

UNIVERSITE 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 SCIENCE DE LA VIE

\*\*\*\*\*

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE

\*\*\*\*\*



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

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

\*\*\*\*\*

RESEARCH AND DOCTORATE  
TRAINING UNIT IN LIFE

\*\*\*\*\*

DEPARTEMENT OF BIOCHIMISTRY

\*\*\*\*\*

**LABORATOIRE DES SCIENCES ALIMENTAIRES ET METABOLISME**

***LABORATORY FOR FOOD SCIENCE AND METABOLISM***

**Evaluation du risque sanitaire lié à la consommation du  
poulet et des œufs issus de l'aviculture des régions du  
Centre, Littoral et Ouest Cameroun**

**Thèse**

**Présentée et soutenue en vue de l'obtention du Diplôme de**

**Doctorat/Ph.D en Biochimie**

**Option : Sciences des Aliments et Nutrition**



**Par :**

**TATFO KEUTCHATANG Fabrice De Paul**

***Master en Biochimie***

**Matricule : 10R1045**

**KANSCI Germain**

**et**

**MEDOUA NAMA Gabriel**

***Professeur***

***Directeur de Recherches***

***Université de Yaoundé I***

***CRASAN / IMPM***

**2022 - 2023**



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE  
BIOCHIMIE

DEPARTMENT OF  
BIOCHEMISTRY

BP: 812 YAOUNDE

PO BOX: 812 YAOUNDE

ATTESTATION DE CORRECTION

Nous, soussignés Pr. FOKOU Elie, Pr. TCHANA KOUATCHOUA Angèle, Dr. MOUNJOUENPO Pauline et Pr. MOUNDIPA FEWOU Paul respectivement Examineurs et Président du jury de Thèse de Doctorat/Ph.D en Biochimie option Science des Aliments et Nutrition, soutenue par Monsieur TATFO KEUTCHATANG Fabrice De Paul (Matricule 10R1045) le 19 septembre 2023 à 9 heures dans la salle multimédia de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, sous le thème : « *Evaluation du risque sanitaire lié à la consommation du poulet et des œufs issus de l'aviculture des régions du Centre, Littoral et Ouest Cameroun* », 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 ..... 20 DEC 2023 .....

Examineurs


Président du jury

  
Pr. TCHANA A.

  
Moundipa Fewou Paul  
Professeur  
Enzymologie - Toxicologie

  
Pr. Elie Fokou  
Dr. d'Etat en Biochimie  
Nutrition et Sciences Alimentaires

Le Chef de Département  
  
Paul E. MOUNDIPA  
Professor  
Enzymology & Toxicology

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

**LISTE PROTOCOLAIRE**

**ANNÉE ACADEMIQUE 2022/2023**

(Par Département et par Grade)

**DATE D'ACTUALISATION 31 MAI 2023**

**ADMINISTRATION**

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

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

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

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

**Chef Division Administrative et Financière** : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal, *Maître de Conférences*

**Chef Division des Affaires Académiques, de la Recherche et de la Scolarité DAARS** :

AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

<b>1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (43)</b>			
N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1.	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2.	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3.	KANSCI Germain	Professeur	En poste
4.	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
5.	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	Chef de Département
6.	NGUEFACK Julienne	Professeur	En poste
7.	NJAYOU Frédéric Nico	Professeur	En poste
8.	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9.	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10.	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11.	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12.	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
14.	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste
15.	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	VD/FS/Univ Ebwa
16.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
17.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
18.	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste

19.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
20.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	Doyen FS / UDs
21.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
22.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
23.	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
24.	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
25.	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
26.	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Chargé de Cours	En poste
27.	DAKOLE DABOY Charles	Chargé de Cours	En poste
28.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
29.	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30.	FOUPOUPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
31.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
32.	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
34.	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
35.	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
36.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste
37.	BAKWO BASSOGOG Christian Bernard	Assistant	En Poste
38.	ELLA Fils Armand	Assistant	En Poste
39.	EYENGA Eliane Flore	Assistant	En Poste
40.	MADIESSE KEMGNE Eugénie Aimée	Assistant	En Poste
41.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Assistant	En Poste
42.	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistant	En poste
43.	WOGUIA Alice Louise	Assistant	En Poste

## **2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (52)**

1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	DAARS/FS
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	CD et Vice Doyen/FMSB/UIYI
7.	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
8.	KEKEUNOU Sévior	Professeur	En poste
9.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
10.	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
11.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
12.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste



13.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	Inspecteur de service / Coord.Progr./MINSANTE
14.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
15.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	Vice Doyen/ Uté Ebwa
16.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
17.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
18.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
19.	JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHE	Maître de Conférences	En Poste
20.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
21.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
22.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
23.	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
24.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
25.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
26.	MONY Ruth épse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
27.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
28.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
31.	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
32.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
33.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
34.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
35.	FOKAM Alvine Christelle Epse KENGNE	Chargé de Cours	En poste
36.	GONWOUE NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
37.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
38.	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
39.	LEME BANOCK Lucie	Chargé de Cours	En poste
40.	MAPON NSANGO Indou	Chargé de Cours	En poste
41.	METCHI DONFACK MIREILLE FLAURE EPSE GHOUMO	Chargé de Cours	En poste
42.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste

43.	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
44.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	Chef Div. Uté Bamenda
45.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
46.	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
47.	YEDE	Chargé de Cours	En poste
48.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
49.	AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA	Assistante	En poste
50.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste
51.	NDENGUE Jean De Matha	Assistant	En poste
52.	ZEMO GAMO Franklin	Assistant	En poste

<b>3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (34)</b>			
1.	AMBANG Zachée	Professeur	Chef de Département
2.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
3.	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4.	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5.	YOUMBI Emmanuel	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9.	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
11.	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	DAAC /UDla
12.	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	En poste
13.	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste
14.	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Maître de Conférences	En poste
15.	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	CT / MINRESI
16.	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
17.	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
18.	ONANA JEAN MICHEL	Maître de Conférences	En poste
19.	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
20.	GONMADGE CHRISTELLE	Chargée de Cours	En poste
21.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
22.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
23.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste

24.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL ANNIE CLAUDE	Chargé de Cours	En détachement/UNESC O MALI
25.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
26.	KABELONG BANAHOU Louis-Paul- Roger	Chargé de Cours	En poste
27.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
28.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
29.	LIKENG-LINGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
30.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
31.	TEMEGNE NONO Carine	Chargé de Cours	En poste
32.	MANGA NDJAGA JUDE	Assistant	En poste
33.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Assistant	En poste
34.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste

#### 4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (28)

1.	GHO GOMU Paul MINGO	Professeur	Ministre Chargé de Mission PR
2.	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste
3.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	CT MINRESI
4.	NENWA Justin	Professeur	En poste
5.	NGAMENI Emmanuel	Professeur	Doyen FS Univ.Ngaoundere
6.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	Vice Chancellor/UB
7.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste
8.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
9.	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
10.	KAMGANG YOUNBI Georges	Maître de Conférences	En poste
11.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
12.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
13.	MBEY Jean Aime	Maître de Conférences	En poste
14.	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	Chef de Département
15.	NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	Sénatrice/SENAT
16.	NJIOMOU C. épouse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
17.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
18.	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste

19.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
20.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	Chef Service/ ENS Bertoua
21.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
22.	KOUOTOU DAOUDA	Maître de Conférences	En poste
23.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
24.	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
25.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
26.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
27.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
28.	BOYOM TATCHEMO Franck W.	Assistant	En Poste

#### **5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (37)**

1.	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	Vice-Doyen / DPSAA
2.	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen/FSE/UIYI
3.	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	Chef de Département UDS
4.	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	Directeur/ MINESUP/ Chef de Département
5.	WANDJI Jean	Professeur	En poste
6.	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
7.	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8.	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste
9.	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
10.	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
11.	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
12.	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13.	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
14.	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
15.	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
16.	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	Chef de Cellule MINRESI
17.	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	C.E.A/ MINESUP
18.	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	DAAC/Uté Bertoua



19.	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
20.	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
21.	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	Doyen /FS/ UYI
23.	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
24.	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste

25.	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
26.	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
27.	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
28.	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
29.	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
30.	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
31.	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
32.	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33.	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
34.	TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
35.	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
36.	MUNVERA MFIFEN Aristide	Assistant	En poste
37.	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste

<b>6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)</b>			
1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	Chef de Division MINESUP
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	Inspecteur Général/ MINESUP
3.	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
5.	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	Chef de Cellule MINFOPRA
6.	AMINO HALIDOU	Chargé de Cours	Chef de Département
7.	DJAM XAVIERA YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
8.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
9.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
11.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
12.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
13.	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
14.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	En poste
15.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
16.	NZEKON NZEKO'O ARMEL JACQUES	Chargé de Cours	En poste
17.	OLLE OLLE Daniel Claude Georges Delort	Chargé de Cours	Sous-Directeur ENSET Ebolowa
18.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
19.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
20.	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
21.	MAKEMBE. S . Oswald	Assistant	Directeur CUTI
22.	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

<b>7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (33)</b>			
1.	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	Chef de Département
2.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
3.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
5.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
6.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	Chef Service des Programmes & Diplômes/FS/UYI

7.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
8.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	Directeur/AIMS Rwanda
9.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste
10.	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	Chef Cellule MINEPAT
11.	BOGSO ANTOINE Marie	Chargé de Cours	En poste
12.	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
13.	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
14.	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
15.	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
16.	LOUMNGAM KAMGA Victor	Chargé de Cours	En poste
17.	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
18.	MBATAKOU Salomon Joseph	Chargé de Cours	En poste
19.	MENGUE MENGUE David Joël	Chargé de Cours	Chef Dpt /ENS Université d'Ebolowa
20.	MBIAKOP Hilaire George	Chargé de Cours	En poste
21.	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
22.	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
23.	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
24.	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	En stage
25.	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
26.	TETSADJIO TCHILEPECK M. Eric.	Chargé de Cours	En poste
27.	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
28.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
29.	GUIDZAVAI KOUCHERE Albert	Assistant	En poste
30.	MANN MANYOMBE Martin Luther	Assistant	En poste
31.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
32.	NYOUMBI DLEUNA Christelle	Assistant	En poste
33.	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Assistant	En poste

<b>8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)</b>			
1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>

3.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
4.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
5.	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
6.	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Maître de Conférences	En poste
7.	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
8.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
9.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
10.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
11.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
12.	MEYIN A EBONG Solange	Chargé de Cours	En poste
13.	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargé de Cours	En poste
14.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
15.	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargé de Cours	En poste
16.	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	<i>Chef de Service de la Scolarité</i>
17.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
18.	NKOUÉ TONG Abraham	Assistant	En poste
19.	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistant	En poste
20.	EZO'O MENGO Fabrice Téléstor	Assistant	En poste
21.	EHETH Jean Samuel	Assistant	En poste
22.	MAYI Marie Paule Audrey	Assistant	En poste
23.	NGOUE NAM Romial Joël	Assistant	En poste
24.	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Assistant	En poste

### 9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (43)

1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Professeur	En poste
3.	EKOBENA FOUDA Henri Paul	Professeur	Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré
4.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
5.	HONA Jacques	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.	SAIDOU	Professeur	Chef de centre/IRGM/MINRESI

12.	TABOD Charles TABOD	Professeur	Doyen FSUniv/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 épouse BELINGA	Maître de Conférences	En poste
19.	EYEBE FOUA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
20.	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
21.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
22.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
23.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
24.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
25.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
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 Sylvie	Maître de Conférences	Directeur/ENS/UYI
30.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférence	En stage depuis février 2023
31.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
32.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
33.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
34.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
35.	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
36.	FOUEJIO David	Chargé de Cours	Chef Cell. MINADER
37.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Chargé de Cours	En poste
38.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
39.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	Directeur Unité de production des réactifs/IMPM
40.	TEYOU NGOUPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
41.	WANDJI NYAMSI William	Chargé de Cours	En poste
42.	NGA ONGODO Dieudonné	Assistant	En poste
43.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Assistant	En poste



