 ^{fg}
<i>C. esculentus</i> Précuit OU	-	2,1 ± 0,4 ^{ab}	7,0 ± 0,5 ^{defg}	9,2 ± 0,5 ^h	1,6 ± 0,1 ^{ef}	0,5 ± 0,0 ^c	78,6 ± 0,4 ^{cd}	78,1 ± 0,4 ^{cd}	363,0 ± 1,7 ^{abc}
<i>D. burkilliana</i> NO	61,1 ± 0,6 ^d	1,8 ± 0,3 ^a	2,7 ± 0,1 ^{ab}	4,3 ± 0,2 ^{ab}	1,0 ± 0,1 ^b	0,3 ± 0,0 ^{ab}	89,3 ± 0,6 ^{kl}	89,0 ± 0,6 ^{kl}	383,0 ± 1,6 ^{ij}
<i>D. burkilliana</i> OU	61,4 ± 0,8 ^d	2,6 ± 0,1 ^{abcd}	3,2 ± 0,3 ^{ab}	4,6 ± 0,4 ^{bc}	2,1 ± 0,0 ^{hi}	0,2 ± 0,0 ^a	86,8 ± 0,2 ^j	86,5 ± 0,2 ^j	385,1 ± 1,9 ^j
<i>D. burkilliana</i> AD	67,8 ± 0,9 ^{ef}	2,5 ± 0,1 ^{abcd}	2,5 ± 0,8 ^{ab}	2,8 ± 0,7 ^{ab}	1,0 ± 0,0 ^a	0,3 ± 0,0 ^{ab}	90,2 ± 0,1 ^l	89,9 ± 0,2 ^l	379,3 ± 0,3 ^{hi}
<i>D. bulbifera</i> NO	62,5 ± 0,2 ^d	3,4 ± 0,2 ^{de}	4,6 ± 0,5 ^{bcde}	6,6 ± 0,3 ^{de}	1,3 ± 0,1 ^{cd}	0,3 ± 0,0 ^{ab}	82,1 ± 0,8 ^{fg}	81,8 ± 0,8 ^{fg}	368,1 ± 0,8 ^{def}
<i>D. bulbifera</i> OU	58,2 ± 0,5 ^c	3,3 ± 0,0 ^{de}	3,2 ± 0,2 ^{ab}	6,9 ± 0,2 ^{def}	1,9 ± 0,1 ^{gh}	0,3 ± 0,0 ^{ab}	83,8 ± 0,2 ^{hi}	83,5 ± 0,2 ^{hi}	378,7 ± 0,3 ^{hi}
<i>D. bulbifera</i> AD	55,4 ± 0,4 ^b	2,5 ± 0,1 ^{abcd}	4,0 ± 0,3 ^{abc}	2,4 ± 0,2 ^a	1,7 ± 0,1 ^{fg}	0,3 ± 0,0 ^{ab}	87,7 ± 0,2 ^{jk}	87,4 ± 0,2 ^{jk}	375,6 ± 1,0 ^{gh}
<i>D. shimperiana</i> Jaune Cru OU	67,7 ± 0,4 ^{ef}	3,4 ± 0,1 ^{de}	6,0 ± 0,1 ^{cdef}	3,2 ± 0,3 ^{ab}	1,4 ± 0,1 ^{def}	0,3 ± 0,0 ^{ab}	84,3 ± 0,1 ⁱ	84,0 ± 0,1 ⁱ	363,9 ± 0,8 ^{bcd}
<i>D. shimperiana</i> Jaune Précuit OU	-	2,9 ± 0,1 ^{bcd}	8,3 ± 0,9 ^{gh}	3,3 ± 0,3 ^{ab}	1,4 ± 0,0 ^{de}	0,3 ± 0,0 ^{ab}	83,3 ± 0,7 ^{ghi}	83,0 ± 0,7 ^{ghi}	359,5 ± 1,3 ^{ab}
<i>D. shimperiana</i> Rouge Cru OU	68,1 ± 0,1 ^f	3,3 ± 0,2 ^{de}	6,7 ± 0,1 ^{efg}	6,3 ± 0,3 ^{cd}	2,4 ± 0,0 ^j	0,3 ± 0,0 ^{abc}	79,5 ± 0,1 ^{de}	79,3 ± 0,1 ^{de}	366,1 ± 1,0 ^{cde}
<i>D. shimperiana</i> Rouge Précuit OU	-	3,3 ± 0,1 ^{de}	9,7 ± 1,0 ^h	6,4 ± 0,5 ^{cde}	2,4 ± 0,1 ^j	0,3 ± 0,0 ^{ab}	77,4 ± 0,6 ^{bc}	77,1 ± 0,5 ^{bc}	358,9 ± 1,9 ^a
<i>D. shimperiana</i> Rouge-Orangé Cru OU	68,0 ± 0,1 ^f	3,7 ± 0,1 ^e	8,3 ± 1,0 ^{gh}	8,9 ± 0,7 ^{gh}	2,3 ± 0,0 ^{ij}	0,3 ± 0,0 ^{ab}	76,4 ± 0,2 ^b	76,1 ± 0,2 ^b	364,7 ± 0,8 ^{cde}
<i>D. shimperiana</i> Rouge-Orangé Précuit OU	-	3,4 ± 0,1 ^{de}	6,5 ± 0,2 ^{defg}	12,3 ± 0,3 ⁱ	2,3 ± 0,0 ^{ij}	0,2 ± 0,0 ^a	74,4 ± 0,4 ^a	74,2 ± 0,4 ^a	368,9 ± 0,2 ^{ef}
<i>D. shimperiana</i> Blanc Cru AD	52,1 ± 0,8 ^a	3,2 ± 0,1 ^{cde}	2,3 ± 0,0 ^a	2,9 ± 0,5 ^{ab}	0,9 ± 0,0 ^b	0,3 ± 0,0 ^{ab}	89,7 ± 0,8 ^l	89,4 ± 0,8 ^l	379,8 ± 2,4 ^{hi}

Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart-type (n= 3). Les valeurs portant la même lettre à l'intérieur de la même colonne ne sont pas significativement différentes (p > 0,05)
Légende : NO = Nord-Ouest ; OU = Ouest ; AD = Adamaoua ; n = nombre de répétitions

III.3.1.1. Teneurs en eau

Les teneurs en eau des tubercules crus varient de 52,1 g/100 g MF pour *D. schimperiana* blanc de l'Adamaoua à 74,9 g/100 g MF pour *C. esculentus* du Nord-Ouest. Ces valeurs sont similaires à celles de *D. rotundata* (58,2 g/100 g) et de *D. dumetorum* (79,3 g/100 g MF) obtenues par Polycarp *et al.* (2012). La teneur en eau étant un facteur de périssabilité et de stockage des produits alimentaires, la quantité d'eau de ces espèces d'ignames indique qu'elles peuvent ne pas durer longtemps dans la maison après la récolte et peuvent facilement germer.

III.3.1.2. Teneurs en cendres

Les teneurs en cendres des tubercules crus varient de 1,8 (*D. burkilliana*, Nord-Ouest) à 3,7 g/100 g de matière sèche (MS) (*D. schimperiana*, rouge-orange, Ouest). Ces valeurs obtenues sont respectivement inférieures et supérieures à 2,0 g/100 g MS pour *C. esculenta* du Tchad (Djibrine, 2011). Toutefois, il a été observé une baisse significative de la teneur en cendres après précuisson ; soit une baisse de 38,87 et 32,26% respectivement pour *C. esculentus* du Nord-Ouest et de l'Ouest. La diminution de la teneur en cendres après la précuisson serait due à un drainage des minéraux par l'eau vers l'extérieur des cellules (Ezeocha et Ojmelukwe, 2012). *D. schimperiana* rouge-orange cru de l'Ouest peut être considérée comme une source non négligeable en minéraux.

III.3.1.3. Teneurs en fibres brutes

Les teneurs en fibres brutes des tubercules crus se situent entre 2,3 et 8,3 g / 100 g de MS pour *D. schimperiana* blanc de l'Adamaoua et *D. schimperiana* rouge-orange de l'Ouest, respectivement. Ces valeurs sont très supérieures aux résultats (1,3 à 1,6 g / 100 g de MS) obtenus par Tchiègang et Ngueto (2009) avec *D. schimperiana* récoltés dans les villages

Bamena, Balengou et Bangou dans la Région de l'Ouest-Cameroun, plus précisément dans le Département du Ndé. Après précuisson, il a été observé une augmentation significative de la teneur en fibres des tubercules ; soit une augmentation de 42,67% pour *C. esculentus* du Nord-Ouest ; 41,43% pour *C. esculentus* de l'Ouest ; 30,93% pour *D. schimperiana* rouge de l'Ouest et 27,71% pour *D. schimperiana* jaune de l'Ouest. Par contre, il a été noté une baisse significative de 21,68% de la teneur en fibres avec *D. schimperiana* rouge-orangé de l'Ouest. L'augmentation de la teneur en fibres de ces tubercules est en accord avec les travaux de Bikila *et al.* (2020) qui ont travaillé sur l'anchote (*Coccinia abyssinica* (Lam.) Cogn.), une plante à racine indigène sous-utilisée mais précieuse, consommée uniquement en Éthiopie. Après blanchiment à 80 et à 100°C pendant 5 minutes, ils ont obtenus une augmentation significative des teneurs en fibres de l'anchote, qui variaient respectivement de 8,22 à 10,76 g/100 g MS et 7,57 à 10,58 g/100 g MS. L'augmentation pourrait être due à la gélatinisation et à la rétrogradation de l'amidon suite au traitement thermique. De plus, la température pourrait modifier l'amidon natif en polysaccharides non dégradables (amidon résistant) qui augmentent les teneurs en fibres (Lewu *et al.*, 2009). La présence de fibres dans ces tubercules est un facteur important pour la consommation. En effet, grâce à leurs propriétés hydratantes, les fibres facilitent la vidange gastrique et le transit intestinal, réduisant ainsi le risque de constipation. Ils sont également bénéfiques pour les diabétiques et les personnes atteintes d'artériosclérose (Liu *et al.*, 2000). Les tubercules étudiés ont des teneurs en fibres allant de 1 à 3 g / 100 g de portion comestible (PC), beaucoup moins que l'Apport Nutritionnel Conseillé (ANC) qui est d'au moins 30 g de fibres par jour (Hooper, 2015). Etant donné que ces tubercules se consomment avec des compléments tels que les légumes et les sauces, leur association pourrait permettre de couvrir les ANCs. *D. schimperiana* rouge-orange cru de l'Ouest présentent des teneurs en fibres favorables pour une utilisation diététique.

III.3.1.4. Teneurs en protéines

Les teneurs en protéines des tubercules crus varient de 2,4 à 9,0 g / 100 g MS pour *D. bulbifera* de l'Adamaoua et *C. esculentus* de l'Ouest, respectivement. Les teneurs en protéines de *D. schimperiana* (2,85 à 8,87 g / 100 g MS) sont similaires aux valeurs (6,24 à 8,98 g/100 g MS) obtenues par Tchiègang et Ngueto (2009) pour *D. schimperiana* récolté dans trois villages de l'Ouest. La teneur en protéines de *C. esculentus* de l'Ouest (8,95 g / 100 g MS) est également proche des résultats obtenus par Tchiègang et Ngueto (2009), mais inférieure à celui de Medoua (2005) obtenu avec *D. dumetorum* (10 g / 100 g MS) du Cameroun. Après précuisson, aucune différence significative n'a été observée entre les tubercules crus et leurs homologues précuits ; exception faite avec *D. schimperiana* rouge-orangé de l'Ouest où il a été constaté une augmentation significative de la teneur en protéines (38,67 %). Cette augmentation serait due à l'hydrolyse des complexes phytate-protéines d'une part et oxalate-protéines d'autre part lors de la précuisson. Les tubercules étudiés ont des teneurs en protéines allant de 1 à 3 g / 100 g PC. L'apport nutritionnel conseillé en protéines est de 0,83 g / kg de poids corporel par jour (WHO, 2002). Malgré les faibles apports en protéines de ces tubercules sous-valorisés, ces derniers se consomment avec des compléments incluant la viande, le poisson et les champignons qui sont des sources de protéines par excellence. Par ailleurs, *D. schimperiana* rouge-orange (8,87) de l'Ouest, *C. esculentus* de l'Ouest (8,95) et du Nord-Ouest (7,07 g/100 g de MS) peuvent donc être considérés comme des sources non négligeables en protéines. Les travaux de Tchiègang et Ngueto (2009) ont montré que *D. schimperiana* contenait les acides aminés indispensables ; les acides aminés limitants étant l'association méthionine + cystéine (0,98 g/100 g de protéine), il est donc nécessaire d'associer leur consommation aux aliments riches en soufre comme les feuilles de *Moringa oleifera* par exemple, pour atteindre la valeur de 2,2 g /100 g de protéines de référence (FAO, 1985).

III.3.1.5. Teneurs en lipides

Les teneurs en lipides des tubercules crus vont de 0,5 g (*D. burkilliana* de l'Adamaoua) à 2,4 g / 100 g de MS (*D. schimperiana* rouge de l'Ouest). Ces valeurs sont similaires à celles rapportées par Tchiègang et Ngueto (2009) où les teneurs en lipides vont de 1,00 g (Bamena) à 1,41 g / 100 g de MS (Bangou). Ces résultats sont également similaires à ceux de Polycarp *et al.* (2012) qui ont travaillé sur 13 variétés d'ignames (*D. rotundata* Poma, *D. rotundata* Labrekor, *D. bulbifera* gris clair, *D. bulbifera* gris, *D. cayenensis* jaune, *D. cayenensis* jaune, *D. praeheensis* blanc, *D. dumetorum* jaune, *D. dumetorum*, *D. alata* allumettes, *D. alata* Akaba, *D. esculenta* grands et petits) ayant une teneur en lipides inférieure à 1 g / 100 g de MS. Tchiègang et Ngueto (2009) ont montré que les acides gras de la fraction lipidique de l'igname contenaient : l'acide palmitique (31%), l'acide linoléique (27%) et l'acide oléique (20%), suivi de l'acide linoléique (13%), palmitoléique (4%), myristique (3%) et stéarique (2%). Dans l'ensemble, les teneurs en lipides sont très faibles dans les tubercules analysés. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre les tubercules bruts et ceux ayant subi la précuisson. Les faibles teneurs en lipides dans ces tubercules pourraient être bénéfiques pour les personnes atteintes de maladies non transmissibles, telles que les maladies cardiaques, les accidents vasculaires cérébraux et le diabète (Fashina *et al.*, 2017).

III.3.1.6. Teneurs en sucres solubles

Les teneurs en sucres solubles des tubercules crus varient entre 0,2 et 0,4 g / 100 g de MS pour *D. burkilliana* de l'Ouest et *C. esculentus* du Nord-Ouest, respectivement. Ces valeurs sont largement inférieures à celles de *D. burkilliana* (2,34 g/100g de MS) et de *D. bulbifera* (3,59 g/100 g de MS) de Côte d'Ivoire rapportées par Sahoré et Amani (2012). En général, ces tubercules ont de très faibles teneurs en sucres solubles.

III.3.1.7. Teneurs en glucides

Les teneurs en glucides de tubercules crus sont élevées et elles varient de 76,4 à 90,2 g/100g de MS pour *D. schimperiana* rouge-orange de l'Ouest et *D. burkilliana* de l'Adamaoua, respectivement. Les glucides constituent le principal composant de tous ces tubercules. Les valeurs obtenues sont supérieures à ceux de *Solenostemon* sp (73,2 g/100g de MS), mais similaires à ceux de *C. rotundifolius* (83,5 g/100g de MS) de l'Ouest-Cameroun (Gouado *et al.*, 2003). La teneur en glucides de *D. schimperiana* rouge orange (76,40 g/100g de MS) est inférieure à celle de *D. schimperiana* (88,7 g/100g de MS) obtenue par Malaise (1997). Celle de *D. burkilliana* (90,19 g/100g de MS) de l'Adamaoua avoisine celle de *I. batatas* (94) et de *M. esculenta* (91 g/100g de MS) du Cameroun (Agbor et Trèche, 1984). Après précuisson, il a été noté une baisse significative de la teneur en glucides totaux ; soit une baisse de 4,89% ; 2,76% ; 2,72% ; 2,60% et 1,22% respectivement pour *C. esculentus* du Nord-Ouest ; *C. esculentus* de l'Ouest ; *D. schimperiana* rouge ; rouge-orangé et jaune de l'Ouest. Cette baisse pourrait s'expliquer par l'hydrolyse qui se produit dans les tubercules pendant la précuisson transformant l'amidon en sucres solubles (Dadié *et al.*, 1998). Malgré cette légère baisse observée, ces tubercules sont les principales sources de glucides au même titre qu'*Ipomea batatas* et *M. esculenta*. Pour une alimentation équilibrée, les besoins en glucides doivent représenter 40 à 55% d'apport énergétique total (Anses, 2016).

III.3.1.8. Teneurs en amidon

Les teneurs en amidon des tubercules crus vont de 76,1 g (*D. schimperiana* rouge-orange de l'Ouest) à 89,9 g / 100 g de MS pour *D. burkilliana* de l'Adamaoua. Ces teneurs sont similaires à celles obtenues par Laya *et al.* (2018) avec *M. esculentus* (71 à 90 g / 100 g de MS). Ces résultats ont montré que l'amidon représente environ 99,5% du taux de glucides de ces tubercules. L'amidon est le composant chimique le plus important dans ces farines.

Outre son apport énergétique, l'amidon de la plupart des aliments transformés contribue à la texture, aux qualités organoleptiques et aux propriétés nutritionnelles (Tharanathan et Mahadevamma, 2003). Au vu des teneurs en amidon de ces tubercules sous-valorisés, ils peuvent être considérés comme source en hydrates de carbones au même titre que le manioc.

III.3.1.9. Valeurs énergétiques

Les tubercules ont montré des valeurs énergétiques considérables allant de 363,9 à 385,1 Kcal/100 g MS respectivement pour les *D. schimperiana* jaune et *D. burkilliana* de l'Ouest. Cette valeur énergétique élevée dans les tubercules est due à leurs fortes teneurs en amidon. Ces valeurs énergétiques sont plus élevées que celles de *C. esculentus* (352), *D. dumetorum* (327) et *D. schimperiana* (323 kcal) (Malaise, 1997). Cependant, la valeur obtenue avec *D. burkilliana* (385,11 Kcal) de l'Ouest est similaire à celle observée chez *D. esculenta* (388), *I. batatas* (390), *M. esculenta* (392), *C. rotundifolius* (392) et *Solenostemon sp* (399 Kcal) (Agbor et Trèche, 1984). Les besoins énergétiques reflètent un apport d'énergie nécessaire au maintien de l'activité et de la bonne santé des personnes. Chez les personnes âgées, les besoins sont estimés à 2000 kcal/j pour l'homme, et 1800 kcal/j pour la femme (Ferry *et al.*, 2002). Tous ces tubercules ont montré des valeurs énergétiques comprises entre 118 et 149 Kcal /100 g PC. Une consommation de 100 g de ces tubercules sous-valorisés permet de couvrir entre 5,9 et 7,5 % des besoins en énergie chez un homme et chez une femme entre 6,5 et 8,3 %. Au regard de ces valeurs énergétiques, tous ces tubercules en particulier *D. burkilliana* de l'Ouest, peuvent être considérés comme sources d'énergie.

III.3.2. Composition des tubercules en minéraux

Le tableau 15 résume la composition des tubercules crus et précuits en minéraux.

Tableau 15: Composition en quelques macro et oligoéléments de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* exprimée en mg ou en µg/100 g MS

Echantillon	Ca (mg)	P (mg)	K (mg)	Na (mg)	Mg (mg)	Fe (µg)	Zn (µg)	Cu (µg)
<i>C. esculentus</i> Cru NO	52 ± 0 ^o	153 ± 0 ^h	514 ± 0 ⁿ	7 ± 1 ^f	264 ± 0 ⁿ	39 ± 0 ^j	413 ± 0 ^h	353 ± 0 ^c
<i>C. esculentus</i> Précuit NO	38 ± 0 ^f	111 ± 2 ^d	286 ± 0 ⁱ	4 ± 0 ^{abc}	492 ± 1 ^o	19 ± 0 ^{bc}	160 ± 0 ^f	220 ± 0 ^b
<i>C. esculentus</i> Cru OU	63 ± 0 ^p	124 ± 1 ^e	246 ± 0 ^g	10 ± 0 ^h	150 ± 0 ^m	31 ± 1 ^g	306 ± 0 ^g	219 ± 0 ^b
<i>C. esculentus</i> Précuit OU	43 ± 0 ^j	55 ± 1 ^a	97 ± 0 ^a	4 ± 0 ^{abc}	656 ± 1 ^p	16 ± 0 ^a	18 ± 0 ^b	16 ± 0 ^a
<i>D. burkilliana</i> NO	14 ± 0 ^a	121 ± 0 ^e	217 ± 0 ^b	8 ± 0 ^g	41 ± 0 ^b	26 ± 1 ^e	482 ± 0 ⁱ	312 ± 0 ^c
<i>D. burkilliana</i> OU	24 ± 0 ^b	137 ± 1 ^f	253 ± 0 ^h	5 ± 0 ^e	63 ± 1 ^e	46 ± 1 ^m	928 ± 0 ^m	617 ± 0 ^f
<i>D. burkilliana</i> AD	27 ± 0 ^d	159 ± 2 ⁱ	240 ± 0 ^e	4 ± 0 ^{abc}	48 ± 0 ^c	20 ± 0 ^c	679 ± 0 ^j	379 ± 0 ^{cd}
<i>D. bulbifera</i> NO	31 ± 0 ^e	215 ± 0 ^m	364 ± 0 ^m	17 ± 0 ⁱ	54 ± 0 ^d	33 ± 1 ^h	840 ± 1 ^k	472 ± 0 ^e
<i>D. bulbifera</i> OU	46 ± 0 ^k	202 ± 1 ^l	243 ± 0 ^f	4 ± 0 ^{ab}	128 ± 0 ^l	41 ± 1 ^k	895 ± 0 ^l	472 ± 0 ^e
<i>D. bulbifera</i> AD	25 ± 0 ^c	83 ± 1 ^b	317 ± 0 ^k	3 ± 0 ^a	29 ± 0 ^a	18 ± 0 ^b	50 ± 0 ^d	26 ± 0 ^a
<i>D. schimperiana</i> Jaune Cru OU	51 ± 0 ⁿ	147 ± 2 ^g	287 ± 0 ^j	5 ± 0 ^{de}	113 ± 0 ^j	35 ± 0 ⁱ	1181 ± 1 ⁿ	598 ± 0 ^f
<i>D. schimperiana</i> Jaune Précuit OU	47 ± 0 ^l	157 ± 1 ^{hi}	239 ± 0 ^d	4 ± 0 ^{cd}	109 ± 0 ⁱ	28 ± 0 ^f	1384 ± 1 ^o	432 ± 0 ^{de}
<i>D. schimperiana</i> Rouge Cru OU	41 ± 0 ⁱ	84 ± 1 ^b	254 ± 0 ^h	4 ± 0 ^{abc}	91 ± 0 ^f	22 ± 0 ^d	46 ± 0 ^c	ND
<i>D. schimperiana</i> Rouge Précuit OU	45 ± 0 ^k	178 ± 1 ^k	241 ± 0 ^e	4 ± 0 ^{abc}	104 ± 0 ^g	58 ± 0 ⁿ	1743 ± 0 ^q	939 ± 0 ^g
<i>D. schimperiana</i> Rouge-Orangé Cru OU	40 ± 0 ^h	96 ± 0 ^c	332 ± 0 ^l	4 ± 0 ^{abc}	108 ± 0 ^h	26 ± 0 ^e	63 ± 0 ^e	32 ± 0 ^a
<i>D. schimperiana</i> Rouge-Orangé Précuit OU	48 ± 0 ^m	200 ± 1 ^l	222 ± 0 ^c	5 ± 0 ^{de}	123 ± 0 ^k	43 ± 0 ^l	1664 ± 1 ^p	627 ± 0 ^f
<i>D. schimperiana</i> Blanc Cru AD	40 ± 0 ^g	169 ± 1 ^j	557 ± 0 ^o	3 ± 0 ^{ab}	92 ± 0 ^f	26 ± 0 ^e	9 ± 0 ^a	23 ± 0 ^a

Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart-type (n= 3). Les valeurs portant la même lettre à l'intérieur de la même colonne ne sont pas significativement différentes (p > 0,05)

Légende : NO = Nord-Ouest ; OU = Ouest ; AD = Adamaoua ; n = nombre de répétitions

III.3.2.1. Teneurs en calcium

Les teneurs en calcium des tubercules crus varient de 14 à 63 mg/100 g de MS pour *D. burkilliana* du Nord-Ouest et *C. esculentus* de l'Ouest, respectivement. Tous ces tubercules présentent des valeurs inférieures à celle obtenue par Jacques *et al.* (2016) avec *D. bulbifera* (77,1 mg/100g de MS). De façon générale, la précuisson a entraînée une baisse significative des teneurs en calcium dans les échantillons précuits. Cette baisse pourrait s'expliquer par le drainage du calcium soluble hors de la cellule pendant la précuisson (Ezeocha et Ojimekwe, 2012). Le calcium est nécessaire à la coagulation du sang. Il régule l'équilibre acido-basique du sang, empêchant ainsi son acidité (Garcia-Chuit et Boella, 1993). Les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour le calcium sont de 270 mg / jour de 7 à 12 mois, 500 mg pour les enfants de 1 à 3 ans et 800 mg pour ceux de 4 à 8 ans (OIM, 1997). Ces tubercules ont de faibles taux de calcium (5 à 21 mg/100g de portion comestible (PC) bien en deçà de 270 mg/100g de PC). Une consommation de 100 g de ces tubercules sous-valorisés permet de couvrir entre 1,9 et 7,8 % des apports nutritionnels conseillés en calcium pour les enfants de 7 à 12 mois. Mais étant donné que ces tubercules se consomment aussi avec des compléments tels que les sauces, les légumes et les viandes, leur association pourrait être bénéfique pour combler le déficit en calcium chez les personnes âgées.

III.3.2.2. Teneurs en phosphore

Les valeurs de phosphore des tubercules crus varient de 83 à 215 mg / 100 g de MS pour *D. bulbifera* des régions de l'Adamaoua et du Nord-Ouest, respectivement. Ces teneurs en phosphore sont plus élevées que celle de *D. bulbifera* bulbilles (37,8 mg/100g MS) (Jacques *et al.*, 2016). Les teneurs élevées en phosphore des tubercules suggèrent que leur consommation pourrait contribuer au processus de formation des dents et des os chez les enfants et à leur développement sain (Olaofe *et al.*, 2009). Le phosphore fonctionne comme

cofacteur de plusieurs systèmes enzymatiques et contribue au potentiel métabolique sous forme de composés de haute énergie tels que, ATP, GTP, ITP. Les ions phosphates sont essentiels pour le métabolisme des lipides, des glucides et des protéines et jouent un rôle majeur dans la régulation de l'équilibre acido-basique du plasma et entre les cellules à travers l'effet tampon du système $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ (IMPHOS, 2002). Le rapport calcium / phosphore (Ca / P) va de 0,12 pour *D. burkilliana* dans le Nord-Ouest à 0,51 pour *C. esculentus* de l'Ouest. Ce rapport est très inférieur à 2,03 obtenu par Jacques *et al.* (2016). Tous les échantillons ont présenté un rapport $\leq 1/2$, ce qui voudrait dire que le calcium sera rapidement absorbé dans le tractus gastro-intestinal après consommation de ces tubercules. Le rapport Ca / P influence le pic d'absorption de ces minéraux dans le tractus gastro-intestinal. Un ratio de 1/2 pour les enfants et de 1/1 pour les adultes présente une absorption maximale de ce minéral chez les individus respectifs (O'dell, 1989 ; FAO / OMS, 2001). La consommation de ces tubercules par les personnes âgées devrait donc être encouragée pour aider à prévenir les déséquilibres de ces minéraux.

III.3.2.3. Teneurs en potassium

Les teneurs en potassium des tubercules crus varient de 217 à 557 mg / 100 g de MS pour *D. burkilliana* du Nord-Ouest et *D. shimperiana* blanc de l'Adamaoua, respectivement. Ces taux sont inférieurs à celui de *D. bulbifera* (847 mg/100 g MS) rapporté par Jacques *et al.* (2016). Le potassium régule le rythme cardiaque, la pression artérielle, la teneur en eau du corps et l'excitabilité dans les troubles neuromusculaires (Jacques *et al.*, 2016). L'apport journalier recommandé (AJR) en potassium est de 800 mg pour les enfants de 2 à 3 ans et 1600 mg pour ceux de 7 à 9 ans (SCF, 1993). Ces tubercules ont de faibles taux de potassium (85 à 267 mg/100g de portion comestible (PC) bien en deçà de 800 mg). Bien que ces tubercules aient un faible taux de potassium, certains d'entre eux, notamment *D. shimperiana*

blanc de l'Adamaoua, présentent un taux non négligeable de potassium permettant de couvrir 33 % des apports en potassium chez les enfants de 2 à 3 ans.

III.3.2.4. Teneurs en sodium

Les teneurs en sodium des tubercules crus vont de 3 (*D. bulbifera* et *D. shimperiana* blanc de l'Adamaoua) à 17 mg/100 g de MS (*D. bulbifera* du Nord-Ouest). Ces taux sont très inférieurs à celui rapporté par Jacques *et al.* (2016) avec *D. bulbifera* (48,10 mg / 100 g de MS). La consommation quotidienne du sodium par un adulte est de 500 mg (NRC, 1989). Les teneurs en sodium étant faibles dans les échantillons analysés, ces tubercules pourraient donc être utilisés comme aliments sains pour améliorer la santé des personnes à risque ou atteintes de maladies chroniques (Jacques *et al.*, 2016). Le rapport potassium / sodium (K / Na) est compris entre 21 et 186 pour *D. bulbifera* du Nord-Ouest et *D. shimperiana* blanc d'Adamaoua, respectivement. Ces valeurs sont largement supérieures à celle obtenue par Jacques *et al.* (2016) avec *D. bulbifera* (17,60). Les régimes avec un rapport K / Na plus élevé sont recommandés et ces derniers se trouvent généralement dans les aliments entiers (Arbeit *et al.*, 1992). Le rapport K / Na de ces tubercules est supérieur à 5,0. De plus, FAO / OMS (2001) recommande de réduire l'apport en sodium à moins de 2 g de sel par jour afin de réguler la tension artérielle et de réduire le risque d'accident vasculaire cérébral et de maladie coronarienne chez l'adulte. Tous ces tubercules contenaient de très faibles niveaux de sodium (1 à 6 mg / 100 g de portion comestible, beaucoup moins de 2 g/100g de PC), ce qui pourrait donc être bénéfique pour les personnes souffrant d'hypertension artérielle et des maladies coronariennes.

III.3.2.5. Teneurs en magnésium

Les teneurs en magnésium des tubercules crus varient de 29 à 264 mg/100g de MS pour *D. bulbifera* de l'Adamaoua et *C. esculentus* du Nord-Ouest, respectivement. Ces taux de

magnésium sont similaires à ceux de *D. rotundata* (35,5 mg), *D. bulbifera* (83,5 mg) rapportés par Polycarp *et al.* (2012) et 86,5 mg/100g de MS rapporté par Jacques *et al.* (2016). Le magnésium est le cofacteur de plus de 350 réactions enzymatiques, dont beaucoup sont impliquées dans le métabolisme énergétique. Il intervient également dans la synthèse des protéines, des acides nucléiques, est nécessaire pour le tonus vasculaire normal et à la sensibilité à l'insuline. Les valeurs de l'ANC pour le magnésium sont de 75 mg / jour pour ceux de 7 à 12 mois, 80 mg pour les enfants de 1 à 3 ans et de 130 mg pour ceux de 4 à 8 ans (OIM, 1997). Ces tubercules ont une teneur en magnésium comprise entre 13 et 66 mg / 100 g de portion comestible (PC). Certains de ces tubercules étudiés, notamment *C. esculentus* du Nord-Ouest (66 mg / 100 g de PC), pourraient fournir une quantité de magnésium permettant de couvrir jusqu'à 88 % des apports chez les enfants âgés de 7 à 12 mois et les personnes âgées, et par conséquent, peuvent être considérés comme une source de magnésium pour ces derniers.

III.3.2.6. Teneurs en fer

Les teneurs en fer des tubercules crus étudiés varient de 18 à 46 µg / 100 g de MS pour *D. bulbifera* de l'Adamaoua et *D. burkilliana* de l'Ouest, respectivement. Ces taux sont de loin inférieurs à celui de *D. bulbifera* (7140 µg / 100 g MS) rapporté par Jacques *et al.* (2016). Bien qu'étant en faible quantité dans les tubercules, le fer est indispensable à la vie cellulaire (Loreal et Brissot, 2002). Le fer est le cofacteur clé de la catalase (du grec *kataluein*, « dissoudre »), une oxydoréductase héminique qui catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et dioxygène. Pour catalyser la réaction, l'atome de fer de l'hème réalise une coupure hétérolytique de la liaison O-O du peroxyde d'hydrogène, créant de ce fait une molécule d'eau et un groupe hautement oxydant ; ce dernier peut ensuite oxyder une autre molécule de peroxyde d'hydrogène pour donner du dioxygène (Chance *et al.*, 1979). Au niveau de l'organisme, il permet le transport de l'oxygène aux tissus et au niveau cellulaire, il

participe à de nombreux processus tels que la synthèse de l'ADN, le transport d'électrons et la respiration (Olivier *et al.*, 2001). Le fer joue également un rôle important chez les femmes en âge de procréer, les femmes enceintes et au cours du développement de l'enfant (Kordas et Stoolzfus, 2004). Le récent Comité d'experts de FAO / OMS portant sur les vitamines et des minéraux recommande les apports en fer en tenant compte des régimes alimentaires correspondant à une biodisponibilité du fer à 5, 10, 12 et 15% (FAO / OMS, 2002). Les ANC pour les enfants, les adolescents et adolescentes sont de 10, 12 et 15 mg par jour, respectivement (Herbert, 1987). Étant donné que ces tubercules ont une faible teneur en fer (8 à 18 µg / 100 g de PC) avec un taux de couverture inférieur à 1 %, ils ne peuvent pas être considérés comme de bonnes sources de fer et doivent donc se consommer avec des aliments (légumes sautés, légumes frits, viandes et poissons) riches en fer ou des sauces pour un bon équilibre nutritionnel.

III.3.2.7. Teneurs en zinc

Les teneurs en zinc des tubercules crus vont de 9 à 1181 µg/100 g de MS respectivement pour *D. schimperiana* blanc de l'Adamaoua et *D. schimperiana* jaune de l'Ouest. Ces teneurs en zinc sont très inférieures à 5 400 et 7 800 µg / 100 g de MS pour *D. praehehsalis* et *D. esculenta* respectivement (Polycarp *et al.*, 2012). Le zinc est un composant de plus de 100 enzymes, parmi lesquelles l'ADN polymérase, l'ARN polymérase et l'ARN synthétase de transfert. Le zinc est un cofacteur de la superoxyde dismutase (SOD). La SOD est une protéine métallique possédant une activité enzymatique lui permettant de catalyser la dismutation de l'anion superoxyde O₂⁻ (Russo-Marie, 1998). Le zinc a également comme fonction de protéger le groupement thiol des protéines. De plus, il peut lutter contre la formation des ROS (ROS, pour *Reactive Oxygen Species*) induite par le fer ou le cuivre. Ainsi l'analyse du rapport des taux sanguins Cuivre/ Zinc permet d'évaluer le stress oxydant d'un individu donné (Mezzetti *et al.*, 1998). La carence en zinc est souvent liée à un stress oxydant

plus important et à l'apparition de pathologies chroniques (Jomova et Valko, 2011). Des déficiences plus graves entraînent un arrêt de croissance, une tératogénicité, un hypogonadisme, une infertilité, une cicatrisation médiocre des plaies, des diarrhées, une dermatite aux extrémités, une perte d'adaptation à l'obscurité et une immunité cellulaire altérée (Ringsted *et al.*, 1990). Les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour le zinc sont de 3 mg pour les enfants de 1 à 3 ans et 5 mg pour les enfants de 4 à 8 ans (IOM, 2001). Tous ces tubercules contiennent de très faibles teneurs en zinc (4 à 382 μg / 100 g de PC, bien en deçà de 3 g / 100g de PC) avec des taux de couvertures compris entre 0 et 13 % pour les enfants de 1 à 3 ans, et ne peuvent donc être considérés comme des sources de zinc. Ces tubercules doivent donc être consommés avec des aliments riches en zinc tels que les huîtres, le foie de veau et la viande de bœuf ou des soupes, pour un bon équilibre nutritionnel.

III.3.2.8. Teneurs en cuivre

Les teneurs en cuivre des tubercules crus varient de 23 à 617 μg / 100 g de MS pour *D. schimperiana* blanc de l'Adamaoua et *D. burkilliana* de l'Ouest, à l'exception de *D. schimperiana* rouge de l'Ouest dont la valeur en cuivre n'a pas été déterminée. Ces teneurs en cuivre étaient similaires à celles de Polycarp *et al.* (2012) qui ont travaillé sur 13 variétés d'ignames et ont obtenus des teneurs variant de 100 à 250 μg / 100 g de MS. Le cuivre est un des cofacteurs essentiels de la SOD étant donné sa facilité à passer de l'état réduit à l'état oxydé (Jomova et Valko, 2011). De plus, il joue un rôle important dans l'initiation des réactions produisant des ROS de par ses propriétés de métal de transition, tout comme le fer. On retrouve le cuivre surtout dans le foie, les huîtres et le chocolat noir (Laliberté et Labbé, 2008). Le cuivre est également responsable des propriétés structurales et catalytiques de nombreuses enzymes tels que la superoxyde dismutase (SOD), catalase et la glutathion peroxydase nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. Si la SOD catalyse la transformation de deux ions superoxyde en eau oxygénée, la glutathion peroxydase, présente à

la fois dans le cytosol et la mitochondrie, détruit l'eau oxygénée HOOH et les hydroperoxydes ROOH. Ce métal est nécessaire à la croissance du nourrisson, aux mécanismes de défense de l'hôte, à la résistance des os, à la maturation des globules rouges et blancs, au transport du fer et au développement du cerveau (Uauy *et al.*, 1998 ; Olivares *et al.*, 2000). Les ANC pour le cuivre sont de 340 µg pour les enfants de 1 à 3 ans et 440 µg pour ceux de 4 à 8 ans (IOM, 2001). La teneur en cuivre des tubercules varie de 11 à 238 µg / 100 g de PC. Toutes ces valeurs sont inférieures à l'ANC, cependant, la consommation de *D. burkilliana* de l'Ouest permet d'atteindre un taux de couverture de 70 %.