<b>10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (42)</b>			
1.	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	Doyen / FASA /UDs
2.	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
3.	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	Chef de Département
4.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
5.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
6.	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
7.	ONANA Vincent Laurent	Professeur	Chef de Département/Uté. Eb.
8.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	Chef Div. /MINTP
9.	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	Vice-Doyen / DRC
10.	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	En poste
11.	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	Chef Div./Uté Ebolowa
12.	Elisé SABABA	Maitre de Conférences	En poste
13.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	Sec. d'Etat/MINMIDT
14.	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
15.	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	Chef de Div. /Uté Bertoua
16.	MBIDA YEM	Maitre de Conférences	En poste
17.	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	CT/MINIMDT
18.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
19.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
20.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
21.	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHAKOUNTE Jacqueline épouse NUMBEM	Maître de Conférences	Chef. Cell /MINRESI
23.	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
24.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
25.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	DG/ART
26.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
27.	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
28.	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
29.	EYONG John TAKEM	Chargé de Cours	En poste
30.	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épouse BITOM	Chargée de Cours	En poste
31.	MBESSE Cécile Olive	Chargée de Cours	En poste
32.	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33.	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	Chef Serv./Uté Maroua
34.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
35.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste

36.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
37.	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
38.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
39.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
40.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste
41.	KOAH NA LEBOGO Serge Parfait	Assistant	En poste
42.	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste
43.	TENE DJOUKAM Joëlle Flore, épouse KOUANKAP NONO	Assistante	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)	15 (11)	13 (03)	7 (05)	<b>43 (20)</b>
BPA	14 (01)	16 (09)	18 (04)	4 (02)	<b>52 (16)</b>
BPV	6 (01)	12 (02)	13 (07)	3 (00)	<b>34 (10)</b>
CI	7 (01)	15 (04)	5 (01)	1 (00)	<b>28 (06)</b>
CO	6 (01)	18 (04)	11 (04)	2 (00)	<b>37 (09)</b>
IN	2 (00)	2 (00)	14 (01)	4 (00)	<b>22 (01)</b>
MAT	1 (00)	8 (00)	17 (01)	7 (02)	<b>33 (03)</b>
MIB	2 (01)	7 (03)	8 (04)	7 (02)	<b>24 (10)</b>
PHY	15 (01)	15 (04)	11 (01)	2 (00)	<b>43 (06)</b>
ST	8 (00)	17 (03)	15 (04)	3 (01)	<b>43 (08)</b>
<b>Total</b>	<b>69 (07)</b>	<b>125 (40)</b>	<b>125 (30)</b>	<b>40 (12)</b>	<b>359 (89)</b>

Soit un total de **359 (89)** dont :

- Professeurs **69 (07)**
- Maîtres de Conférences **125 (40)**
- Chargés de Cours **125 (30)**
- Assistants **40 (12)**

( ) = Nombre de Femmes

**89**

## **DEDICACE**

« *L'ÉTERNEL* est mon *BERGER*, je ne manquerai de rien »

A Toute ma famille

A mes amis

## REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche n'a pu se réaliser que grâce au concours de nombreuses personnes à qui j'exprime ma reconnaissance et ma profonde gratitude. Tout d'abord mes directeurs de thèse **Pr KANSKI Germain** et **Dr MEDOUA NAMA Gabriel**, pour les conseils, le soutien et les efforts multiformes déployés au cours de ce travail.

Je voudrais ensuite exprimer ma gratitude à **Mme NDANGO Rose N.** de l'IITA pour l'assistance et la facilitation lors des analyses des métaux lourds dans les différents échantillons.

Mes remerciements vont ensuite à l'endroit :

- du **Pr MOUNDIPA FEWOU Paul**, Chef de Département de Biochimie de l'Université de Yaoundé I pour le soutien apporté dans les démarches administratives relatives à cette thèse;

- du **Pr FOKOU Élie**, Coordonnateur du Laboratoire des Sciences Alimentaires et Métabolisme (LabSAM) du Département de Biochimie de l'Université de Yaoundé I et de tous les membres dudit laboratoire pour l'accueil chaleureux, les conseils et les remarques pertinentes faites au cours des différents séminaires organisés régulièrement en son sein ;

- du **Pr. TCHANA KOUATCHOUA Angèle**, pour les conseils et l'examen approfondi de ce travail de thèse et les remarques apportées en vue de l'amélioration de sa qualité ;

- du **Dr. MOUNJOUENPOU Pauline**, Directeur de Recherches à l'Institut de Recherches Agricole pour le Développement pour l'examen approfondi de ce travail de thèse et les remarques apportées en vue de l'amélioration de sa qualité ;

- de tous les **enseignants** du Département de Biochimie de l'Université de Yaoundé I pour la qualité des enseignements reçus tout au long de mon cursus académique ;

- des membres du comité de thèse qui ont toujours répondu présent et qui ont contribué à recadrer et faire avancer ces travaux de recherche ;

- des aînés académiques : **Drs SAHA F. Brice, FOGANG Aymar, Isabelle Sandrine BOULET NTSAMA, DJOUHOU FOWE Michelle, MOUAFFO Blaise et MAPTOUM Laure** pour l'accueil, l'accompagnement lors de la rédaction du projet, l'amendement et la relecture du mémoire de thèse;

- de tous les aînés et cadets académiques du LabSAM pour l'assistance, les ajustements faits par rapport au travail et les corrections du document ;

- de tous les camarades de la promotion de Doctorat/PhD 2016-2017, en particulier ceux de l'option Sciences Alimentaires et Nutrition pour l'entraide et le travail de synergie tout au long de notre parcours commun ;

- à tout le personnel du Centre de Recherches en Alimentation et Nutrition (CRAN), plus particulièrement les Drs **TCHUENCHIEU KAMGAIN Alex Dimitri**, **MOUAFO TENE Hippolyte**, **NGUEGWOUO Evelyne** et **M. BALEBA Roger** pour les encouragements et l'assistance lors des différentes enquêtes et l'analyse des mycotoxines dans les différents échantillons.