Il ressort des résultats du tableau 15 que les teneurs en minéraux sont plus ou moins variables entre les tubercules d'une même espèce et même entre les espèces différentes. La précuisson a entraînée de manière générale une baisse significative de la teneur en minéraux des tubercules précuits. La précuisson n'apparaît donc pas comme un traitement permettant de préserver les minéraux.

III.3.3. Effets de la précuisson sur la teneur en facteurs antinutritionnels

Le tableau 16 montre les teneurs en anti-nutriments dans les tubercules. Il était question dans cette partie du travail, de déterminer les teneurs des antinutritionnels couramment rencontrés dans les tubercules afin de mettre en évidence leur toxicité dans les tubercules sous-valorisés étudiés.

Tableau 16: Teneurs en quelques antinutritionnels de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus* exprimées en mg/100 g MS

Echantillon	Phytates	Oxalates	Tannins	Saponines
<i>C. esculentus</i> Cru NO	1918 ± 7 ^b	921 ± 7 ^h	55 ± 0 ^e	106 ± 1 ^e
<i>C. esculentus</i> Précuit NO	1947 ± 6 ^b	2087 ± 7 ^l	96 ± 1 ^j	55 ± 0 ^b
<i>C. esculentus</i> Cru OU	2167 ± 17 ^d	1084 ± 7 ^j	36 ± 1 ^c	123 ± 3 ^f
<i>C. esculentus</i> Précuit OU	2126 ± 4 ^d	1971 ± 8 ^k	79 ± 2 ^{ghi}	30 ± 0 ^a
<i>D. burkilliana</i> NO	1691 ± 6 ^a	638 ± 7 ^e	81 ± 1 ^{hi}	313 ± 2 ^j
<i>D. burkilliana</i> OU	1911 ± 7 ^b	526 ± 6 ^b	34 ± 1 ^{bc}	474 ± 3 ^l
<i>D. burkilliana</i> AD	1951 ± 19 ^b	670 ± 3 ^f	74 ± 1 ^g	365 ± 2 ^k
<i>D. bulbifera</i> NO	2076 ± 18 ^{cd}	998 ± 6 ⁱ	64 ± 1 ^f	125 ± 1 ^{fg}
<i>D. bulbifera</i> OU	1751 ± 25 ^a	928 ± 6 ^h	26 ± 1 ^a	122 ± 3 ^f
<i>D. bulbifera</i> AD	2151 ± 4 ^d	604 ± 7 ^d	78 ± 1 ^{ghi}	1423 ± 2 ^h
<i>D. schimperiana</i> Jaune Cru OU	1726 ± 31 ^a	569 ± 6 ^c	44 ± 1 ^d	133 ± 1 ^{gh}
<i>D. schimperiana</i> Jaune Précuit OU	2015 ± 7 ^{bc}	544 ± 3 ^{bc}	76 ± 2 ^{gh}	74 ± 1 ^c
<i>D. schimperiana</i> Rouge Cru OU	2470 ± 17 ^f	487 ± 2 ^a	143 ± 2 ^l	103 ± 2 ^e
<i>D. schimperiana</i> Rouge Précuit OU	3789 ± 41 ⁱ	666 ± 2 ^{ef}	183 ± 1 ^m	67 ± 2 ^c
<i>D. schimperiana</i> Rouge-Orangé Cru OU	2337 ± 9 ^e	574 ± 6 ^{cd}	117 ± 1 ^k	90 ± 1 ^d
<i>D. schimperiana</i> Rouge-Orangé Précuit OU	3048 ± 21 ^h	482 ± 3 ^a	83 ± 2 ⁱ	91 ± 1 ^d
<i>D. schimperiana</i> Blanc Cru AD	2705 ± 46 ^g	737 ± 6 ^g	29 ± 1 ^{ab}	217 ± 3 ⁱ

Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart-type (n= 3). Les valeurs portant la même lettre à l'intérieur de la même colonne ne sont pas significativement différentes (p > 0,05)

Légende : NO = Nord-Ouest ; OU = Ouest ; AD = Adamaoua ; n = nombre de répétitions

III.3.3.1. Teneurs en phytates

Les teneurs en phytates des tubercules crus varient de 1691 à 2705 mg / 100 g de MS pour *D. burkilliana* du Nord-Ouest et *D. schimperiana* blanc de l'Adamaoua, respectivement. Ces valeurs sont très supérieures aux valeurs de 0,89 mg / 100 g de MS pour *D. alata* et 4,16 mg / 100 g de MS pour *D. cayenensis* rapportées par Polycarp *et al.* (2012). Après précuisson, aucune différence significative n'a été observée en ce qui concerne les teneurs en phytates de *C. esculentus* du Nord-Ouest et *C. esculentus* de l'Ouest entre le tubercule cru et son homologue précuit. Par contre, avec *D. schimperiana* rouge, rouge-orangé et jaune de l'Ouest, il a été observé une augmentation significative de 34,8% ; 23,3% et 16,75% respectivement. La précuisson n'a pas eu un effet positif du point de vue nutritionnel. Les teneurs élevées en phytates dans la nutrition humaine sont toxiques et limitent la biodisponibilité du calcium, du magnésium, du fer et du phosphore en formant des composés insolubles avec ces derniers (Aletor, 1994). Mais les travaux de Ezeocha et Ojmelukwe (2012) ont montré que la plupart des facteurs antinutritionnels dans les aliments peuvent être réduits par une bonne application prolongée de chaleur ($t = 100^{\circ}\text{C}$). L'ingestion quotidienne moyenne de phytate est estimée à 2000-2600 mg pour les régimes végétariens et les régimes des habitants en zones rurales des pays en développement, et à 150-1400 mg pour les régimes mixtes (Grases *et al.*, 1999). Les teneurs en phytates de ces échantillons sont supérieures à la dose journalière admissible pour les régimes mixtes, mais dans les limites de l'apport quotidien moyen en phytates, ils auront donc un effet moins contraignant sur certains minéraux tels que le Ca, le Mg, le Fe et le Zinc.

III.3.3.2. Teneurs en oxalates

Les teneurs en oxalates des tubercules crus varient de 487 à 1084 mg / 100 g de MS pour *D. schimperiana* rouge et *C. esculentus* de l'Ouest, respectivement. Ces teneurs en oxalates sont largement supérieures à celles de *D. esculenta* (0,20 mg / 100 g de MS) et de *D.*

bulbifera (0,63 mg / 100 g de MS) (Polycarp *et al.*, 2012). Après précuisson, il a été observé respectivement une augmentation significative de la teneur en oxalates de 126,75% ; 81,73% et 36,81% avec *C. esculentus* du Nord-Ouest, *C. esculentus* de l'Ouest et *D. schimperiana* rouge de l'Ouest. Avec *D. schimperiana* jaune de l'Ouest, aucune différence significative n'a été observée. Par contre, avec *D. schimperiana*, rouge-orangé de l'Ouest, une baisse significative de la teneur en oxalates de 16,08% a été observée. La présence des oxalates dans les aliments provoque une irritation de la bouche et interfère avec l'absorption des minéraux divalents, en particulier du calcium. Tout comme les phytates, ils peuvent se combiner aux minéraux pour former des sels insolubles. Cependant, le niveau d'oxalates dans ces tubercules n'est pas une préoccupation majeure pour la santé, selon les besoins d'un organisme humain, consommer 2 à 5 g d'oxalate par jour est considéré comme toxique (Hassan et Umar, 2004).

III.3.3.3. Teneurs en tannins

Les teneurs en tannins des tubercules crus vont de 26 à 143 mg / 100 g de MS pour *D. bulbifera* et *D. schimperiana* rouge de l'Ouest, respectivement. La teneur en tannins de *D. bulbifera* (66 mg/100 g de MS) rapportée par Jacques *et al.* (2016) se situe dans cette plage de valeurs. Après précuisson, il a été observé respectivement une augmentation significative des teneurs en tannins de 116,14 ; 75,35 ; 72,61 et 27,98 % avec *C. esculentus* de l'Ouest, *C. esculentus* du Nord-Ouest, *D. schimperiana* jaune et rouge de l'Ouest. Ces augmentations des teneurs en tannins seraient due à l'hydrolyse du complexe tannins-protéines au cours de la précuisson. Il a été rapporté que les tannins forment des complexes avec les protéines, réduisant ainsi leur digestibilité et palatabilité (Eka, 1985). La consommation des aliments riches en tannins (≥ 5000 mg / 100 g de MS) peut causer le cancer de l'œsophage (Shils *et al.*, 2006). Les complexes tannins-protéines sont insolubles, ce qui réduit la digestibilité des protéines en inhibant l'activité des enzymes digestives (Carnovale *et al.*, 1991). Les teneurs

en tannins des tubercules sont de loin inférieures à la dose journalière acceptable pour l'homme, 560 mg (Ikpeme, 2012).

III.3.3.4. Teneurs en saponines

Les teneurs en saponines des tubercules crus varient de 90 à 474 mg / 100 g MS pour *D. schimperiana* et *D. burkilliana* rouge-orange de l'Ouest, respectivement. Cependant, ces teneurs sont très inférieures à celle de *D. alata* (2710 mg / 100 g de MS) du Nigéria (Ezeocha et Ojmelukwe, 2012). Après précuisson, il a été observé respectivement une baisse significative de la teneur en saponines de 75,59% ; 48,60% ; 44,47% et 35,53% avec *C. esculentus* de l'Ouest, *C. esculentus* du Nord-Ouest, *D. schimperiana* jaune et rouge de l'Ouest. Ces résultats vont en droite ligne avec ceux de Ezeocha et Ojmelukwe (2012) qui ont montré que la plupart des facteurs antinutritionnels dans les aliments peuvent être réduit par une bonne application de chaleur ($t = 100^{\circ}\text{C}$). Les saponines forment des mousses en solution aqueuse, ils ont une activité hémolytique, une amertume et ont la capacité de se lier au cholestérol. D'autre part, ils ont une tendance naturelle à se protéger des germes, contribuant ainsi au traitement des infections causées par des champignons et des levures. Ces composés servent d'antibiotiques naturels, qui aident le corps à combattre les infections et les invasions microbiennes (Sopido *et al.*, 2000). Étant donné que ces tubercules sont consommés une fois cuits, les niveaux de saponine dans ces derniers seront considérablement réduits, ce qui aura des effets bénéfiques sur la santé.

Malgré la présence des antinutritionnels dans ces tubercules, la plupart des antinutriments dans les aliments peuvent être réduits par l'application d'une chaleur appropriée, à une température de 100°C (Ezeocha et Ojmelukwe 2012).

Dans l'ensemble, les constituants physico-chimiques varient d'une variété de tubercules à l'autre et même au sein d'une même variété récoltée à des endroits différents.

Cette variabilité pourrait être due à la variété des tubercules, à la position géographique, à la nature du sol et aux pratiques agricoles (Chandrasekara et Kumar, 2016).

III.4. Quelques composés bioactifs des tubercules sous-valorisés étudiés

Il a été question dans cette étude de montrer l'intérêt de la consommation des tubercules sous-valorisés étudiés comme source alternative des composés phénoliques. Ces derniers étant des composés bioactifs bénéfiques pour l'organisme grâce à leur implication dans la lutte contre les radicaux libres.

III.4.1. Composés phénoliques totaux et flavonoïdes

Le tableau 17 montre les teneurs en composés phénoliques totaux, flavonoïdes et antioxydants dans les tubercules sous-valorisés étudiés.

Tableau 17: Teneur en composés phénoliques et activités antioxydantes des extraits de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana* et *C. esculentus*

Echantillon	Polyphénols totaux	Flavonoïdes	FRAP mg de	DPPH CI ₅₀ (mg/mL)
	mgEAG/100g MS	mgEC/100g MS	FeSO ₄ / 100 g MS	
<i>C. esculentus</i> Cru NO	324 ± 6 ^e	310 ± 20 ^a	1507 ± 22 ^d	3,17 ± 0,05 ^{bc}
<i>C. esculentus</i> Précuit NO	319 ± 12 ^e	261 ± 3 ^a	2460 ± 24 ^e	69,44 ± 0,23 ⁱ
<i>C. esculentus</i> Cru OU	201 ± 2 ^{bcde}	238 ± 3 ^a	825 ± 10 ^c	3,21 ± 0,00 ^{bc}
<i>C. esculentus</i> Précuit OU	167 ± 5 ^{abcd}	188 ± 10 ^a	1632 ± 43 ^d	89,23 ± 0,99 ^j
<i>D. burkilliana</i> NO	55 ± 1 ^a	77 ± 5 ^a	194 ± 6 ^{ab}	25,81 ± 1,12 ^f
<i>D. burkilliana</i> OU	51 ± 2 ^a	120 ± 5 ^a	138 ± 0 ^a	33,27 ± 0,65 ^g
<i>D. burkilliana</i> AD	60 ± 1 ^a	90 ± 5 ^a	148 ± 4 ^{ab}	40,65 ± 0,62 ^h
<i>D. bulbifera</i> NO	105 ± 13 ^{ab}	209 ± 8 ^a	608 ± 20 ^{bc}	6,91 ± 0,02 ^d
<i>D. bulbifera</i> OU	141 ± 13 ^{abc}	189 ± 11 ^a	329 ± 9 ^{ab}	5,35 ± 0,1 ^{cd}
<i>D. bulbifera</i> AD	264 ± 2 ^{cde}	377 ± 19 ^a	947 ± 3 ^c	1,95 ± 0,03 ^{ab}
<i>D. shimperiana</i> Jaune Cru OU	81 ± 5 ^{ab}	164 ± 7 ^a	233 ± 3 ^{ab}	19,39 ± 0,11 ^e
<i>D. shimperiana</i> Jaune Précuit OU	277 ± 15 ^{de}	448 ± 29 ^a	1762 ± 23 ^d	2,06 ± 0,01 ^{ab}
<i>D. shimperiana</i> Rouge Cru OU	3664 ± 24 ^h	11328 ± 539 ^d	14880 ± 94 ^h	0,85 ± 0,00 ^a
<i>D. shimperiana</i> Rouge Précuit OU	4810 ± 89 ⁱ	15718 ± 542 ^e	17452 ± 14 ⁱ	0,36 ± 0,00 ^a
<i>D. shimperiana</i> Rouge-Orangé Cru OU	2736 ± 17 ^f	3833 ± 590 ^b	10585 ± 303 ^g	1,97 ± 0,00 ^{ab}
<i>D. shimperiana</i> Rouge-Orangé Précuit OU	2901 ± 23 ^g	7024 ± 540 ^c	9062 ± 93 ^f	0,90 ± 0,00 ^a
<i>D. shimperiana</i> Blanc Cru AD	57 ± 1 ^a	94 ± 8 ^a	197 ± 1 ^{ab}	20,42 ± 0,02 ^e

Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne ± écart-type (n= 3). Les valeurs portant la même lettre à l'intérieur de la même colonne ne sont pas significativement différentes (p > 0,05)

Légende : NO = Nord-Ouest ; OU = Ouest ; AD = Adamaoua ; n = nombre de répétitions

III.4.1.1. Composés phénoliques totaux

Les teneurs en composés phénoliques totaux des tubercules crus varient de 51 à 3664 mg EAG/100 g MS respectivement pour *D. burkilliana* et *D. schimperiana* rouge de l'Ouest. Ces valeurs obtenues sont respectivement très inférieures et très supérieures à celles trouvées par Jacques *et al.*, (2016) qui étaient de 558 mg EAG/ 100 g MS pour la variété *D. bulbifera* produite en Côte d'Ivoire. Après précuisson, aucune différence significative n'a été observée entre la teneur en composés phénoliques totaux des tubercules crus et précuits de *C. esculentus* de l'Ouest et *C. esculentus* du Nord-Ouest. Par contre, avec *D. schimperiana* jaune, rouge et rouge-orangé de l'Ouest, il a été noté une augmentation significative de la teneur en composés phénoliques totaux de 240,17 ; 31,28 et 6,02 % respectivement. Cette augmentation après précuisson pourrait être due à la réduction de la dégradation des polyphénols par les enzymes ou encore à la libération des acides phénoliques provenant de la lyse des membranes cellulaires des tubercules (Oluwaseun *et al.*, 2017). Les composés phénoliques des ignames sont capables de protéger le corps des activités radicalaires connues pour endommager les organites cellulaires en raison de leurs propriétés antioxydantes (Amic *et al.*, 2003). En effet, de nombreuses revues leur confèrent le rôle d'excellents piègeurs d'espèces réactives directement issues de l'oxygène ($O_2\cdot^-$, $HO\cdot$, $NO\cdot$, H_2O_2 , $HOCl$, $RO\cdot$ et $ROO\cdot$) provenant de biomolécules telles que les lipoprotéines, les protéines et les acides oligonucléiques (ADN, ARN). Cette faculté, tant étudiée et si reconnue, est fréquemment citée comme étant une clé pour la prévention et/ou la réduction du stress oxydatif en lien direct avec des maladies chroniques. Les radicaux libres seraient aussi impliqués dans le processus de vieillissement (Quideau *et al.*, 2011). Les composés phénoliques ont donc un effet bénéfique pour la santé grâce à leur capacité à prévenir la cancérogénèse, les maladies cardiovasculaires, le diabète, l'inflammation, l'athérosclérose et le vieillissement (Slimetad et Verhel, 2009 ; Adebayo *et al.*, 2012). Cette affirmation permet de plaider en faveur de *D.*

schimperiana rouge et rouge-orangé de l'Ouest comme aliments indiqués pour la prise en charge des maladies chroniques.

III.4.1.2. Flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes des tubercules crus vont de 77 à 11328 mg EC/100g MS respectivement pour *D. burkilliana* du Nord-Ouest et *D. schimperiana* rouge de l'Ouest. Ces valeurs obtenues sont largement supérieures à celle de *D. bulbifera* du Nigeria ($9,94 \pm 35$ mgEC/100 g MS) rapporté par Okigbo *et al.* (2015). Après précuisson, aucune différence significative n'a été observée entre la teneur en flavonoïdes des tubercules crus et précuits de *C. esculentus* de l'Ouest, *C. esculentus* du Nord-Ouest et *D. schimperiana* jaune de l'Ouest. Par contre, avec *D. schimperiana* rouge-orangé et rouge de l'Ouest, il a été observé une augmentation significative des teneurs en flavonoïdes de 83,22 et 38,76 % respectivement. La présence de ces flavonoïdes dans les tubercules étudiés en particulier *D. schimperiana* rouge de l'Ouest plaide en faveur de ces derniers comme aliments ayant des propriétés thérapeutiques. Des études *in vitro* de Xu *et al.*, (2009) ont démontré que les flavonoïdes ont des vertus ; ils sont utilisés comme antiinflammatoire, protecteur hépatique, antispasmodique, diurétique, antiseptique, ou antiviral (Adebayo *et al.*, 2012). De toutes les espèces de tubercules répertoriées, l'igname figure parmi les plus riches en composés bioactifs, notamment les flavonoïdes et les polyphénols (Herzog *et al.*, 1993 ; Adebayo *et al.*, 2012).

III.4.2. Activités antioxydantes : FRAP et DPPH

Un antioxydant est par définition une espèce chimique plus ou moins complexe diminuant le stress oxydant au sein de l'organisme. L'objectif dans cette partie était de mettre en évidence la capacité des tubercules à renforcer le système de défense antioxydant de l'organisme dans la lutte contre les radicaux libres.

Le test FRAP est une méthode basée sur le changement de coloration lors de la réduction de l'ion ferrique (Fe^{3+}) à l'ion ferreux (Fe^{2+}) par transfert d'électrons. Cette réduction se fait en présence d'un antioxydant (Pellegrini *et al.*, 2003). De par la nature de la réaction de réduction, l'antioxydant doit présenter une capacité de donneur d'électron. Le transfert d'atome d'hydrogène ne sera pas le mécanisme privilégié. Ce test est peu coûteux, simple, reproductible et rapide. Par contre, le DPPH est un radical stable à température ambiante et de couleur bleue caractéristique. Sa stabilité provient de la haute délocalisation des électrons le long de la molécule. Il est un des premiers radicaux à avoir été utilisé pour étudier la relation structure/activité antioxydante des composés phénoliques. (Brand-Williams *et al.*, 1995). Il possède dans sa structure un électron non apparié sur un atome du pont azote-azote. Sa particularité provient de la modification de ses propriétés d'absorption UV/Visible selon son état : la forme réduite (après ajout d'électron) absorbe à 515-518nm alors que sa forme oxydée ne présente pas de pic d'absorption.

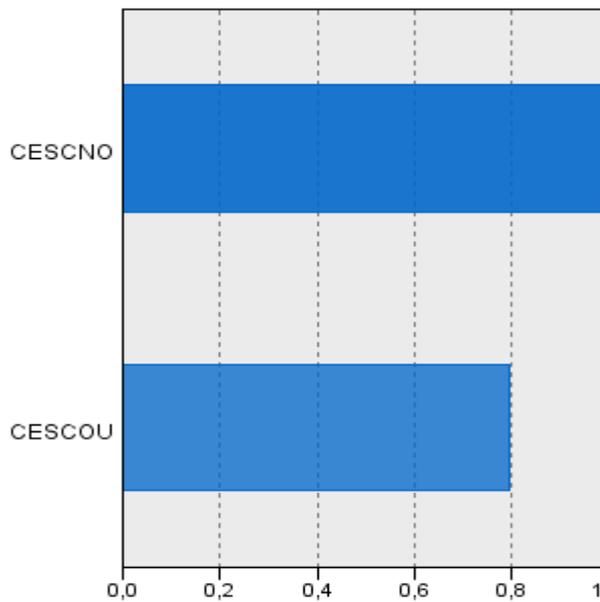
Par rapport à l'activité réductrice du fer ferrique en fer ferreux avec les extraits des tubercules crus et précuits, le tableau 17 montre que *D. burkilliana* de l'Ouest a eu la plus faible activité réductrice du fer ferrique tandis que *D. schimperiana* rouge de l'Ouest a présenté la plus grande activité avec respectivement 138 et 14880 mg $\text{FeSO}_4/100\text{g MS}$. Certaines valeurs sont similaires à celles rapportées par Siddhuraju *et al.* (2017) qui ont travaillé sur trois différentes espèces de *Dioscorea* sous utilisées et ont obtenu des valeurs de 2870, 3348 et 2110 mg $\text{FeSO}_4/100\text{g MS}$ respectivement avec *D. alata*, *D. pentaphylla* et *D. oppositifolia*. Après précuisson, il a été observé respectivement une augmentation significative de la capacité réductrice du fer ferrique en fer ferreux de 656,44 ; 97,71 ; 63,21 et 17,29 % avec *D. schimperiana* jaune de l'Ouest, *C. esculentus* de l'Ouest, *C. esculentus* du Nord-Ouest et *D. schimperiana* rouge de l'Ouest respectivement.

L'augmentation du pouvoir réducteur des extraits dû à la précuisson pourrait être attribuée aux composés phytochimiques présents dans ces tubercules (Obboh et Shodehinde, 2009).

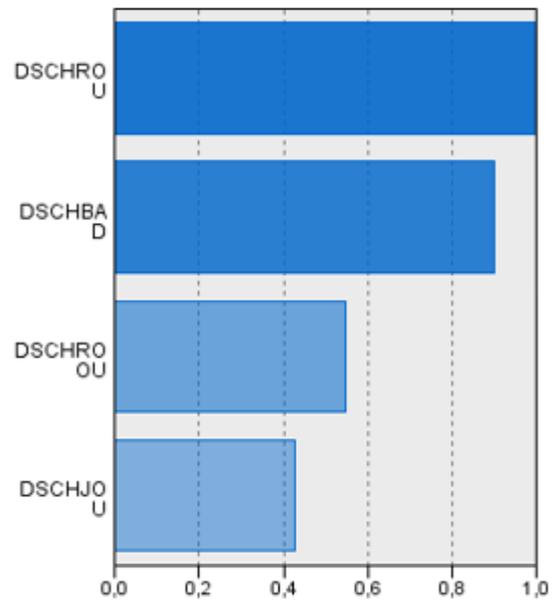
Les résultats du tableau 17 montrent que tous les extraits piègent le radical DPPH. Rappelons que plus la CI_{50} est petite, plus l'activité anti-radicalaire est importante. La CI_{50} étant la plus petite concentration permettant d'inhiber 50 % de radicaux libres. La CI_{50} de l'acide gallique (témoin positif) était de 0,04 mg/mL. Les extraits crus de *D. schimperiana* rouge de l'Ouest a montré la plus petite CI_{50} , soit 0,85 mg EAG/mL et *D. burkilliana* de l'Adamaoua a eu la plus grande CI_{50} soit 40,65 mg EAG/mL. La valeur 0,85 mg EAG/mL obtenue avec *D. schimperiana* rouge de l'Ouest est similaire aux valeurs rapportées par Bukatuka *et al.* (2016), qui ont obtenu 1,1 ; 0,9 et 0,5 mg EVitC/mL avec les extraits de *D. alata*, *D. dumetorum* et *D. burkilliana* respectivement. Après précuisson, il a été observé respectivement une augmentation significative de la CI_{50} d'environ 23 à 29 fois avec *C. esculentus* du Nord-Ouest et *C. esculentus* de l'Ouest respectivement. Ce qui traduit une baisse de leur activité antiradicalaire de ces variétés. Avec *D. schimperiana* jaune de l'Ouest nous avons noté une baisse significative de la CI_{50} d'environ 9 fois comparé à son homologue précuit. Ce qui suggère une augmentation de l'activité antiradicalaire des extraits de ce tubercule. Cependant, avec *D. schimperiana* rouge et rouge-orangé de l'Ouest, aucune différence significative n'a été observée entre les extraits crus et précuits. Les résultats obtenus avec ces tubercules en particulier *D. schimperiana* rouge et rouge-orangé de l'Ouest permettent de comprendre pourquoi certains diabétiques s'intéressent à la consommation de ces tubercules.

La figure 35 montre les résultats de la classification TwoStep avec pour critères de classification les propriétés nutritionnelles, anti-nutritionnelles et antioxydantes. L'objectif de cette analyse était de classer les échantillons de la même espèce du moins important au plus important afin de choisir les quatre meilleurs tubercules par espèce à utiliser pour la

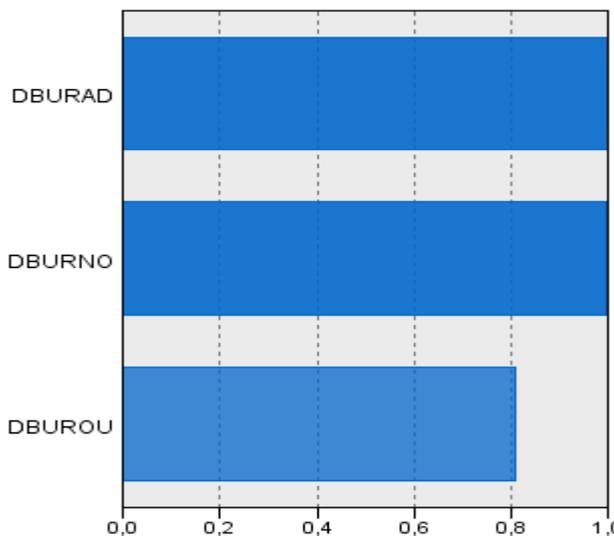
détermination de l'index glycémique. Pour chaque espèce, les diagrammes (A, B, C et D) en bande de la figure 35 correspondent respectivement aux espèces *C. esculentus*, *D. schimperiana*, *D. bulbifera* et *D. burkilliana*. Pour chaque diagramme, la bande la plus longue correspond au meilleur tubercule par espèce. La figure 35A montre que *C. esculentus* du Nord-Ouest était meilleur que celui de l'Ouest. La figure 35B montre que *D. schimperiana* rouge de l'Ouest était meilleur que ses homologues blanc, jaune et rouge-orangé. Pour ce qui est de la figure 35C, *D. burkilliana* de l'Adamaoua était meilleur que ses homologues de l'Ouest et du Nord-Ouest. Dans la figure 35D, *D. bulbifera* de l'Adamaoua s'est également montré comme étant le meilleur tubercule pour cette espèce. Ces résultats ont permis de choisir *C. esculentus* du Nord-Ouest, *D. schimperiana* rouge de l'Ouest, *D. burkilliana* et *D. bulbifera* de l'Adamaoua. Soit un total de quatre échantillons pour la suite du travail portant sur la détermination de leur index glycémique.



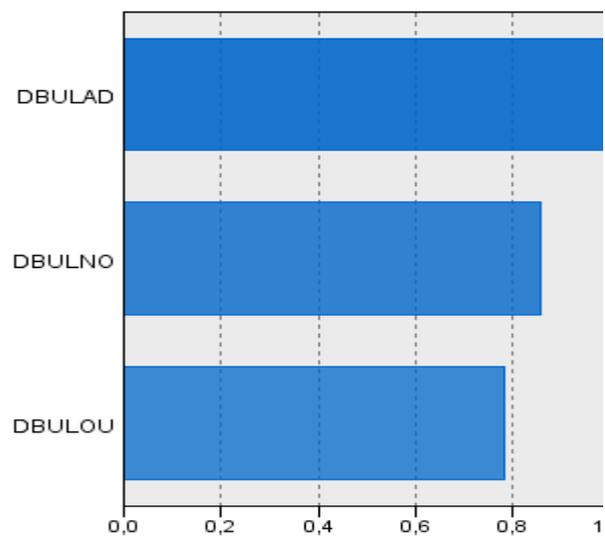
A : *C. esculentus*



B : *D. schimperiana*



C : *D. burkilliana*



D : *D. bulbifera*

Figure 35: Classement des échantillons de la même espèce du moins important au plus important

Légende : CESCNO : *Coleus esculentus* Nord-Ouest ; CESCOU : *Coleus esculentus* Ouest ; DSCHBAD: *Dioscorea schimperiana* Blanc Adamaoua; DSCHROU : *Dioscorea schimperiana* Rouge Ouest ; DSCHROOU : *Dioscorea schimperiana* Rouge-Orangé Ouest ; DSCHRJOU : *Dioscorea schimperiana* Jaune Ouest ; DBURNO : *Dioscorea burkilliana* Nord-Ouest; DBUROU : *Dioscorea burkilliana* Ouest ; DBURAD : *Dioscorea burkilliana* Adamaoua ; DBULNO : *Dioscorea bulbifera* Nord-Ouest ; DBULOU : *Dioscorea bulbifera* Ouest ; DBULAD : *Dioscorea bulbifera* Adamaoua.

III.4.3. Analyse en composante principale (ACP) entre les paramètres étudiés et les échantillons

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée pour identifier les similitudes entre les différents tubercules en rapport avec leurs propriétés nutritionnelles, antioxydantes et facteurs antinutritionnels.

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales présentés dans la figure 36 montrent que du point de vue nutritionnel et antioxydant, *D. schimperiana* rouge et rouge-orangé (cru et précuit) de l'Ouest présentent des profils similaires (Groupe 1). Les autres échantillons sont également similaires et constituent le groupe 2. Ces deux variétés de tubercules se démarquent des autres et présentent les meilleurs profils nutritionnels et antioxydants. L'ACP a permis d'expliquer 94,39% de la variance totale. La CP1 explique 70,92% de la variance totale suivant l'axe des ordonnées (Groupe 1), et la CP2 explique 23,47% suivant l'axe des abscisses (Groupe 2).

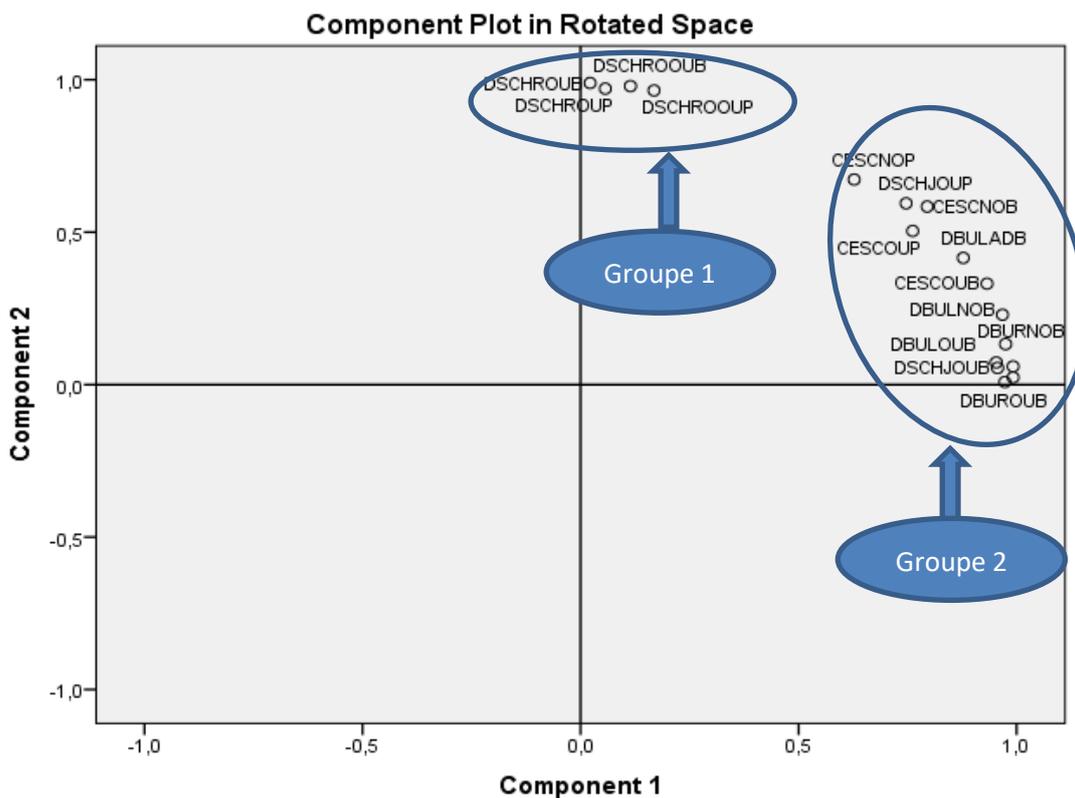


Figure 36: Analyse en Composantes Principales des nutriments, des composés phytochimiques et l'activité antioxydante

Légende : CESCNOB : *Coleus esculentus* Nord-Ouest Cru ; CESCNOB : *Coleus esculentus* Nord-Ouest Précuit ; DBURNOB : *Dioscorea burkilliana* Nord-Ouest Cru ; DBULNOB : *Dioscorea bulbifera* Nord-Ouest Cru ; CESCOUB : *Coleus esculentus* Ouest Cru ; CESCOUP : *Coleus esculentus* Ouest Précuit ; DSCHJOUN : *Dioscorea schimperiana* Jaune Ouest Cru ; DSCHJOUN : *Dioscorea schimperiana* Jaune Ouest Précuit ; DBUROUB : *Dioscorea burkilliana* Ouest Cru ; DBULOUB : *Dioscorea bulbifera* Ouest Cru ; DSCHBADB : *Dioscorea schimperiana* Blanc Adamaoua Cru ; DSCHROUB : *Dioscorea schimperiana* Rouge Ouest Cru ; DSCHROUP : *Dioscorea schimperiana* Rouge Ouest Précuit ; DSCHROOUB : *Dioscorea schimperiana* Rouge-Orangé Ouest Cru ; DSCHROOUP : *Dioscorea schimperiana* Rouge-Orangé Ouest Précuit.

III.4.4. Index glycémique

L'index glycémique (IG) est un moyen de classement des aliments d'après leur réponse glycémique post-prandiale en comparaison à un aliment de référence. Etant donné qu'un aliment est rarement consommé seul, il a été admis que l'index glycémique d'un repas est la somme des IGs des aliments qui le composent (Kronfeld *et al.*, 2004). La consommation des aliments à faible IG est un avantage sur le plan santé, car ces aliments réduisent le taux de

glucose sanguin post-prandial et ces connaissances peuvent être utilisées pour recommander et planifier des repas pour les patients diabétiques (Hermansen *et al.*, 2006). Hermansen *et al.* (2006) ont également montré dans leurs travaux portant sur la possibilité d'utiliser l'IG comme outil de prévention et de prise en charge du diabète de type 2, et qu'il y avait une relation entre IG élevé et risque de développer un diabète.

L'objectif de cette analyse était d'évaluer l'index glycémique de tubercules sur les rats afin de mieux orienter leur utilisation pour la gestion des maladies chroniques.

La figure 37 montre les courbes de réponse glycémique post-prandiale des rats. Les courbes obtenues ont permis de calculer l'IG de chaque tubercule. Toutes les courbes donnent l'allure d'un triangle. La réponse glycémique avec le glucose a donné la plus grande surface sous la courbe (Surface = 10500 cm²), suivi de celle avec *D. bulbifera* (Surface = 8085 cm²); tandis celle avec *C. esculentus* (Surface = 4515 cm²) a donné la plus petite surface sous la courbe. L'IG de chaque tubercule a été calculé et les résultats sont consignés dans le tableau 18.