Mes remerciements vont enfin à l'endroit :

- de **M. NGOUFACK Guy Albert** pour l'assistance et l'établissement des relations avec les fermiers dans les différentes régions d'étude ;
- de tous les ménages enquêtés pour la franche collaboration et la confiance qui ont facilité l'obtention des données indispensables pour la réalisation de ce travail;
- de tous les fermiers enquêtés pour la franche collaboration et la disponibilité qui ont facilité la collecte des informations et des échantillons ;
- de mes parents pour tout le soutien multiforme qu'ils m'ont apporté;
- de mon épouse **KENGNE FONGANG Déborah Appoline** pour le soutien moral et les encouragements qui ont été d'un très grand apport dans l'aboutissement de ce travail ;
- de tous mes amis pour les encouragements et les moments de détente ayant favorisé l'avancement de ce travail ;
- de tous ceux dont les noms sont présents dans le secret de mon cœur, je prie d'accepter ce travail comme le fruit d'un effort collectif.



## TABLE DES MATIERES

LISTE PROTOCOLAIRE.....	i
DEDICACE.....	xiv
REMERCIEMENTS .....	xv
TABLE DES MATIERES .....	xvii
RESUME.....	xx
ABSTRACT .....	xxi
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES .....	xxii
LISTE DES FIGURES .....	xxiv
LISTE DES TABLEAUX.....	xxvi
LISTE DES ANNEXES .....	xxix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	4
I.1- Généralités sur l'aviculture.....	4
I.1.1- Définition et origine de l'aviculture .....	4
I.1.2- Domestication .....	4
I.1.3- Importance de la domestication des poulets et ressources génétiques aviaires disponibles .....	4
I.1.4- Systèmes d'élevage dans la filière avicole au Cameroun.....	5
I.1.5- Produits de l'aviculture.....	6
I.1.5.1- Viande de poulet.....	6
I.1.5.2- Œufs.....	6
I.1.6- Contraintes de la filière avicole au Cameroun.....	8
I.2- Contaminants des aliments : mycotoxines et métaux lourds.....	8
I.2.1- Mycotoxines dans l'aliment.....	8
I.2.2- Métaux lourds dans l'aliment de poulets .....	12
I.2.3- Médicaments vétérinaires dans l'aviculture .....	13
I.3- Toxicologie des mycotoxines, des métaux lourds et des médicaments vétérinaires .....	18
I.3.1- Définition.....	18
I.3.2- Trajet suivi par les résidus dans l'organisme humain : la toxicocinétique.....	18
I.4- Mesure de biosécurité et évaluation des risques.....	26
I.4.1- Mesure de biosécurité.....	26
I.4.2- Evaluation du risque .....	30
I.5- Contrôle sanitaire du poulet et des œufs.....	33

I.5.1- Statistique mondiale de contamination du poulet et des œufs.....	33
I.5.2- Importance du contrôle sanitaire des aliments et situation institutionnelle au Cameroun .....	34
I.6- Limites des données de la littérature .....	36
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	38
II.1- Caractéristiques des régions d'étude .....	39
II.2- Présentation du matériel biologique .....	40
II.3- Enquêtes auprès des fermes et des ménages .....	40
II.3.1- Evaluation des pratiques avicoles et du niveau d'implémentation des mesures de biosécurité .....	40
II.3.1- Enquêtes auprès des fermiers .....	40
II.3.1.4.2- Détermination du score de biosécurité et du niveau de risque de chaque ferme visitée .....	43
II.3.2- Enquêtes de consommation auprès de quelques ménages .....	43
II.3.2.4- Estimation des quantités de poulets et d'œufs consommées.....	45
II.4- Estimation du niveau de contamination .....	45
II.4.1- Matériel biologique .....	45
II.3.2- Prélèvement des différents échantillons constituant le matériel biologique.....	46
II.3.3- Traitement des échantillons d'aliments, poulets de chair et œufs.....	47
II.4- Analyses des différents échantillons .....	48
II.4.1- Screening des résidus d'antimicrobiens dans les différents échantillons.....	48
II.4.2- Dosage de l'aflatoxine totale, de l'aflatoxine B <sub>1</sub> et de l'ochratoxine A dans les échantillons d'aliments, de tissus et d'œufs de poulets.....	50
II.5- Evaluation du risque sanitaire .....	54
II.6- Quantification des métaux lourds et estimation du risque associé.....	56
II.6.1- Quantification des métaux lourds dans les aliments, de tissus et œufs de poulets.....	56
II.6.2- Evaluation du risque sanitaire associé aux métaux lourds .....	58
II.7- Analyses statistiques .....	61
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION .....	62
III.1- Pratiques avicoles et mesures de biosécurité dans les fermes.....	62
III.1.1- Pratiques avicoles.....	62
III.1.1.1- Caractéristiques générales des fermiers et des fermes visitées .....	62
III.1.1.2- Pratiques d'utilisation des médicaments vétérinaires .....	63
III.1.2- Implémentation des mesures de biosécurité dans les 90 fermes enquêtées .....	67

III.1.3- Résidus de quelques classes d'antibiotiques dans les aliments, les tissus et les œufs de poulets .....	70
III.2- Teneurs en mycotoxines des aliments, des tissus et des œufs et exposition alimentaire associée.....	73
III.2.1- Teneurs en aflatoxines totales, en aflatoxine B <sub>1</sub> et en ochratoxine A.....	73
III.2.2- Exposition alimentaire aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	80
III.2.3- Exposition en lien avec la consommation des œufs.....	86
III.2.4- Exposition alimentaire journalière globale .....	94
III.2.5- Exposition alimentaire journalière aiguë .....	95
III.2.6- Exposition alimentaire journalière chronique .....	98
III.2.7- Conclusion partielle .....	100
III.3- Teneurs en métaux lourds des aliments, des tissus, des œufs et exposition alimentaire associée.....	100
III.3.1-Teneurs en métaux lourds des aliments, des tissus et des œufs .....	100
III.3.2- Exposition alimentaire réelle aux métaux lourds.....	105
CONCLUSION GENERALE .....	117
RECOMMANDATIONS.....	118
PERSPECTIVES.....	118
REFERENCES.....	119
ANNEXES .....	a
PUBLICATIONS	