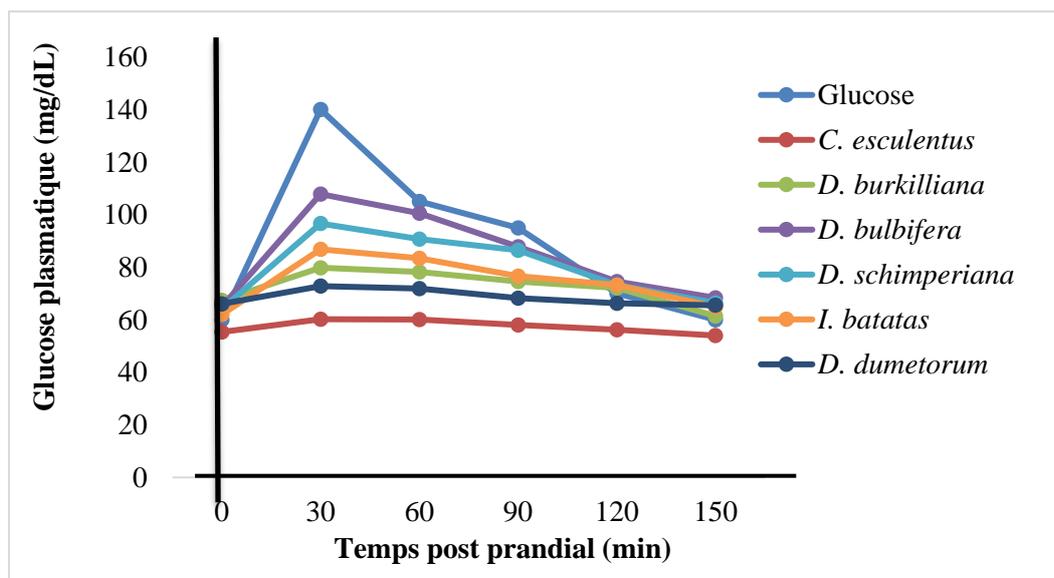


Figure 37: Courbes de glycémie obtenues après l'ingestion de glucose et les aliments à tester

Concernant l'IG des tubercules sous-valorisés étudiés, le tableau 18 montre que *C. esculentus* du Nord-Ouest a eu la plus petite valeur (43) alors que *D. bulbifera* de l'Adamaoua a présenté la valeur la plus élevée (77). *C. esculentus* du Nord-Ouest est classé comme aliment à faible index glycémique ($IG \leq 55$) tandis que *D. burkilliana* de l'Adamaoua, *D. schimperiana* rouge, *D. dumetorum* et *I. batatas* de l'Ouest sont classés comme aliments à index glycémique moyen ($55 \leq IG \leq 69$) (Allen *et al.*, 2012). La valeur de 52 obtenue avec *D. dumetorum* de l'Ouest est très inférieure à celle obtenus (73) par Adedayo *et al.* (2018) avec *D. dumetorum* du Nigéria. Mais cette valeur est similaire aux résultats rapportés par Nestor *et al.* (2009) qui ont obtenu un IG de 53 et 51 respectivement avec la variété d'igname jaune « *kponan* » cuit à la vapeur et à l'eau du complexe *D. cayenensis-rotundata*. Du point de vue statistique, il n'existe aucune différence significative entre *C. esculentus* du Nord-Ouest, *D. burkilliana* de l'Adamaoua et *D. schimperiana* rouge de l'Ouest. Ces résultats permettent de confirmer scientifiquement les attributs socio-anthropologiques de ces tubercules sous-valorisés comme aliments indiqués pour la gestion et la prévention des maladies chroniques. Cependant, la consommation de tous ces tubercules par les diabétiques devrait être encouragée, en particulier *C. esculentus*. Il serait donc bénéfique de promouvoir la culture de ces tubercules afin de satisfaire la demande qui certainement sera de plus en plus grande non seulement pour les diabétiques mais aussi pour nourrir la population qui ne cesse de croître.

Tableau 18: Index glycémique des tubercules de *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. burkilliana*, *D. dumetorum*, *I. batatas* et *C. esculentus*

Tubercules	Index glycémique
<i>C. esculentus</i> Nord-Ouest	43 ± 8 ^a
<i>D. burkilliana</i> Adamaoua	57 ± 6 ^{ab}
<i>D. bulbifera</i> Adamaoua	77 ± 7 ^b
<i>D. schimperiana</i> rouge Ouest	69 ± 9 ^{ab}
<i>D. dumetorum</i> Ouest (référence 1)	52 ± 2 ^{ab}
<i>I. batatas</i> Ouest (référence 2)	62 ± 3 ^{ab}

Les valeurs portant la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

(n= 4) ; n = nombre de répétitions

**CONCLUSION ET
PERSPECTIVES**

CONCLUSION

Parvenu au terme du travail dont l'objectif général était de contribuer à la valorisation nutritionnelle des tubercules sous-valorisés du Cameroun en vue d'une meilleure compréhension de leurs apports dans la lutte contre les maladies chroniques, il ressort les conclusions suivantes :

- ✚ *D. bulbifera* se trouve dans toutes les régions du Cameroun excepté l'Extrême-Nord alors que *C. esculentus* se trouve principalement dans les Régions de l'Ouest et du Nord-Ouest. *D. bulbifera* est le tubercule rare le plus connu. C'est également le tubercule le plus consommé par les populations enquêtées. Les raisons de leur consommation sont majoritairement dirigées vers la gestion et la prévention du diabète. De manière générale, les tubercules ne sont presque pas transformés, même si on peut noter que certaines personnes enquêtées de la Région de l'Ouest transforment *D. schimperiana* en cossettes. Les cultivateurs ne s'intéressent pas à ces tubercules principalement à cause de leur faible productivité et le manque de semences.
- ✚ La composition nutritionnelle des tubercules varie de manière significative d'une espèce à l'autre et au sein d'une même espèce, d'une variété à l'autre. La matière sèche contient principalement l'amidon, les protéines, les fibres brutes et les minéraux tels que le phosphore, le potassium et le magnésium. *D. schimperiana* rouge et rouge-orange de l'Ouest présentent le meilleur profil nutritionnel. Ces tubercules contiennent également des tannins, des phytates, des oxalates et des saponines, mais leurs teneurs sont inférieures à la limite de consommation journalière, donc sans danger pour la consommation humaine. La précuisson entraîne de manière générale une baisse significative des teneurs en amidon dans tous les échantillons précuits. Elle entraîne également une baisse significative des teneurs en minéraux des tubercules précuits.

- ✚ Elle n'apparaît donc pas comme un traitement permettant de préserver l'amidon et les minéraux.
- ✚ *D. schimperiana* rouge de l'Ouest contient la concentration la plus importante en composés phytochimiques bioactifs analysés (composés phénoliques totaux et flavonoïdes). L'extrait de *D. schimperiana* rouge de l'Ouest présente la plus grande activité antioxydante. Alors que *C. esculentus* du Nord-Ouest présente la plus petite valeur d'index glycémique (43).

PERSPECTIVES

- ❑ Etudier les propriétés technologiques (capacité de rétention d'eau, capacité d'absorption d'eau et d'huile) des farines de ces tubercules en vue de leur utilisation dans des formulations alimentaires;
- ❑ Déterminer les teneurs en fibres solubles, insolubles et vitamines de ces tubercules, en particulier ceux à chair jaune, rouge et rouge-orangé avec un accent particulier sur les caroténoïdes comme source de vitamine A;
- ❑ Evaluer l'influence des procédés technologiques (séchage, précuisson et cuisson) sur la structure de l'amidon des tubercules sous-valorisés en vue d'une meilleure exploitation de leurs propriétés dans la gestion des maladies chroniques.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Absar N., Zaidul I., Takigawa S., Hashimoto N., Matsuura-Endo C., Yamauchi H. et Noda T. (2009).** Enzymatic hydrolysis of potato starches containing different amounts of phosphorus. *Food Chemistry*, 112 (1):57-62.
2. **Adebayo B. C., Ademiluyi A.O., Oboh G. et Akindahunsi A. A. (2012).** Interaction of aqueous extracts of two varieties of yam tubers (*Dioscorea spp.*) on some key enzymes linked to type 2 Diabetes *in vitro*. *International Journal Food Science and Technology*, 49: 703 - 709.
3. **Adedayo C. Bukola, Bathlomew M. Okeke, Sunday I. Oyeleye, Mayowa B. Adetola et Ganiyu Oboh. (2018).** Effects of boiling on the estimated glycemic index (eGI) and α -amylase/ α -glucosidase inhibitory properties of two bitter yam (*Dioscorea dumetorum*) spp. *Biokemistri. Nigerian Society for Experimental Biology*, 30 (1): 21 – 31.
4. **Afiukwa, C. A., Ogah, O., Ugwu, O.P.C., Oguguo, J.O., Ali, F.U. et Ossai, E.C. (2013).** Nutritional and antinutritional characterization of two wild yam species from Abakaliki, Southeast Nigeria. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4 (2): 840-848.
5. **AFNOR. (1984).** Recueil de normes françaises. Produits agricoles alimentaires : Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. AFNOR. Paris.
6. **Agbor, E.T. et Trèche, S. (1984).** Variability in the chemical composition of yams grown in Cameroon in tropical root crops: production and uses in Africa. In: Terry ER, Doku EV, Arene OB, Mahungu NM, eds. Ottawa: *International Development Research Centre*, IDRC-221e: 153-6.
7. **Agilent Technologies (1989, 1991, 1994, 1999, 2000, 2004, 2007, 2010-2013, 2015, 2017).** Flame Atomic Absorption Spectrometry Analytical Methods. Manual Part Number: 8510000900. Fourteenth edition, May 2017 ©Agilent Technologies Australia

- (M) Pty, Ltd. 679 Springvale Road Mulgrave, Victoria, Australia 3199 www.agilent.com, Issue 14.
8. **Agranoff B. (2009)**. Turtles all the way: Reflections on *myo*-inositol. *Journal of Biological Chemistry*, 284: 21121-21126.
 9. **Ahmed M.A.A., Massaad S.O., Abdalla K.O., Omar S.M. et Adam G.K. (2019)**. Protein Energy Malnutrition in Children at Gadarif Eastern Sudan. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 9:758.
 10. **Aina, V.O., Sambo, B., Zakari, A., Haruna, H. M. S., Umar, K., Akinboboye, R. et Mohammed, A. (2012)**. Determination of nutritional and antinutritional content of *Vitis vinifera* (Grapes) grown in Bomo (Area C) Zaira. *Nigeria Advance Journal of Food Technology*, 4 (6): 225-228.
 11. **Aletor, V.A. et Omodara, O.A. (1994)**. Studies of some leguminous brow plants with particular reference to their proximate, mineral and some endogenous anti-nutritional constituents. *Animal Feed Science and Technology*, 46 :343-348.
 12. **Allemann J., Robbertse P. J. et Hammes P. S. (2003)**. Organographic and anatomical evidence that the edible storage organs of *Plectranthus esculentus* N.E.Br. (*Lamiaceae*) are stem tubers. *Field Crops Research*. 83 : 35-39.
 13. **Allen J.C., Corbitt A.D., Maloney K.P., Butt M.S. et Truong V.D. (2012)**. Glycemic index of sweet potato as affected by cooking methods. *Open Nutrition Journal*, 6:1-11.
 14. **Amaka O., Jamshid R., Michael N., Somaia A. et Arif M. (2012)**. Starch digestibility and predicted glycemic index of fried sweet potato cultivars. *Functional Foods in Health and Disease*, 2 (7):280-289.
 15. **Amic D., Davidovic A. D., Beslo D. et Trinajstic, N. (2003)**. Structure-radical scavenging activity relationship of flavonoids. *Croatia Chemica Acta*, 76 : 55-61.

16. **Anses. (2016).** Contribution des macronutriments à l'apport énergétique. *Rapport d'expertise collective, saisine n°2012-SA-0186.* 84p.
17. **AOAC. (1980).** *Official Methods of Analysis. 13th edition, William Horwitz: Washington, D.C. Association of Official Analytical Chemists.*
18. **AOAC. (1990).** *Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis chemists, 15th edition (AOAC Arlington) Virginia, USA.*
19. **AOAC. (1990).** *Official Methods of Analysis. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D.C.*
20. **Arbeit M.L., Nicklas T.A. et Berenson G.S. (1992).** Considerations of dietary sodium/potassium/energy ratios of selected foods. *Journal of the American College of Nutrition*, 11: 210–222.
21. **Arredondo M. et Nùnez M. T. (2005).** Iron and copper metabolism. *Molecular Aspects of Medicine*, 26: 313-327.
22. **Aschner J.L. et Aschner M. (2005).** Nutritional aspects of manganese homeostasis. *Molecular Aspects of Medicine*, 26: 353-362.
23. **Attaie H., Zakhia N. et Bricas N. (1998).** Etat des connaissances et de la recherche sur la transformation et les utilisations alimentaires de l'igname. *L'igname, plante séculaire et culture d'avenir : actes, du séminaire international, Cirad, Inra, Orstom, Coraf, Cirad, Inra, Orstom, Coraf, Coll Colloques*, 275-284.
24. **Ayina Onana J. (1988).** Le foutou d'igname. Essai de conception d'un pilon mécanique de laboratoire. *Cirad. Montpellier. France.* 93 p.
25. **Bahado-Singh P. S., Whesttey M. H., Ahmad E. Y., Morrison A. et Asemota H. N. (2006).** Food processing methods influence the glycemic indices of some commonly eaten West Indian carbohydrate - rich Foods. *British Journal of Nutrition*, 96: 476-481.

26. **Bainbridge Z., Tomlins K., Willings K. et Westby A. (1996).** Methods for assessing quality characteristics of non-grain starch staple. Part 4 advanced methods. National resources institute. University of Greenwich, UK ISBN 0 – 85954 – 400 – 1: 43–79.
27. **Baldermann S., Blagojević L., Frede K., Klopsch R., Neugart S., Neumann A., Ngwene B., Norkewit J., Schröter D., Schröter A., Schweigert F. J., Wiesner M. et Schreiner M. (2016).** Are Neglected Plants the Food for the Future? *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35 (2): 106-119.
28. **Bauernfeind J.C., Stewart G.F., Schweigert B.S. et Hawthorn J. (1981).** Carotenoids as colorants and vitamin a precursors: *Technological and Nutritional Applications*. Academic Press, Inc : 47-316.
29. **Bell A. (1981).** Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive des ignames (*Dioscoreaspp.*) du Cameroun. Thèse de Doctorat 3^e cycle en nutrition. Université Pierre et Marie CURIE, Paris 6^e, France. 89 p.
30. **Bell A., Mück O. et Schuler B. (2000).** Les plantes à racines et tubercules en Afrique : une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte. Edition les richesses du sol. ZEL. Allemagne. 330 p.
31. **Benzie I. E. F. et Strain J. J. (1996).** The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70-76.
32. **Bieng F. (2005).** Contribution à l'étude phytochimique des pulpes de *Dioscorea Schimperiana*. Mémoire de Maîtrise. Université de Douala Cameroun, 8 : 11.
33. **Bikila A. M., Tola Y., Esho T. B. et Forsido S. F. (2020).** Effect of predrying treatment and drying temperature on proximate composition, mineral contents, and thermophysical properties of anchote (*Coccinia abyssinica* (Lam.) Cogn.) flour. *Food Science and Nutrition*, 8:5532–5544.

34. **Blein R., Goura S.B., Faivre D.B. et Yérïma B. (2008).** Les potentialités agricoles de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). Iram. 16 p.
35. **Brand Miller J. (1997).** L'index glycémique des aliments. *Cahiers de Nutrition et Diététique*, , 32 (1): 42-47.
36. **Brand-Miller J., Hayne S., Petocz P. et Colagiuri S. (2003).** Low glyceemic index diets in the management of diabetes. *Diabetes care*, 26(8):2261-7.
37. **Brand-Miller J., Nantel G., Slama G. et Lang V. (2001).** Glycaemic index and health: the quality of the evidence. *Nutrition and health collection*, 1-48.
38. **Brand-Williams W., Cuvelier M.E. et Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28 (1):25-30.
39. **Bravo L. (1998).** "Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance." *Nutrition Reviews*, 56 (11): 317-333.
40. **Britton G. et Khachik F. (2009).** Carotenoids in Food. *In: Britton G. et Liaaen-Jensen S. Carotenoids Volume 5: Nutrition and Health. Birkhäuser Verlag* : 45-65.
41. **Brouns F., Bjorck I., Frayn K. N., Gibbs A. L., Lang V., Slama G. et Wolever T. M. S. (2005).** Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*, 18: 145-171.
42. **Brown J., Khodr H., Hider R. et Rice-Evans C. (1998).** Structural dependence of flavonoid interactions with Cu²⁺ ions: implications for their antioxidant properties. *Biochemical Journal*, 330: 1173-1178.
43. **Bukatuka F. C., Ngombe K. N., Mutwale K. P., Moni1B. M., Makengo1K. G., Pambu L. A., Bongo N. G., Mbombo M. P., Musuyu M. D., Maloueki U., Koto-Te-Nyiwa Ngbolua et Mbemba F. T. (2016).** Bioactivity and nutritional values of some *Dioscorea* species traditionally used as medicinal foods in Bandundu, DR Congo. *European Journal of Medicinal Plants*, 14 (1): 1-11.

44. **Calabrese V., Butterfield D.A. et Stella A.M. (2003).** Nutritional antioxidants and the heme oxygenase pathway of stress tolerance: novel targets for neuroprotection in Alzheimer's disease. *Italian Journal of Biochemistry*, 52(4): 177–81.
45. **Carnovale, E., Lugaro, E. et Marconi, E. (1991).** Protein quality and antinutritional factors in wild & cultivated species of vigna spp. *Plant Foods for Human Nutrition*, 41: 11-20.
46. **Cerning J. et Guilbot A. (1973).** Changes in the carbohydrate composition during development and maturation of the wheat and barley kernel. Copyright 1973 by the *American Association of Cereal Chemists*, 50:220 – 232.
47. **Champagne A. (2010).** Diversité chimique et biofortification des plantes à racines et tubercules tropicales cultivées : caractérisation des parents et élaboration de protocoles permettant l'optimisation de la selection. Thèse. Université Jean Monnet -Saint Etienne. 217p.
48. **Chance B., Sies H. et Boveris A. (1979).** Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiological review*. 59 : 527 -589.
49. **Chandrasekara A. et Kumar T.J. (2016).** Roots and tuber Crops as functional foods: A review on phytochemical constituents and their potential health benefits. Hindawi Publishing Corporation. *International Journal of Food Science*, Volume 2016, Article ID 3631647. 15 p.
50. **Cheeke P. R. et Shull L. R. (1985).** Natural toxicants in feeds and livestock. AVI Publishing Inc., West Port, Connecticut.
51. **Cheyrier V. (2005).** Polyphenols in foods are more complex than often thought. *American journal of Clinical Nutrition*, 81:223–229.
52. **Chira K., Suh J. H., Saucier C et Teissédre P. L. (2008).** Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6 : 75-82.

53. **Colagiuri S., Miller J.B., Biesalski H.K., Truswell S. et Hill M. (2002).** The 'carnivore connection' evolutionary aspects of insulin resistance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56 (1): S30-S35.
54. **Czarapata E. J. (2005).** Invasive plants of the upper Midwest: An illustrated guide to their identification and control Madison. WI: The University of Wisconsin Press, 215 p.
55. **Dadié A., Aboua F. et Coulibaly S. (1998).** Caractérisation physico-chimique de la farine et de l'amidon de la patate douce (*Ipomea batatas*). IAA.36 : 32-36.
56. **Dalziel J. M. (1937).** The useful plants of West Tropical Africa. Crown Agents, London. 612p.
57. **Das T. K., Banerjee D., Chakraborty D., Pakhira M. C., Shrivastava B. et Kuhad C. R. (2012).** Saponin: role in animal system. *Veterinary World*, 5 (4):248 – 254.
58. **Dauenpen M., John B., Darwin W. et Patreck S. (2007).** Saponin Biosynthesis in *Saponaria vaccaria*. CDNAs Encoding Beta-Amyrin Synthase and a Triterpene Carboxylic Acid Glucosyltransferase. *Plant Physiology*, 143: 959-969.
59. **Devani M. B., Shishoo J. C., Shal S. A. et Suhagia B. N. (1989).** Spectrophotometrical method for micro determination of nitrogen in kjeldahl digest. *Journal of Association Official Analytical Chemists*, 72 (6): 953-956.
60. **Djibrine I. S. (2011).** Pratiques traditionnelles, valeur alimentaire et toxicité du taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) produit au Tchad. Sciences agricoles. Université Blaise Pascal – Clermont Ferrand II. Français. <NNT : 2011CLF22153>. <tel-00719605>
61. **Dris R. et Jain S M. (2004).** Production Practices and Quality Assessment of Food Crops: Volume 3; Quality Handling and Evaluation. *Kluwer Academic Publishers*. Dordrecht, 315p.
62. **Dumont R. (1995).** La production et l'utilisation de cossettes d'igname au Bénin. Situation actuelle et perspectives. *In* I Ve Séminaire triennal de la société internationale

- pour les plantes et tubercules tropicales, branche Afrique, 22-28 octobre 1995, Montpellier, Cirad/IITA.
63. **Dumont R., Hamon P. et Seignobos C. (1994).** Les ignames au Cameroun. CIRAD-Département des cultures annuelles. Montpellier, France, 80 p.
 64. **Dumont R., Zoundjhekpon J. et Vernier P. (2010).** Origine et diversité des ignames *Dioscorea rotundata* Poir. Comment le savoir-faire des paysans africains leur permet d'utiliser la biodiversité sauvage dans l'agriculture. Cahiers agricultures. 19 : 255-261.
 65. **ECHO. (2014).** Introduction aux racines comestibles des tropiques. Note technique #81. 111p.
 66. **EDSC-MICS. (2011).** (Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples). Rapport préliminaire. Institut national de la statistique. EDSC-MICS 2011. 159-162.
 67. **EFSA (European Food Safety Authority). (2009).** Les saponines de *Madhuca longifolia* en tant que substances indésirables dans l'alimentation animale : Avis du groupe scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire. *EFSA journal*, 979: 2-3.
 68. **Ekweagwu E., Agwu A.E. et Madukwe E. (2008).** The role of micronutrients in child health: A review of the literature. *African Journal of Biotechnology*, 7: 3804-3810.
 69. **Eneche E. H. (1999).** Biscuit-making potential of millet/pigeon pea flour blends. *Plant Foods for Human Nutrition*, 54: 21-27.
 70. **Englyst H. N. et Hudson G. J. (1996).** The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food chemistry*, 57(1):15-21.
 71. **Ezeocha V.C. et Ojmelukwe P.C. (2012).** The impact of cooking on the proximate composition and anti-nutritional factors of water yam (*Dioscorea alata*). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 3(13): 172 – 176
 72. **FAO. (1994).** Statistiques sur la production mondiale des racines et tubercules. FAO, Rome, Italie.

73. **FAO. (2010).** Production végétale et protection des plantes. Matériel de plantation de qualité déclarée. Protocole et norme pour les cultures à multiplication végétative, 195 : 157 p.
74. **FAO. (2015).** La nutrition dans les pays en développement : les minéraux. Disponible sur : <<http://www.fao.org/docrep/004/w0073f/w0073f11.htm>>. Légumineuses, noix et graines oléagineuses. <<http://www.fao.org/docrep/004/w0073f/w0073f28.htm> >. Consulté en mars 2020.
75. **FAO. (2015).** Projet de renforcement des relations commerciales entre les petits producteurs et les acheteurs dans la filière des Racines et Tubercules en Afrique : GCP/RAF/448/EC
76. **FAO. (2015).** Vue d'ensemble régional de l'insécurité alimentaire en Afrique. Des perspectives plus favorables que jamais. Accra, FAO. 39p.
77. **FAO/WHO. (1985).** Energy and proteins requirements. Report of a joint FAO/WHO meeting series n° 724.
78. **FAO/WHO. (1991).** Protein quality evaluation. Rome, Italy, Food and Agricultural organization of the United Nations, 1– 66.
79. **FAO/WHO. (2001).** Human vitamin and mineral requirements. Report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand, 281 p.
80. **FAO/WHO. (2002).** Human vitamin and mineral requirements. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bangkok, Thailand. Rome: World Health Organization and Food and Nutrition Organization of the United Nations.
81. **FAOSTAT. (2019).** Disponible sur <http://www.fao.org/faostat/fr/#> Consulté le 20 Avril 2021.

82. **Fashina A.B., Adejori E.A. et Akande F.B. (2017).** Effects of slice thickness and blanching time on the proximate properties of dried ground yam. *International Food Research Journal*, 24(3): 1349-1352.
83. **Ferrali M., Signorini C., Caciotti B., Sugherini L., Ciccoli L., Giachetti D. et Comporti M. (1997).** Protection against oxidative damage of erythrocyte membrane by the flavonoid quercetin and its relation to iron chelating activity. *FEBS letters*. 416 (2) :123-129.
84. **Ferry M., Alix E., Borcker P., Constans T., Lesourd B., Pfitzenmeyer P., Vellas B. (2002).** Nutrition de la personne âgée. 2^e édition - Paris : Masson, 327p.
85. **Fiagan S. Y. (2007).** Première rencontre des projets de développement des plantes racines et tubercules du FIDA en Afrique de l'Ouest et du Centre. *Les utilisations du monde*. Yaoundé, Novembre 2007.
86. **Francis G., Makker H. P. S. et Becker K. (2001).** Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199 : 197-227.
87. **Gao Y., Shang, C., Saghai-Marroof M., Biyashev R., Grabau E., Kwanyuen P., Burton J. et Buss G. (2007).** A modified colorimetric method for phytic acid analysis in soybean. *Crop Science*, 47(5): 1797-1803.
88. **Garcia-Chuit C.F. et Boella C. (1993).** Minerals why. how... how many... Editions Nestec S. A. 5-18.
89. **Gatlin III D. M., Barrows R. T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E, Hu G., Krogdahl A., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R., Wurtele E. (2007).** Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds – a review. *Aquaculture Research*, 38:551-79.

90. **George F., Kerem Z., Makkar H. P. S. et Klaus B. (2002).** The biological action of saponins in animal systems: *a review*; *British Journal of Nutrition*, 88 (6): 587– 605.
91. **Ghedira K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. 4: 62-69.
92. **Gouado I., Fotso M. et Djampou E.J. (2003).** Potentiel nutritionnel de deux tubercules (*Coleus rotundifolius* et *Solenostemon sp.*) consommés au Cameroun. Food-based approaches for a healthy nutrition. Ouagadougou. 23-28.
93. **Grases F.J.G., March R.M., Prieto B.M., Simonet A., Costa-Bauza A., García-Raja A, Conte A. (1999).** Urinary phytate in calcium oxalate stone formers and healthy people dietary effects on phytate excretion. *Scandinavian Journal of Urology and Nephrology*, 34: 162-164.
94. **Hallgas B., Patonay T., Kiss-Szikszai A., Dobos Z., Hollosy F., Eros D., Orfi L., Kéri G. et Idei M. (2004).** "Comparison of measured and calculated lipophilicity of substituted aurones and related compounds." *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 801 (2): 229-235.
95. **Hamon P., Dumont R., Zoundjehkpon J., Tio-Toure B., et Hamon S. (1995).** Wild yams in West Africa: morphological characteristics. Paris: Orstom E'ditions.
96. **Haralampu S. (2000).** Resistant starch--a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate polymers*, 41(3):285-92.
97. **Haslam E. (1989).** Plant polyphenols. Vegetable tannins revisited. Department of chemistry, University of Sheffield. England. 223p.
98. **Hassan, A.S. et Umar, K.J. (2004).** Antinutritive factor in African locust beans (*Parkia biglobosa*). Proceedings of the 27th International Conference, of the *Chemical Society of Nigeria*. 322 – 326.

99. **Hedge J.E. et Hofreiter B.T. (1962).** Carbohydrate Chemistry, 17 (Eds. Whistler R.L. and Be Miller, J.N.), Academic Press, New York.
100. **Hennebelle T., Sahpaz S. et Bailleul F. (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, (1): 3-6.
101. **Herbert V. (1987).** Recommended dietary intakes (RDI) of iron in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 45:679-86.
102. **Hermansen M. F., Nina M. B. E, Lene S. M., Lotte H. et Kjeld H. (2006).** Can the Glycemic Index (GI) be used as a tool in the prevention and management of type 2 diabetes? *The Review of Diabetic Studies*, 3 (2): 61–71.
103. **Herzog F., Farah Z. et Amado R. (1993).** Nutritive value of four wild leafy vegetables in Côte d'Ivoire. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research*, 63: 234 -238.
104. **Hodge J.E. et Hofreiter B.T. (1962).** Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: Whistler, R.L. and Wolfrom, M.L., Eds., *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Academic Press, New York, 380 – 394.
105. **Hooper B., Spiro A. et Stanner S. (2015).** « 30 g of fibre a day: An achievable recommendation? », *Nutrition Bulletin*, 40, (2): 118–129.
106. **Hostettmann K. et Marston A. (1995).** Saponins. *Cambridge University Press*, Cambridge.
107. **Huang Z.L. et Failla M.L. (2000).** Copper deficiency suppresses effector activities of differentiated U937 cells. *Journal of Nutrition*, 130: 1536–1542.
108. **Igyor M. A., Ikyo S. M. et Gernah D. I. (2004).** The food potential of potato yam (*Dioscorea bulbifera*). *Nigerian Food Journal*, 22: 209-215.
109. **Ikpeme C.E., Eneji C. et Igile G. (2012).** Nutritional and organoleptic properties of wheat (*Triticum aestivum*) and Beniseed (*Sesame indicum*) composite flour baked foods.

110. **Imar Djibrine. (2012).** Pratiques traditionnelles, valeur alimentaire et toxicité du taro (*Colocasia esculenta* L. SCHOTT) produit au Tchad. Sciences agricoles. Université Blaise Pascal - ClermontFerrand II, 2011. Français. <NNT : 2011CLF22153>. <tel-00719605>
111. **IMPHOS. (2002).** Phosphorus, an essential nutrient for human diet. *Phosphate Newsletter*, 16. 20 p.
112. **IOM. (1997).** Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Prepared by the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. National Academy Press, Washington, DC (<http://www.nap.edu/books/0309063507/html>). Consulté en avril 2018.
113. **IOM. (2001).** Dietary Reference Intakes for Vitamin A: Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, Institute of Medicine, DC: The National Academies Press. Consulté en avril 2018.
114. **Itam E. H., Itam A. H., Odey M. O., Ejemot-Nwadiaro R., Asenye M. E. et Ezike N. N. (2012).** Effect of processing method on the glycemic index of some carbohydrate staples (*Manihot esculanta*, *Ipomoea batata* and *Dioscorea rotundata*) in both normal and diabetic subjects. *Annals of Biological Research*, 3 (12): 5507-5510.
115. **Jacques A.Y., Pamphile K.K.B., Gbocho E.S.E., Hubert K.K. et Lucien K.P. (2016).** Assessment of physico-chemical properties and anti-nutritional factors of flour from yam (*Dioscorea bulbifera*) bulbils in southeast côte d'ivoire. *International Journal of Advanced Research*, 4(12): 871-887.
116. **Jacques-Felix H. (1947).** Ignames sauvages et cultivées du Cameroun. *Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Coloniale*, 27 : 113-133.

117. **Jenkins D.J.A. David, D.M., Thomas M. S. Wolever, M. Sc., Rodney H. Taylor M.R. C. P., Helen Barker, B.Sc., S.R.D., Hashmein Fielden S.R.N., Janet M. Baldwin, M.R. C.P., Allen C., Bowling H.C., Newman, B.A., Alexandra L., Jenkins David V. et Goff M.B. (1981).** Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34 (3): 362-366.
118. **Jenkins D.J.A., Kendall C.W.C., Augustin L.S.A., Franceschi S., Hamidi M., Marchie A., Jenkins L.A., Axelsen M. (2002).** Glycemic index: overview of implications in health and disease. *The American journal of clinical nutrition*, 76(1):266S-73S.
119. **Jomova K. et Valko M. (2011).** Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. *Toxicology*, 283(2-3):65-87.
120. **Kaushik S. J. (1990).** Use of alternative protein sources for the intensive rearing of carnivorous fishes. In: Flos R, Tort L, Torres P, eds. *Mediterranean Aquaculture*. Chichester (Angleterre): Ellis Horwood.
121. **Kordas K. et Stoltzfus R.J. (2004).** New evidence of Iron and Zinc interplay at the enterocyte and neural tissues. *Journal of Nutrition*, 134: 1295-1298.
122. **Kozol M. J. (1990).** Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) – *Journal of the Science of Food and Africulture*, 54(2):211-249.
123. **Kraus T., Dahlgren R. et Zasoski R. (2003).** Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems – a review. *Plant and Soil*, 256: 41–66.
124. **Kronfeld D., Rodiek A. et Stull C. (2004).** Glycemic indices, glycemic loads and glycemic dietetics. *Journal of Equine Veterinary Science*, 24 (9): 399 - 404.

125. **Ksouri R., Megdiche W., Debez A., Falleh H., Grignon C. et Abdely C. (2007).** Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritime*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45: 244-249.
126. **Kumar R. et Vaithyanathan S. (1990).** Occurrence nutritional significance and effect animal productivity of tannins in tree leaves, *Animal Feed Science and Technology*, 30: 21-38.
127. **Laliberté J. et Labbé S. (2008).** The molecular bases for copper uptake and distribution: lessons from yeast. *Médecine Sciences*, 24(3):277-283.
128. **Latrille L. (2014).** La nutrition. Accompagnement des personnes en surpoids. Mémoire. Formation de praticien en sante naturelle promotion 2012-2014. 92p.
129. **Laya A., Koubala B. B., Kouninki H. et Nukenine E. N. (2018).** Effect of harvest period on the proximate composition and functional and sensory properties of gari produced from local and improved cassava (*Manihot esculenta*) Varieties. *International Journal of Food Science*. Volume 2018, Article ID 6241035, 15.
130. **Lecasble C. (2012).** Le marc de café comme source atypique de tanins condensés dans le contrôle intégré des nématodes gastrointestinaux chez les petits ruminants du Yucatán Mexique, thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, 102 p.
131. **Leeson S. et Summers J. (2009).** Commercial poultry nutrition. 3^{ème} éd. *Nottingham University Press*.
132. **Leng M. S., Gouado I. et Ndjouenkeu R. (2011).** Blanching and drying behavior of *Dioscorea schimperiana* and impact on cellular exchanges and on calcium, ascorbic acid and β -carotene contents. *In American Journal of food Technology*, 6 (5) :362-373.
133. **Lestienne I. (2004).** Contribution à l'étude de la biodisponibilité du fer et du zinc dans le grain de mil et conditions d'amélioration dans les aliments de complément. Thèse de doctorat. Université montpellier II. 245 p.

134. **Lewu M. N., Adebola P. O. et Afolayan, A. J. (2009).** Comparative assessment of the nutritional value of commercially available cocoyam and potato tubers in South Africa. *Journal of Food Quality*, 33: 461–476.
135. **Liu S., Manson J., Lee I.M., Cole S.R., Hennekens, C.R., Willet W.C. et Buring J.C. (2000).** Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72: 922–928.
136. **Liyana-Pathirana C. M., Shahidi F. et Alasalvar C. (2006).** Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice. *Food Chemistry*, 99 (1):121 – 128.
137. **Lobo V., Patil A., Phatak A. et Chandra N. (2010).** Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4:118-126.
138. **Loreal, O., et Brissot, P. (2002).** L'hepcidine : le Graal du métabolisme du fer ? Heparin: the Grail of iron metabolism. *Gastroentérologie Clinique et Biologique*, 26(8-9) : 805-807.
139. **Magnani R. (2001).** Guide d'échantillonnage. Food and Nutrition Technical Assistance Project Academy for Educational Development 1825 Connecticut Ave. NW, Washington, DC, 20009-5721.
140. **Malaise F. (1997).** Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle. Gembloux : Presses Agronomiques, CTA. 71-84.
141. **Massey L. K. (2007).** Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. *Journal of the American Dietetic Association*, 107:1191–1194.
142. **Mbiantcha M., Kamanyi A., Teponno R. B., Taponjhou A. L., Watcho P., Nguelfack T.B. (2011).** Analgesic and anti-Inflammatory properties of extracts from the bulbils of *Dioscorea bulbifera* L. var *sativa* (*Dioscoreaceae*) in mice and rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 9 p.

143. **Medoua N.G. (2005)**. Potentiels nutritionnel et technologique des tubercules durcis de l'igname *Dioscorea dumetorum* (kunth) pax : Etude du durcissement post-récolte et des conditions de transformation des tubercules durcis en farine. Thèse de Doctorat/PhD. Université de Ngaroundéré. 229 p.
144. **Megh R. B., Takanori K. et Jun K. (2003)**. Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp.) tubers of Nepal. Laboratory of Food Biochemistry, Division of Applied Bioscience, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan. *Food Chemistry*, 82, 619–623.
145. **Meharban S. (2004)**. Role of micronutrients for physical growth and mental development. *Indian Journal of Pediatrics*, 71: 59-62.
146. **Mezzetti A., Pierdomenico S.D., Costantini F., Romano F., De Cesare D., Cuccurullo F., Imbastaro T., Riario-Sforza G., Di Giacomo F., Zuliani G. et Fellin R. (1998)**. Copper/zinc ratio and systemic oxidant load: effect of aging and aging-related degenerative diseases. *Free Radical Biology and Medicine*, 25 (6):676-681.
147. **Middleton J. E., Kandaswami C. et Theoharides T. C. (2000)**. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4) :673-751.
148. **Miège J. (1958)**. Deux ignames nouvelles d'Afrique occidentale à tubercules vivaces. *Bulletin de l'I.F.A.N.*, 20 :39-59.
149. **Miege J. et Moncousin C. (1989)**. Deux espèces à tubercules comestibles menacées de disparition: *Solenostemon rotundifolius* et *Plectranthus esculentus* (Lamiacées). Possibilité de leur conservation par micropropagation, Bulletin de la Société Botanique de France. *Actualités Botaniques*, 136:3-4, 185-193.

150. **MINADER. (2019).** Annuaire Statistique du Cameroun. Recueil des séries d'informations statistiques sur les activités économiques, sociales, politiques et culturelles du pays. Edition 2019. 405p.
151. **Miyajima H. (2003).** Aceruloplasminemia, an iron metabolic disorder. *Neuropathology*, 23: 345–350.
152. **Molyneux P. (2004).** The use of the stable free radical diphenyl picryl hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26 (2): 211-219.
153. **Mourey A. (2004).** Manuel de nutrition pour l'intervention humanitaire. Comité international de la Croix, Rouge Division assistance, Genève, Suisse, 54 – 71.
154. **Murray R. D. H., Jorge Z. D., Khan N. H., Shahjahan M., et Quaisuddin M. (1984).** Diosbulbin d and 8-epidiosbulbin E acetate, norclerodane diterpenoids from *Dioscorea bulbifera* tubers. *Phytochemistry*. 23(3), 623–625.
155. **Nestor Kouakou Kouassi, Georges Gnomblésson Tiahou, Jacko Rhedoor Fete Abodo, Massara Camara-Cisse et Georges NGuessan Amani. (2009).** Influence of the variety and cooking method on glycemic index of yam. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8: 993-999.
156. **NRC/NAS. (1989).** National research council committee on dietary allowances. Recommended dietary allowances. 10th edn. National Academy of Science Press, Washington D.C. USA.
157. **Nteranya S. et Adiel M. (2015).** Racines et tubercules (manioc, igname, pomme de terre et patate douce). Nations unies commission économique pour l'Afrique. Un plan d'action pour la transformation de l'agriculture Africaine. Centre international de conférences Abdou Diouf. Dakar, Senegal. 35 p.