## RESUME

Le poulet et les œufs peuvent être contaminés par les résidus de médicaments vétérinaires, les mycotoxines et les métaux lourds, reconnus pour leurs effets néfastes sur la santé humaine. La connaissance des niveaux d'exposition à ces contaminants servirait à prendre des mesures pour protéger le consommateur et promouvoir les bonnes pratiques en aviculture. L'objectif général de ce travail est d'évaluer le risque sanitaire lié à la consommation du poulet et des œufs issus de l'aviculture des régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest Cameroun. De ce fait, deux enquêtes ont été effectuées : l'une auprès de 90 fermes avicoles sur les pratiques avicoles et les mesures de biosécurité et l'autre auprès de 900 ménages sur la consommation du poulet et des œufs. Quinze (15) kilogrammes d'aliment, 48 poulets de chair et 180 œufs de pondeuses ont été collectés dans les fermes avicoles et prétraités. Les échantillons composites (aliments, chair, foie, gésier et œufs) constitués ont fait l'objet du screening des résidus d'antimicrobiens et du dosage d'aflatoxines totales (AFT), d'aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) et d'ochratoxine A (OTA) par des méthodes immunologiques, et du dosage des métaux lourds (plomb, nickel, arsenic, zinc, cuivre, cadmium, chrome et mercure) par spectrométrie à plasma à couplage inductif (ICP-OES). Les données de l'enquête de consommation ont été croisées avec celles du dosage afin d'évaluer le risque sanitaire à travers l'exposition alimentaire, la marge d'exposition, l'indice de risque et les risques non carcinogène et carcinogène. Les pratiques avicoles et les mesures de biosécurité ne sont pas bien implémentés par les fermiers. Les teneurs moyennes en AFB<sub>1</sub> dans les aliments du Centre ne sont pas conformes à la norme (10µg/kg) autorisée par la FAO/OMS la Commission de l'Union Européenne dans les aliments de volailles. Les gésiers du Centre et du Littoral ont présentés des teneurs en AFB<sub>1</sub> supérieures à 2µg/kg qui est la limite autorisée pour l'AFB<sub>1</sub> dans les aliments. L'exposition alimentaire journalière (EAJ) à l'AFB<sub>1</sub> est plus importante avec des marges d'exposition inférieures à 10000. Les métaux lourds ont présenté pour la plupart, des valeurs en dessous des limites maximales recommandées par l'USEPA. L'EAJ à ces métaux est plus importante chez les enfants et les adolescents avec des valeurs d'indice de risque sanitaire et du risque incrémental de cancer à vie supérieures aux valeurs recommandées (1 et 10<sup>-4</sup> respectivement). Les résultats obtenus suggèrent la présence d'un risque sanitaire réel lié à la consommation du poulet et d'œufs issus de l'aviculture des régions du Centre, Littoral et Ouest Cameroun.

Mots clés : mesure de biosécurité, métaux lourds, mycotoxines, œufs, poulets, pratique avicole, risque sanitaire réel

## ABSTRACT

Chicken and eggs from breeding can be contaminated by chemical contaminants such as residues of veterinary drugs, mycotoxins and trace elements known as having adverse effects on human health. Knowledge of exposure levels for consumers to these contaminants would be used to take measures to protect the consumers and promote good practices in modern poultry farming. The general objective of this work was to assess the level of exposition of the consumers of chicken and eggs from the main production regions. As a result, a survey and a screening of antibiotic residues were carried out in order to assess the sanitary risk linked to the consumption of chicken and eggs from poultry farming in the regions of the Centre, Littoral and West Cameroon. Therefore, two surveys were carried out: one on 90 poultry farms on farming practices and biosecurity measures and the other with 900 households on the consumption of chicken and eggs. Fifteen (15) kilograms of feed, 48 broilers and 180 laying eggs were collected from poultry farms and pretreated. The composite samples (feed, muscle, liver, gizzard and eggs) were screened for antimicrobial residues and assayed for total aflatoxins (AFT), aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) and ochratoxin A (OTA) by immunological methods, and the quantification of heavy metals (lead, nickel, arsenic, zinc, copper, cadmium, chromium and mercury) by inductive coupled plasma spectrometry (ICP- OES). The data from consumer survey were crossed with those from the dosage of mycotoxins and heavy metals in order to assess the health risk with indicators: food exposure, margin of exposure, risk index and non-carcinogenic and carcinogenic risks. Results show that farming practices and biosecurity measures are not well implemented in study areas. Feed samples from the Centre region were not complied with the standard (10µg/kg) authorized by the FAO/WHO and the European Union Commission in poultry feed for AFB<sub>1</sub>. The gizzards from the Centre and Littoral regions showed AFB<sub>1</sub> levels above 2 µg/kg, which is the authorized limit for AFB<sub>1</sub> in food. The daily dietary exposure (DDE) to AFB<sub>1</sub> is significant due to the margins of exposure below 10000. For heavy metals, the values are mostly below the maximum limits recommended. The DDE to metals is greater for children and adolescents in the three regions for whom the values of the health risk index and of the incremental risk of lifetime cancer are higher than the recommended values (1 and 10<sup>-4</sup> respectively). The results of this study suggest the presence of a real health risk related to the consumption of chicken and eggs from poultry farming in the Centre, Littoral and West regions of Cameroon.