158. **O'dell, B.L. (1989).** Mineral interactions relevant to nutrient requirements. *Journal of Nutrition*, 119: 1832-1838.
159. **Oboh G. et Shodehinde S. A. (2009).** Distribution of nutrients, polyphenols and antioxidant activities in the pilei and stipes of some commonly consumed edible mushrooms in Nigeria. *Bulletin of Chemical Society of Ethiopia*, 23 : 391-398.
160. **Oboh S. O. (1986).** Biochemical composition and utilization of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ruminant rations. PhD thesis. Ibadan, Nigeria: University of Ibadan.
161. **Okigbo R. N., Opara P. U. et Anuagasi C. L. (2015).** Efficacy of extracts of water yam (*Dioscorea alata*) and aerial yam (*Dioscorea bulbifera*) peels in the control of white yam (*Dioscorea rotundata*) rot. *International Journal of Agricultural Technology*, 11 (8):1823-1842.
162. **Okon J. E. et Ofeni A. A. (2013).** Antidiabetic effect of *Dioscorea bulbifera* onalloxan-induced diabetic rats. In *CIB Tech Journal of Pharmaceutical Sciences ISSN: 2 (1): 14-19*.
163. **Olaofe O., Faleye F.J., Adeniji A.A. et Akinsola A.F. (2009).** Amino acid and mineral compositions and proximate analysis of Chinese bottle, *Lagenaria sciceraria*. *EJEAChe*, 8: 534-543.
164. **Olivares M., Araya M. et Uauy, R. (2000).** Copper homeostasis in infant nutrition: deficit and excess. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 31 :102-111.
165. **Olivier L., Brice C., Pigeon C., et Brissot P. (2001).** Métabolisme du fer. *Médecine thérapeutique*, 7(5) : 340-345.
166. **Olufunmilola A. A. et Rahman A. (2014).** Effect of delayed harvesting and pre-treatment methods on the antinutritional contents of trifoliate yam flour. *Food Chemistry*, 146: 515–520.

167. **Oluwaseun B. P., Mofoluwaso B. F., Olalekan J. A. et Adeyemi A. A. (2017).** Effect of blanching time on total phenolic, antioxidant activities and mineral content of selected green leafy vegetables. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 24 (4): 1-8.
168. **Overholt B., Hughes C., Wallace C. et Morgan E. (2003).** Origin of air potato identified. *Wild land Weeds*, 7 (1): 9 p.
169. **Pamplona R. G. (2000).** Croquez la vie. Les aliments qui préviennent et guérissent. Editions Editorial Sateliz, Madrid. 190 p.
170. **Pandey K. B. et Rizvi S. I. (2009).** Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2: 270-278.
171. **Park P. J., Jung W. K., Nam K. S., Shahidi F. et Kim S. K. (2001).** Purification and characterization of antioxidative peptides from proteinhydrolysate of lecithin-free egg yolk. *Journal of the American oil Chemists Society*, 78 (6) : 651-656.
172. **Pauwels J.M., Van R.E., Verloo M. et Mvondo Z.A. (1992).** Manuel de laboratoire de pédologie. Méthodes d'Analyses des Sols et des Plantes, Equipement, Gestion de Stocks, de Verrerie et de produits chimiques. 28: 263 p.
173. **Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M. et Brighenti F. (2003).** Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal of Nutrition*, 133 (9):2812-2819.
174. **PNDRT. (2006).** Etude sur l'observatoire des racines et tubercules. Rapport de première phase. 143 p.
175. **Polycarp D., Afoakwa E.O., Budu A.S. et Otoo E. (2012).** Characterization of chemical composition and anti-nutritional factors in seven species within the Ghanaian yam (*Dioscorea*) germplasm. *International Food Research Journal*, 19 (3): 985-992.

176. **Quideau S., Deffieux D., Douat-Casassus C. et Pouységu L. (2011).** "Plant polyphenols: Chemical properties, biological activities, and synthesis." *Angewandte Chemie - International Edition*, 50 (3): 586-621.
177. **Rakipov N. (1987).** Les plantes à tubercules. Dans : Biochimie des cultures tropicales. Editions Mir, Moscou, 278-281.
178. **Ringstad J., Aaseth J. et Alexander J. (1990).** Problems on excess of inorganic chemical compounds for mankind. In: LAG, J. (Ed.), pp. 25-36, Geomedicine. CRC, Boca Raton.
179. **Rivera N. D. et Obon de Castro C. (1992).** The ethnobotany of old world Labiatae. In *Advances in Labiate Sciences*, R. M. Harley and T.Reynolds, editors; Royal Botanic Gardens: Kew, 455 p.
180. **Rizkalla S.W., Bellisle F. et Slama G. (2002).** Health benefits of low glycaemic index foods, such as pulses, in diabetic patients and healthy individuals. *British Journal of Nutrition*, 88 (3): S255-S262.
181. **Roberts S.B. (2000).** High-glycemic index foods, hunger, and obesity: Is there a connection? *Nutrition Reviews*, 58 (6): 163-169.
182. **Rodriguez-Amaya, D. B. (2001).** A Guide to Carotenoid Analysis in Foods. *ILSI Human Nutrition Institute*. One Thomas Circle, NW, Washington DC, 20005-5802, 64.
183. **Rosin P. M, Lajolo F. M. et Menezes E. W. (2002).** Measurement and characterization of dietary starches. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15 (4):367-77.
184. **Roy A., Kucukural A., et Zhang Y. (2010).** I-TASSER: a unified platform for automated protein structure and function prediction. *Nature Protocols*, 5(4) : 725–738.
185. **Russo-Marie F. (1998).** L'inflammation. *John Libbey Eurotext*. 580 p.

186. **Sabater F. (2012)**. Détermination d'une dose efficace et d'une dose toxique de tanins condensés dans le contrôle des strongyloses digestives chez les caprins. *Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*. 135 p.
187. **Sahoré D.A. et Amani N.G. (2012)**. Classification of some wild yam species tubers of Ivory Coast forest zone. *International Journal of Biochemistry Research and Review*, 2(4): 137-151.
188. **Salmeron J., Manson J.E., Stampfer M.J., Colditz G.A., Wing A.L. et Willett W.C. (1997)**. Dietary fiber, glycemic load and risk of non-insulindependent diabetes mellitus in women. *Journal of the American Medical Association*, 277:472 – 477.
189. **Sanful R. E., et Engmann F. N. (2016)**. Physico-chemical and pasting characteristics of flour and starch from aerial yam. *American Journal of Food Science and Nutrition*, 3(1): 1-7.
190. **Sarah S. et Verma R. J. (2016)**. Antioxidant activity of polyphenolic extract of *Terminalia chebula* Retzius fruits. *Journal of Taibah University for Science*, 10 : 805-812.
191. **Sarni-Manchado P. et Cheynier V. (2006)**. Les polyphénols en agroalimentaire. *Editions TEC et DOC*, 398 p.
192. **Sartori-Thiel, A. (2003)**. "Activités anti-microbiennes d'extraits végétaux enrichis en polyphénols." *Science et Agronomie ED 380* Doctorat: 177.
193. **SCF. (1993)**. Nutrient and energy intakes for the European Community. Reports of the Scientific Committee for Food, Thirty-first Series (SCF). *Luxembourg: European Commission*.
194. **Sefa-Dedeh S., Agyir-Sackey K. (2004)**. Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels). *Food Chemistry*, 85: 479–487.

195. **Shahidi F. et Naczk M. (2006).** Phenolics in Food and Nutraceuticals. *Taylor & Francis eLibrary CRC Press LLC*, Florida: 566p.
196. **Shils M.E., Shike M., Ross A.C., Caballero B. et Cousins R.J. (2006).** Modern nutrition in health and disease. *10th Edn., Lippincott Williams and Wilkins, A WoltersKlumer Company.* 280-281.
197. **Siddhuraju, Jenit K. et Joy P. (2017).** Studies on nutritional profile and antioxidant potential of different *Dioscorea sp* with *plectranthus rotundifolius*. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 9 (4): 65-74.
198. **Singleton et Rossi. (1965).** Orthofer and R.M. Lamuela raventos, analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the folin-ciocalteu reagent, *Methods in enzymology*, 152-178.
199. **Skene C. D. (2006).** Saponin-adjuvanted particulate vaccines for clinical use. *Methods*, 40 (1): 9 –53.
200. **Slimetad R., et Verhel M. (2009).** Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) cultivars. *Journal of Science Food Agriculture*, 89: 1255 - 1270.
201. **Smith C., Marks A.D. et Lieberman M. (2004).** Marks' basic medical biochemistry, A Clinical Approach. *Second edition.* 922p.
202. **Sopido O.A., Ahiniyi J.A. et Ogunbanosu J.U. (2000).** Studies on certain characteristics of extracts of barke of pansinystalia macruceras (K. Schem.) Pieve Exbeille. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 6:83-87.
203. **Sugiyama M., Tang A.C., Wakaki Y., et Koyama W. (2003).** Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57 (6): 743-752.

204. **Sule O. S., Efe U., Afolabi A. A., Aline A. B. et Margareth L. A. (2015).** Antioxidant potential, phenolic profile and nutrient composition of flesh and peels from Nigerian white and purple skinned sweet potato (*Ipomoea batatas L.*). In *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(5):14-23.
205. **Sule O. S., Praise B. A., Akintunde A. A. et Aline A. B. (2017).** Antioxidant and anticholinesterase potential of two Nigerian bitter yams using a simulated gastrointestinal digestion model and conventional extraction. *Nutrition and Food Science*, 22(2):107-117.
206. **Svobodová A., Psotová J. et Walterová D. (2003).** Natural phenolics in the prevention of UV-induced skin damage. *Biomedical Papers*, 147 (2) :137-145.
207. **Swinkels J. W. G. M., Kornegay E. T. et Verstege M. W. A. (1994).** Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates. *Nutrition Research Reviews*, 7: 129-149.
208. **Tchiègang C. et Ngueto N. L. M. (2009).** Données sur les valeurs culturelles, ethnonutritionnelles et physico-chimiques de *Dioscorea schimperiana* (Hochst) de l'Ouest Cameroun. *Tropicultura*, 27 (1) : 35-39.
209. **Tchongouang D. A. (2007).** Influence du blanchiment sur les caroténoïdes de l'igname : *Dioscorea schimperiana*. Maitrise. Géographie. Université de Douala. Cameroun.
210. **Terauchi R., Chikaleke V. A., Thottappily G. et Hahn S. K. (1992).** Origin and phylogeny of guinea yams as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear ribosomal DNA. *Theoretical Applied Genetic*, 83 : 743-751.
211. **Tharanathan R.N. et Mahadevamma S. (2003).** Grain legumes- a boon to human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 14: 507-518.
212. **Tharayil N., Suseela V., Triebwasser D., Preston C., Gerard P. et Dukes J. (2011).** Changes in the structural composition and reactivity of *Acer rubrum* leaf litter tannins

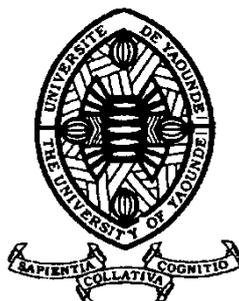
- exposed to warming and altered precipitation: climatic stress-induced tannins are more reactive. *New Phytologist*, 191: 132–145.
213. **Trèche S. (1996)**. Tropical root and tuber crops as human staple wood. Laboratoire de Nutrition. Tropicale / Centre ORSTOM. Montpellier – France. 24 p.
214. **Trèche S. (2000)**. Des farines d'igname à haute valeur nutritionnelle au Cameroun. *Laboratoire de nutrition tropicale l IRD, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 01, France*. 26 – 28.
215. **Trèche S. et Agbor E. T. (1986)**. Composition minérale des ignames cultivées au Cameroun. *Science and Technology Review, (Health Science)*. Tome 111, N° 3 - 4: 38 – 55.
216. **Treche S. et Guion P. H. (1979)**. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. Influence de la maturité à la récolte. *Agronomic tropical*, 34 : 127-137.
217. **Uauy R., Olivares M. et González M. (1998)**. Essentiality of copper in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 67: 952-959.
218. **Ukom A. N., Ojmelukwe P. C., Ezeama C. F., Ortiz D. O. et Aragon I. J. (2014)**. Phenolic content and antioxidant activity of some under-utilized Nigerian yam (*Dioscorea spp.*) and Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) tubers. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 8(7): 104 – 111.
219. **Urbano G., Lopez-jurado M., Aranda P., Vidal-Valverde C., Tenorio E. et Porres J. (2000)**. The role of phytic acid in legumes: antinutrient or beneficial function?. *Journal of physiology and biochemistry*. 56 (3): 283-294.
220. **Wagner W. L., Herbst D. R. et Sohmer S. H. (1999)**. Manual of the flowering plants of Hawai'i. Revised edition: *Volume 1 Bishop Museum Special Publication 97 Honolulu, HI: University of Hawai'i Press Bishop Museum Press 988*.

221. **WHO (2002)**. Report of Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation, WHO Technical Report Series 935. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. WHO Press, Geneva.
222. **Xie D. et Dixon R. (2005)**. Proanthocyanidin biosynthesis still more questions than answers? *Phytochemistry*, 66: 2127–2144.
223. **Xu B. J. et Chang S.K.C. (2009)**. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans as affected by thermal processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57: 1-11.
224. **Zannou A. (2006)**. Socio-economic, agronomic and molecular analysis of yam and cowpea diversity in the Guinea-Sudan transition zone of Benin. Ph.D thesis, Wageningen University. 236 p.
225. **Zhang Y. J., Gan R. Y., Li S., Zhou Y., Li A. N., Xu D. P. et Li H. B. (2015)**. Antioxidant phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases. *Molecules*, 20: 21138-21156.
226. **Zhishen J., Mengcheng T. et Jianming W. (1999)**. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64: 555-559.

ANNEXES

Annexe 1: Fiche d'enquête

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE
DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY

FICHE D'ENQUÊTE (kuagnymouaforonaldblaise@yahoo.fr)

La présente enquête s'inscrit dans le cadre des recherches académiques sur le thème : «**Valeurs nutritionnelles et potentiel santé de quelques tubercules sous-valorisés du Cameroun: *Dioscorea schimperiana* Hochst., *D. bulbifera* L., *D. burkilliana* J. et *Coleus esculentus* (N.E.Br.)**». Nous voulons comprendre pourquoi certaines ignames (*Dioscorea schimperiana*, *Dioscorea bulbifera*, *Dioscorea burkilliana* et *Coleus esculentus*) pourtant très appréciées tendent à disparaître ou deviennent de plus en plus rares. Pour cela, nous nous entretenons avec les producteurs, les commerçants et les consommateurs pour avoir leurs opinions.

Merci d'avoir accepté librement de répondre à nos questions. Nous vous assurons de la confidentialité des informations issues de notre entretien. Elles ne seront exploitées que dans l'anonymat, et aucune information personnelle ne sera dévoilée ni dans ce travail ni ailleurs. Nous vous prions de répondre sans inquiétude et de donner des réponses exactes.

Identification du répondant

- 1- Nom (facultatif) : **Code** :
- 2- Sexe : Masculin Féminin
- 3- Âge : 21 à 30 ans 31 à 40 ans 41 à 50 ans
 51 ans et plus inconnu.
- 4- Lieu d'habitation (Département et village):
- 5- Profession :
- 6- Téléphone (facultatif) :

I- Connaissances et perceptions alimentaires des tubercules sous-valorisés

1- Comment appelle-t-on ces différents tubercules en langue locale ?

D. schimperiana

D. bulbifera.....

D. burkilliana.....

C. esculentus

2- Consommez-vous ces tubercules ? Oui Non

Si oui, lesquels :

D. schimperiana

D. bulbifera

D. burkilliana

C. esculentus

Si non, quelles sont les raisons :

C'est interdit (tabous alimentaires)

Trop chère.

Difficile à préparer

Trop rare

Autres à décrire :.....

3- Lequel ou lesquels des 4 tubercules suivants avez-vous déjà entendu parler ?

D. schimperiana

D. bulbifera

D. burkilliana

C. esculentus

4- Connaissez-vous les raisons pour lesquelles les gens s'intéressent à ces tubercules ?

Oui Non

Si oui lesquelles ?.....

5- Selon vous quelle est l'apport nutritionnel et thérapeutique de chacun de ces tubercules ?

D. schimperiana.....

D. bulbifera.....

D. burkilliana.....

C. esculentus.....

6- Quels sont les noms des tubercules que vous connaissez et qui deviennent rares ?

.....

Je ne connais pas.

II- Production et conservation des tubercules

1. Cultivez-vous ces tubercules ? Oui Non
 - D. schimperiana*
 - D. bulbifera*
 - D. burkilliana*
 - C. esculentus*
 - Autres :.....
2. Quelle est la période de semi de chaque variété.
 - D. schimperiana*.....
 - D. bulbifera*.....
 - D. burkilliana*.....
 - C. esculentus*.....
3. Quelle est la période de récolte de chaque variété.
 - D. schimperiana*.....
 - D. bulbifera*.....
 - D. burkilliana*.....
 - C. esculentus*.....
4. Quels sont les instruments couramment utilisés pour extraire les tubercules du sol.
 Houe Plantoir Machette Autres.....
5. Quelle quantité produisez-vous par an ? nombre de corbeille.....
Autres :.....
6. Stockez-vous les tubercules pour une consommation ultérieure ? si oui sous quelles formes les stockez-vous ?
 - D. schimperiana* Fraiche Séchée Autres.....
 - D. bulbifera* Fraiche Séchée Autres.....
 - D. burkilliana* Fraiche Séchée Autres.....
 - C. esculentus* Fraiche Séchée Autres.....
7. De quel moyen de stockage faites-vous usage ?
 - D. schimperiana* Réfrigérateur Dans la terre Au grenier
 Autres
 - D. bulbifera* Réfrigérateur Dans la terre Au grenier
 Autres
 - D. burkilliana* Réfrigérateur Dans la terre Au grenier

Autres

C. esculentus Réfrigérateur Dans la terre Au grenier

Autres

8. Quelle est la durée moyenne de stockage (remplir le nombre de jours, semaines ou mois).

D. schimperiana Jours Semaines Mois

D. bulbifera Jours Semaines Mois

D. burkilliana Jours Semaines Mois

C. esculentus Jours Semaines Mois

9. Enregistrez-vous souvent les pertes *post-récoltes* ? si oui pouvez-vous estimer les quantités en fonction des variétés ? (Pour ceux qui en cultivent)

D. schimperiana.....

D. bulbifera.....

D. burkilliana.....

C. esculentus.....

10. Quelles peuvent être les raisons des pertes *post-récoltes* ?

Teneur en eau trop élevée

Tubercule écorché pendant la récolte

Sol trop humide

Temps de conservation trop long

Espèce d'igname

Autres :.....

11. Que faites-vous pour réduire les pertes *post-récoltes* ?

➤ *D. schimperiana*

Cossette

Farine

Autres

➤ *D. bulbifera*

Cossette

Farine

Autres

➤ *D. burkilliana*

Cossette

- Farine
- Autres

➤ ***C. esculentus***

- Cossette
- Farine
- Autres

12. Pouvez-vous décrire les différents procédés de transformation pour chacun des tubercules ?

D. schimperiana.....

D. bulbifera.....

D. burkilliana.....

C. esculentus.....

III- Consommation des tubercules

1- Quelle(s) est (sont) celle(s) que vous consommez ?

- D. schimperiana*
- D. bulbifera*
- D. burkilliana*
- C. esculentus*

2- Quelles sont les différentes formes de consommation et procédés culinaires de chacun de ces tubercules que vous connaissez ?

➤ ***D. schimperiana***

- Pilé
- Frites
- Braisé
- Bouilli
- Ragoût
- Autres

➤ ***D. bulbifera***

- Pilé
- Frites
- Braisé
- Bouilli
- Ragoût
- Autres

➤ *D. burkilliana*

- Pilé
- Frites
- Braisé
- Bouilli
- Ragoût
- Autres

➤ *C. esculentus*

- Pilé
- Frites
- Braisé
- Bouilli
- Ragoût
- Autres.....

3- Pour quelles raisons les consommez-vous ?

- Comme aliment
- Comme médicament
- Autres à décrire :.....