Key words: eggs, biosecurity measure, heavy metals, poultry practices, mycotoxins, real health risk



## LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ADN :	Acide Désoxyribonucléique
AFM1 :	Aflatoxine M <sub>1</sub>
AFSSA:	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AOAC:	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
BMDL10 :	<i>Bench Mark Dose Level 10%</i>
CAC :	<i>Codex Alimentarius Commission</i>
CCM:	Chromatographie sur Couche Mince
CEE :	Commission Economique Européenne
CIA:	<i>Central Intelligence Agency</i>
CLHP :	Chromatographie Liquide Haute Performance
<i>cpm:</i>	<i>count per minute</i>
CRASAN :	Centre de Recherches en Alimentation et Nutrition
CSST :	Comité de Sécurité et de Santé au travail
EC :	<i>European Commission</i>
EFSA:	<i>European Food Safety Agency</i>
EIA:	<i>Energy Information Administration</i>
ELISA:	<i>Enzyme-Linked-Immuno Sorbent-Assay</i>
EMA:	<i>European Medicines Agency</i>
EMH :	<i>Efficient-market Hypothesis</i>
FAO:	<i>Food and Agricultural Organization</i>
FDA :	<i>Food and Drug administration</i>
LC :	<i>LiquidChromatography</i>
LMR:	Limite Maximale de Résidu
MFO:	<i>Mixed Function Oxydase</i>
MRL:	<i>Maximum Residue Limits</i>
MS:	<i>Mass Spectrometry</i>
NADPH:	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate
OMC	Organisation Mondiale du Commerce
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
RIA:	<i>Radio-Immuno-Assay</i>
SB :	Score de biosécurité
SPSS:	<i>Statistical Package for the Social Science</i>

UDP: Uridine 5'- diphosphate  
UDPGA: Uridine 5'- diphosphoglucuronic acid  
*USAID: United States Agency for International Development*  
*USEPA: United States Environmental Protection Agency*  
*USFDA: United States Food and Drug Administration*

## LISTE DES FIGURES

Figure I : Structures chimiques aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> ) et de l'ochratoxine A (OTA).....	9
Figure II: Différentes voies de la bio-synthèse des mycotoxines (Aldridge et Turner, 1983 ; Alban, 2016) .....	10
Figure III : Etapes de transformation des xenobiotiques dans l'organisme (María Constanza Lozano et Mary Trujillo, 2012) .....	18
Figure IV: Différents mécanismes de transport transmembranaires (Jaspard, 2012) .....	20
Figure VI: Les étapes de l'évaluation des risques (Bonvallet et Dor, 2002) .....	30
Figure X: Schéma synoptique du travail .....	38
Figure XI : Carte du Cameroun présentant les trois régions d'étude .....	39
Figure VIII: Marges d'exposition des enfants aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet .....	81
Figure IX: Marge d'exposition des adolescents aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet .....	83
Figure X: Marge d'exposition des adultes aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet .....	84
Figure XI: Marge d'exposition des personnes âgées aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet.....	86
Figure XII: Marge d'exposition des enfants aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs.....	88
Figure XIII: Marge d'exposition des adolescents aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs.....	89
Figure XIV: Marges d'exposition associées à la consommation des œufs contenant des mycotoxines par les adultes .....	91
Figure XV: Marges d'exposition associées à la consommation des œufs contenant des mycotoxines par les personnes âgées .....	92
Figure XVI: Exposition alimentaire journalière aigüe des enfants aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs .....	95
Figure XVII: Exposition alimentaire journalière aigüe des adolescents aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs.....	96
Figure XVIII: Exposition alimentaire journalière aigüe des adultes aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs .....	97

Figure XIX : Exposition alimentaire journalière aigüe des personnes âgées aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs.....	98
Figure XX: Indice de risque sanitaire des enfants en lien avec la consommation du poulet et des œufs.....	111

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques des quatre systèmes de production aviaire au Cameroun (Teleu et Ngatchou, 2006).....	7
Tableau 2: Mycotoxines et moisissures productrices associées retrouvées en alimentation humaine et/ou animale (Austwick, 1978) .....	9
Tableau 3: Effets des principales mycotoxines et mécanismes d'action identifiés (Awuchi <i>et al.</i> , 2022) .....	11
Tableau 4: Teneurs maximales réglementées ou recommandées en mycotoxines dans les aliments pour volailles (FDA, 2000 ; CE, 2010). .....	12
Tableau 5: Valeurs permmissibles ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) de quelques métaux lourds (OMS, 2011) .....	13
Tableau 6: Structures d'antibiotiques, classes et modes d'action (Stegemann <i>et al.</i> , 2006)....	14
Tableau 7: Quelques anticoccidiens, leurs mécanismes d'action et leurs différentes classes..	15
Tableau 8: Quelques classes d'anthelminthiques et leurs mécanismes d'action .....	16
Tableau 9 : Critères utilisés pour attribuer des scores aux niveaux de risque.....	43
Tableau 10: Standards et volumes des différents solutions d'étalons utilisées lors de la dosage des métaux.....	57
Tableau 11: Longueurs d'ondes utilisées lors de la détermination des métaux lourds .....	57
Tableau 12: Valeurs des doses de références orales et ingestion du facteur de pente du cancer des métaux lourds (USEPA, 2010) (mg/kg/jour).....	60
Tableau 13: Paramètres de détermination du risque sanitaire (selon la méthode décrite par Rehman <i>et al.</i> , 2016).....	61
Tableau 14: Caractéristiques générales des fermiers et des fermes visitées .....	62
Tableau 15: Différentes classes de médicaments vétérinaires (MVs) utilisées dans les 90 fermes visitées.....	64
Tableau 16: Usage quantitative des antimicrobiens dans les 90 fermes visitées .....	66
Tableau 17: Indicateurs d'évènements dans les fermes et réponses positives aux mesures de biosécurité .....	68
Tableau 18 : Influence du score de biosécurité par les maladies infectieuses et le nombre de poulet dans les 90 fermes visitées .....	69
Tableau 19 : Résultats du screening des résidus d'antibiotiques .....	70
Tableau 20 : Résultats du screening des résidus d'antibiotiques .....	71
Tableau 21 : Teneurs ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en aflatoxines totales, aflatoxine B <sub>1</sub> et ochratoxine A des aliments de poulets des fermes des trois régions .....	74

Tableau 22: Teneurs en aflatoxines totales, aflatoxine B <sub>1</sub> et ochratoxine A des tissus (chair, foie et gésier) de poulet de chair .....	75
Tableau 23: Teneurs en aflatoxines totales, aflatoxine B <sub>1</sub> et ochratoxine A dans les œufs de pondeuses collectés dans les différentes régions .....	76
Tableau 24: Caractéristiques sociales des ménages (N=900) et données de fréquence de consommation des poulets et des œufs .....	77
Tableau 25 : Quantités estimatives (g/jour) de poulet de chair consommées par chaque individu des différents groupes de consommateurs .....	78
Tableau 26 : Quantités estimatives d'œufs (g/jour) consommées par chaque individu des différents groupes de consommateurs.....	79
Tableau 27: Exposition alimentaire journalière moyenne des enfants aux mycotoxines .....	80
Tableau 28 : Exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents.....	82
Tableau 29 : Exposition alimentaire journalière moyenne des adultes.....	84
Tableau 30: Exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées .....	85
Tableau 31: Exposition alimentaire journalière moyenne des enfants aux mycotoxines .....	87
Tableau 32: Exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents aux mycotoxines..	89
Tableau 33: Exposition alimentaire journalière moyenne des adultes aux mycotoxines.....	90
Tableau 34: Exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées aux mycotoxines .....	92
Tableau 35 : Exposition alimentaire journalière globale des différents consommateurs.....	94
Tableau 36: Exposition alimentaire journalière chronique aux mycotoxines des différents consommateurs.....	99
Tableau 37: Teneurs moyennes en métaux lourds des aliments de poulets collectés dans les régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest.....	102
Tableau 38: Teneurs moyennes en métaux lourds de la chair, du foie et du gésier de poulets provenant de quelques fermes avicoles du Centre, du Littoral et de l'Ouest.....	103
Tableau 39 : Teneurs en métaux lourds des œufs de pondeuses issus de quelques fermes avicoles de pondeuses des régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest.....	104
Tableau 40: Teneurs moyennes des différents métaux lourds utilisées pour l'évaluation de l'exposition alimentaire.....	105
Tableau 41: Exposition alimentaire journalière moyenne des enfants aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	106
Tableau 42: Exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	107

Tableau 43: Exposition alimentaire journalière moyenne des adultes aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	108
Tableau 44 : Exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	109
Tableau 45: Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des enfants en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	112
Tableau 46 : Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des adolescents en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	113
Tableau 47: Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des adultes .....	114
Tableau 48 : Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des personnes âgées en lien avec la consommation du poulet et des œufs .....	115



## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Autorisation du Délégué Régional du Ministère de l’Elevage, des Pêches et des Industries Animales.....	<i>a</i>
Annexe 2: Fiche d’enquête auprès des fermes.....	<i>b</i>
Annexe 3: Autorisation du Gouverneur de la Région du Centre .....	<i>j</i>
Annexe 4: Fiche d’enquête de consommation .....	<i>l</i>
Annexe 5: Aliments locaux de poulet .....	<i>p</i>
Annexe 6: Muscle, foie et gésier de poulet de chair .....	<i>p</i>
Annexe 7: Œufs de pondeuse.....	<i>q</i>
Annexe 8: Quantités estimatives de poulet et œufs consommés (97,5 percentiles) (g/jour) .....	<i>r</i>
Annexe 9: Quotient du danger cible des enfants en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds.....	<i>s</i>
Annexe 10: Quotient du danger cible des adolescents en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds.....	<i>t</i>
Annexe 11: Quotient du danger cible des adultes en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds.....	<i>u</i>
Annexe 12: Quotient du danger cible des personnes âgées en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds.....	<i>v</i>
Annexe 13: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque incrémental de cancer à vie des enfants .....	<i>w</i>
Annexe 14: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque incrémental de cancer à vie des adolescents .....	<i>x</i>
Annexe 15: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque incrémental de cancer à vie des adultes .....	<i>y</i>
Annexe 16: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque incrémental de cancer à vie des personnes âgées.....	<i>z</i>

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION

Les produits de l'aviculture comme le poulet et les œufs sont d'importantes sources de nutriments pour la nutrition humaine dont la demande ne cesse de croître (FAO, 2013 ; Iannotti *et al.*, 2014). La nécessité de satisfaire cette demande et le besoin de maintenir une alimentation saine et équilibrée, font du secteur avicole une importante industrie à travers le monde (Yilmaz *et al.*, 2013). L'une des raisons étant que l'élevage du poulet est facile et moins cher par comparaison aux autres volailles et animaux comme le porc. De plus l'interdiction de certaines viandes comme le porc chez les musulmans et le coût élevé des viandes rouges comme celle de bœuf et d'agneau font que les consommateurs se tournent vers le poulet (Paryad et Mahmoudi, 2008). La consommation du poulet et d'œufs se trouverait donc en constante augmentation au même rythme que la population humaine. En 2019, la production mondiale de poulet était estimée à 130 millions de tonnes représentant ainsi une augmentation de 3,7% par rapport à 2018 (Poultry World, 2020). Les quantités de poulets et d'œufs consommées sont aussi en nette augmentation et varient d'un continent à un autre, d'un pays à un autre et d'une région d'un pays à une autre. Au Cameroun, le secteur avicole est également en plein essor à cause d'une demande de poulets et d'œufs de plus en plus importante (Teleu et Ngatchou, 2006 ; Guetiya *et al.*, 2016). Cette forte demande se caractérise par une consommation de poulet et d'œufs par individu qui est passée de 2,2 à 5,6 kg de poulet/an et de 16 à 52 œufs/ an de 2006 à 2016 (Heike, 2018). Cependant, ce secteur fait face à de nombreuses maladies (diarrhées blanche et verte, coccidiose, toux) d'origine microbienne qui seraient responsables d'une importante perte de poulets (Godam *et al.*, 2016 ; Guetiya *et al.*, 2016). Pour lutter contre ces maladies afin de satisfaire la demande et booster la production, les fermiers ou aviculteurs utilisent les médicaments vétérinaires (Guetiya *et al.*, 2016). Malheureusement, ces médicaments vétérinaires notamment les antimicrobiens sont le plus souvent mal utilisés (Godam *et al.*, 2016) et finissent par se retrouver sous forme de résidus dans les tissus et les œufs de poulets destinés à la consommation humaine (Guetiya *et al.*, 2016). La présence des résidus d'antimicrobiens dans les tissus et les œufs de poulets consommés par l'être humain peut être responsable des effets négatifs toxiques comme les allergies et le cancer du foie, raison pour laquelle les limites maximales de résidus ont été établies (CAC/MRL, 2015). La mauvaise utilisation des antimicrobiens dans l'élevage des animaux peut être aussi à l'origine des germes résistants qui peuvent se retrouver chez l'être humain à travers un contact direct, la consommation des denrées issues de ces animaux, ou indirectement à travers les voies environnementales (Marshal et Levy, 2011 in : Godam *et al.*, 2016). Des études antérieures réalisées au Cameroun ont rapporté l'usage abusif des médicaments vétérinaires en aviculture et la détection de leurs