4- Si vous les consommez comme médicament, quel est l'effet désiré pour chaque variété de tubercule ?

- D.schimperiana*.....
- D.bulbifera*.....
- D. burkilliana*.....
- C. esculentus*

5- Selon vous, quelle est la tranche qui s'intéresse le plus à la consommation de ces tubercules dans votre localité ?

- 05 à 20 ans
- 21 à 40 ans
- 41 ans et plus

6- Existe-t-il des classes sociales privilégiées concernant la consommation de ces tubercules dans votre culture sociale ? Oui Non

Si oui quelles sont les raisons.....

7- Existe-t-il des rites ou cérémonies traditionnelles nécessitant l'utilisation des espèces de tubercules susmentionnés ? Si oui indiquez-les selon chaque espèce de tubercules et les raisons de leur utilisation

D.schimperia.....

D.bulbifera.....

D. burkilliana.....

C. esculentus.....

8- Connaissez-vous les raisons pour lesquelles certaines personnes ne s'intéresseraient pas à ces tubercules ?

➤ ***D. schimperiana***

Goût Coût L'aspect La disponibilité

Autres:.....

➤ ***D. bulbifera***

Goût Coût L'aspect La disponibilité

Autres:.....

➤ ***D. burkilliana***

Goût Coût L'aspect La disponibilité

Autres:.....

➤ ***C. esculentus***

Goût Coût L'aspect La disponibilité

Autres:.....

9- De nos jours on constate une raréfaction accentuée de ces tubercules ou de la culture de certains tubercules. Selon-vous quelle en serait la raison ?

Manque de main d'œuvre expérimentée pour la culture

Manque de semences

Préjugés culturels

Secteur non rentable

Autres.....

10- Souhaiteriez-vous que le gouvernement investisse dans la production de ces ignames ?

pourquoi ?.....

Merci pour votre contribution.

Annexes 2 : Courbes d'étalonnage utilisées pour les différentes analyses

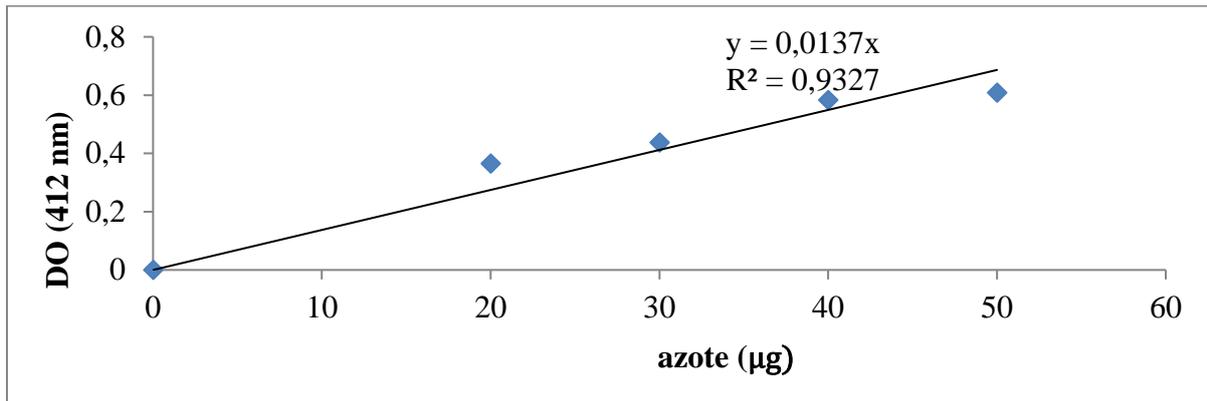


Figure a : Courbe d'étalonnage utilisée pour l'analyse des protéines

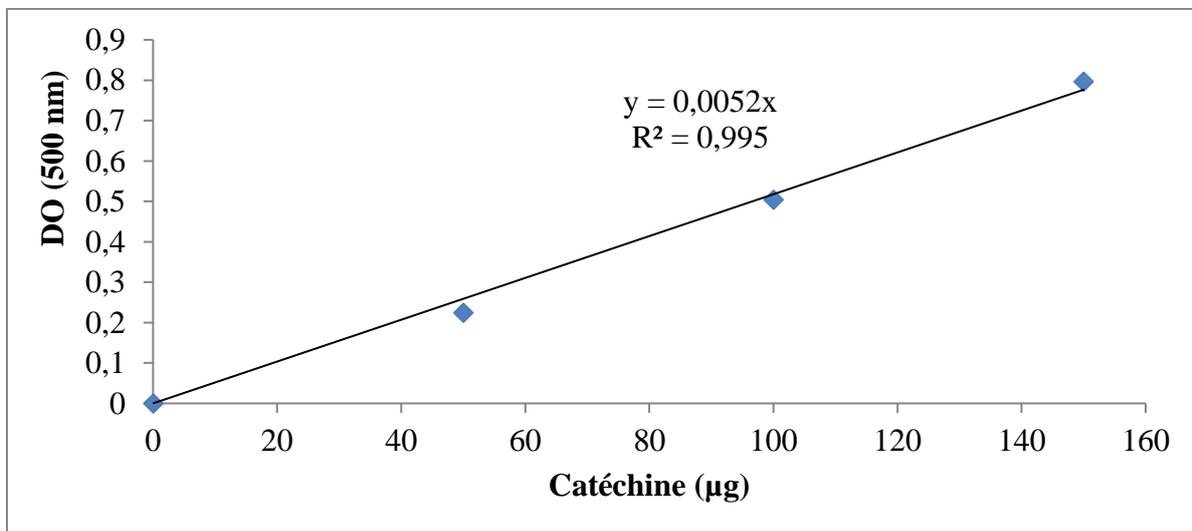


Figure b : Courbe d'étalonnage utilisée pour le dosage des tannins

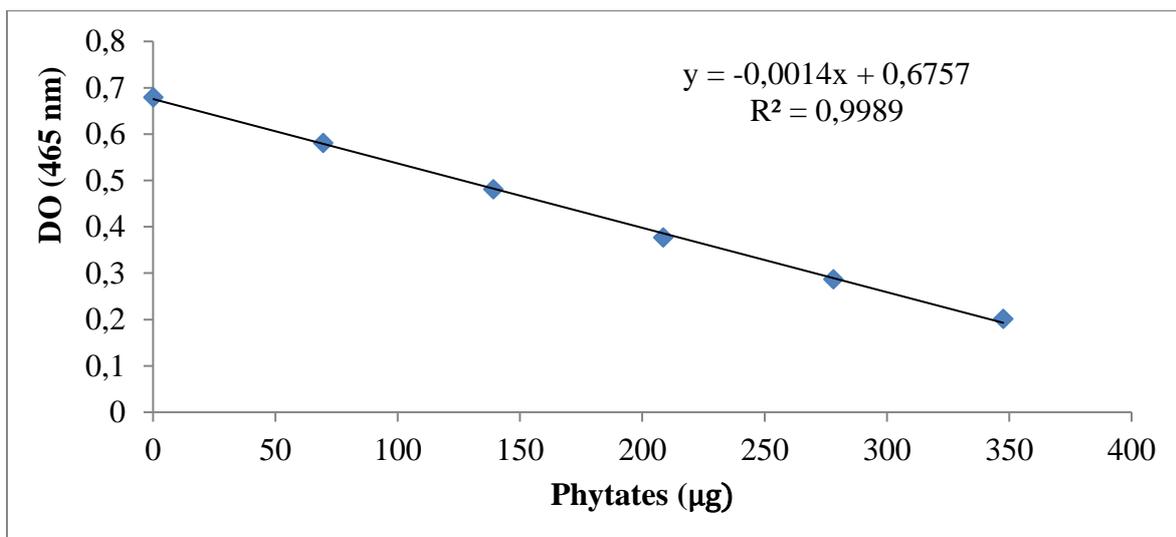


Figure c : Courbe d'étalonnage utilisée pour le dosage des phytates

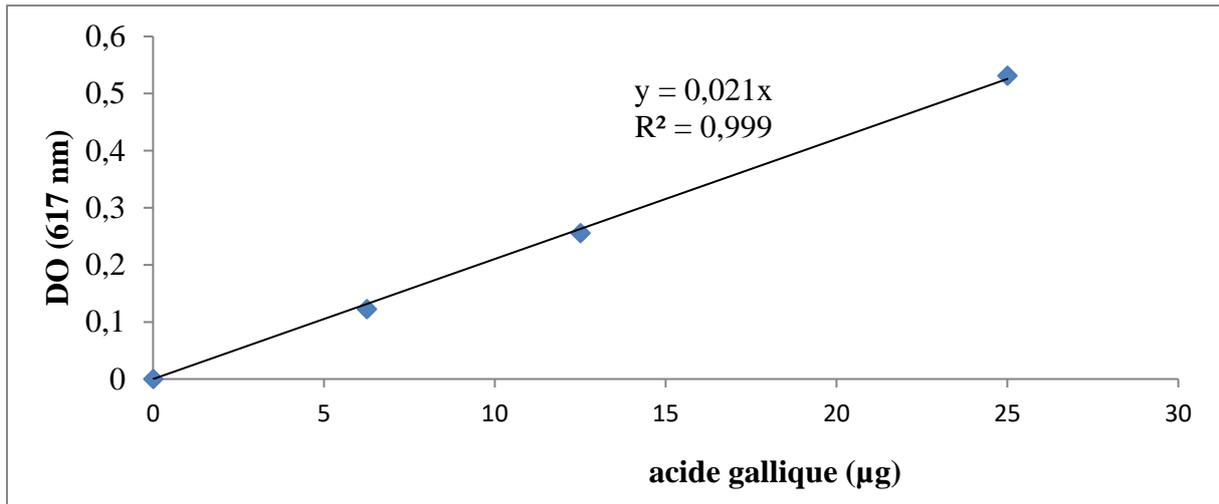


Figure d : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique utilisée pour l'analyse des composés phénoliques totaux

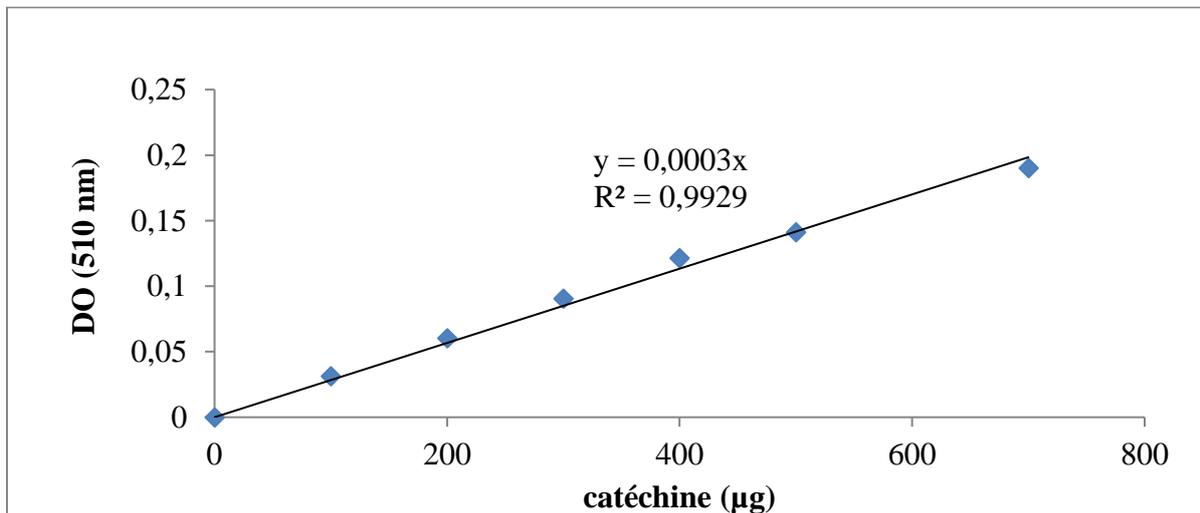


Figure e : Courbe d'étalonnage de la catéchine utilisée pour l'analyse des flavonoïdes

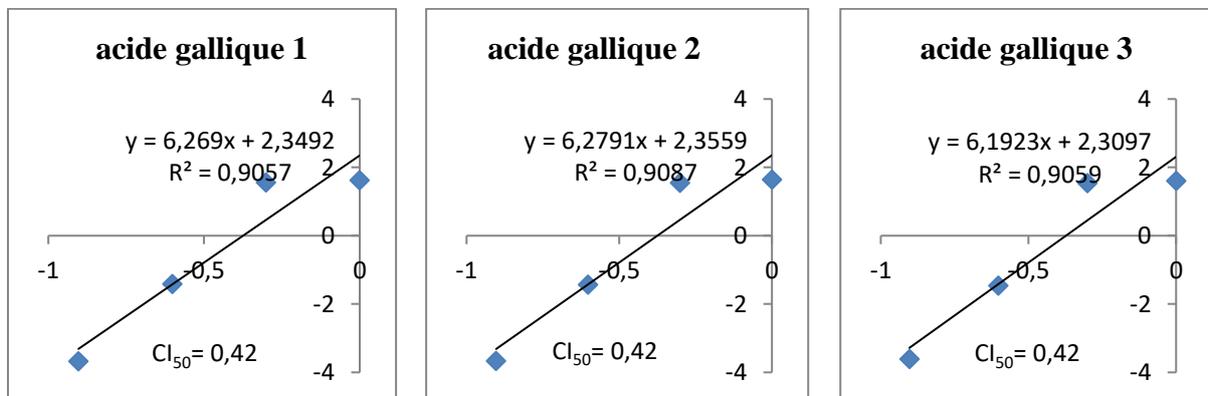


Figure f : Courbes des pourcentages d'inhibition du DPPH pour chaque extrait en fonction des concentrations de la moyenne des trois essais de l'acide gallique

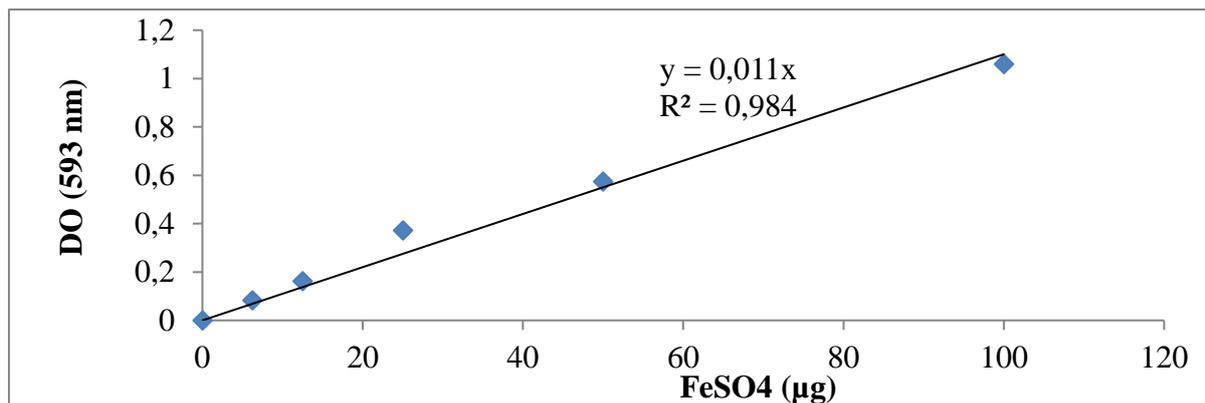


Figure g : Courbe d'étalonnage (FeSO₄) utilisée pour la détermination de l'activité réductrice des ions ferriques

Annexes 3 : Tableaux d'étalonnages, préparation des extraits et réactifs

Annexe 3-1: Etalonnage au sulfate d'ammonium (0,4mg d'azote/ ml) pour le dosage de l'azote

Tube N°	0	2	3	4	5	6	7	Inconnu (i)
(NH ₄) ₂ SO ₄ : 0,4 mg d'azote /mL (µL)	0	25	50	75	100	125	150	
Echantillon (mL)	/	/	/	/	/	/	/	0,1
Acétate de sodium (0,08g/ml) (mL)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Solution réactive (mL)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Plonger les tubes dans de l'eau bouillante (97,5°C) pendant 15mn puis refroidir dans un courant d'eau froide pour baisser la température à 30°C.								
Eau distillée (mL)	7,2	7,175	7,150	7,125	7,1	7,075	7,05	7,1
Abs moyenne à 412 nm								Y
Quantité d'azote en µg	0	10	20	30	40	50	60	X

Annexe 3-2 : Préparation de la série étalon à partir de la solution mère d'hydrogenophosphate de potassium (500 mg P/L).

Tubes	Blanc	1	2	3	4	5
KH ₂ PO ₄ (500 mg/L) (mL)	0	2	4	8	10	20
Solvant (HNO ₃) (mL)	50	48	46	42	40	30
Concentration des standards KH ₂ PO ₄ (mg/mL)	0	20	40	80	100	200
Volume des standards (mL)	50	50	50	50	50	50

Annexe 3-3 : Etalonnage de l'hydrogenophosphate de potassium pour le dosage du phosphore

Tubes	0	1	2	3	4	5	inconnu
Hydrogenophosphate de potassium (mL)	0	2	2	2	2	2	
Echantillon (mL)							2
Solvant (mL)	2						
Eau distillée (mL)	6	6	6	6	6	6	6
Réactif (nitro-vanado- molybdate) (mL)	2	2	2	2	2	2	2
Laisser reposer à température ambiante pendant 1 heure et lire les DO à 430 nm.							

Annexe 3-4 : Etalonnage de la solution commerciale de fer pour le dosage du fer

Tubes	0	1	2	3	4	5	inconnu
Solution commerciale de fer à 100 µg/mL (mL)	0	1	2	3	4	5	
Echantillon (mL)							2
Acide ascorbique à 10 % (mL)	2	2	2	2	2	2	2
Solution tampon d'ammonium acétate à 60 % (mL)	3	3	3	3	3	3	3
Ortho-phenanthroline 0,5 % (mL)	2	2	2	2	2	2	2
Eau distillée (mL)	43	42	41	40	39	38	41
Volume total (mL)	50	50	50	50	50	50	50
Concentration solution commercial Fe ²⁺ (µg/mL)	0	2	4	6	8	10	?
Laisser reposer à température ambiante pendant 1 heure et lire les DO à 430 nm.							

Annexe 3-5 : Etalonnage de l'acide tannique pour le dosage des tannins

Tubes	0	1	2	3	4	5	inconnu
Catéchine (2µg/µL) (µL)	0	25	50	75	100	125	
Solvant (µL)	125	100	75	50	25	0	
Echantillon (µL)							125
Vanilline acidifié (0,1mg/mL) (µL)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Incubation à l'obscurité pendant 20 min.							
DO à 500nm							

Annexe 4 : Composition de l'aliment des rats expérimentaux.

Nutriments	Proportion (%)	Aliments
Source de protéines	20	Lait + farine de poisson
Source de glucides	55	Amidon de maïs + farine de blé
Source de lipides	10	Huile de soja
Source de sels minéraux	4	Sel de cuisine (0,2%) + farine d'os (3,8%)
Source de vitamines	1	Polyvitamines
Source de fibres	2	Cellulose
Eau	8	

PUBLICATION

Kuagny Mouafo R. B., Achu Loh M. B., Saha Foudjo B. U., Kansci G., Domkem S., Medoua Nama G., Nya E., Kuitekam P. and Fokou E. (2019). Physicochemical characteristics and anti-nutritional factors of some underutilized tubers (*Dioscorea spp* and *Coleus esculentus*) grown in Cameroon. *International Journal of Advanced Research*, 7(9), 795-806.