---

résidus dans les tissus et les œufs de poulets (Godam *et al.*, 2016 ; Guetiya *et al.*, 2016). La réussite d'un élevage de poulets tout comme celui des autres animaux dépend aussi de la qualité et de la quantité des aliments destinés à la consommation des animaux (Akinmusire *et al.*, 2018). Ces aliments de poulets peuvent malheureusement être contaminés par les mycotoxines et les métaux lourds (Hameed *et al.*, 2013 ; Akinmusire *et al.*, 2018). En effet, les intrants de la composition des aliments sont des substrats ou des milieux importants dans lesquels les moisissures se développent et sécrètent les toxines comme les aflatoxines et l'ochratoxine qui pourraient de par leur thermostabilité se retrouver dans les tissus et les œufs destinés à la consommation humaine (Raters et Matissek, 2008 ; Akinmusire *et al.*, 2018). Des études antérieures menées au Cameroun ont rapporté une contamination des aliments de poulets ainsi que d'œufs de pondeuses par les mycotoxines (Tchana *et al.*, 2010 ; Abia *et al.*, 2013). Pour obtenir des quantités importantes d'aliments, les intrants comme le maïs, le soja et l'arachide doivent être produits en grandes quantités et ceci nécessite l'usage des pesticides et des engrais dans l'agriculture (Bindu *et al.*, 2016). Les pesticides et les engrais après dégradation pourraient se retrouver par bioaccumulation, sous formes de résidus de métaux lourds non seulement dans l'environnement mais aussi dans les produits issus de l'agriculture (maïs, soja, arachide). Ces résidus de métaux lourds contenus pourraient se retrouver dans l'aliment final de poulet, en plus des autres métaux qui sont ajoutés volontairement (Hameed *et al.*, 2013). Les résidus de métaux lourds présents dans l'aliment de poulets pourraient aussi se retrouver dans les tissus et les œufs de poulets consommés par l'Homme (Hameed *et al.*, 2013). Des études antérieures ont rapporté la présence du cadmium dans ces matrices (viande de poulet et œufs) alimentaires (Gimou *et al.*, 2014). L'Homme serait donc exposé aux toxines, aux résidus de métaux lourds et d'antimicrobiens qui sont reconnus avoir un impact négatif sur la santé humaine (Goetting *et al.*, 2011 ; Bindu *et al.*, 2016 ; Hamid *et al.*, 2017 ; Akinmusire *et al.*, 2018). Cet impact négatif se traduit par la toxicité aiguë comme les allergies (Baynes *et al.*, 2016), la toxicité chronique comme le cancer et la génotoxicité (IARC, 1993 ; Baynes *et al.*, 2016) et l'altération de l'activité de certaines enzymes comme l'acide  $\delta$ -aminolevulinatase qui catalyse la synthèse du porphobilinogène à travers la condensation asymétrique de deux molécules d'acide aminolevulinique (Goering, 1993 in : Baynes *et al.*, 2016). Le Cameroun est subdivisé en dix régions ; les régions du Centre, du Littoral, et de l'Ouest sont situées dans les grands bassins d'aviculture et font partie aussi d'importantes zones de consommation du poulet et des œufs (Teleu et Ngatchou, 2006). La connaissance du niveau de contamination de la viande de poulet et des œufs consommés par les habitants de ces trois régions devrait permettre de fournir les informations sur le risque auquel ceux-ci font face. Cependant, les données d'exposition

---

alimentaire à ces contaminants sont peu disponibles à ce jour au Cameroun comme dans beaucoup d'autres pays en voie de développement. De plus, au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, de nombreuses menaces pour la santé mondiale sont déjà apparues liées aux maladies infectieuses zoonotiques et ré-émergentes comme la grippe aviaire, au changement climatique et à la durabilité environnementale. Ces menaces pour la santé sont complexes et ne peuvent être traitées de manière adéquate par une discipline individuelle agissant seule. Une stratégie globale et une collaboration transdisciplinaire sur tous les aspects de la santé des personnes, des animaux et de l'environnement sont donc nécessaires : c'est l'approche « *One Health* » (EFSA, 2021). C'est dans ce contexte d'une approche *One Health* que se situe la présente étude. Il s'agit d'une approche de conception et de mise en œuvre de programmes, de politiques, de législation et de recherche dans laquelle plusieurs secteurs communiquent et travaillent ensemble pour obtenir de meilleurs résultats en matière de santé publique (WHO, 2017).

### **HYPOTHESE**

Les pratiques avicoles dans les régions du Centre, Littoral et Ouest Cameroun favorisent l'accumulation des contaminants dans le poulet et les œufs avec pour conséquence un risque sanitaire réel pour les consommateurs.

### **OBJECTIF GENERAL**

Evaluer le risque sanitaire réel lié à la consommation du poulet et des œufs issus de l'aviculture des régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest Cameroun.

### **OBJECTIFS SPECIFIQUES**

Il s'est agit d (e) :

- Identifier les pratiques à risque dans quelques fermes avicoles des régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest sur la base des pratiques avicoles et des mesures de biosécurité appliquées;
- Déterminer les niveaux de contamination des aliments, tissus et œufs de poulets par les mycotoxines (aflatoxines totales, aflatoxine B<sub>1</sub> et ochratoxine A) et le risque associé à l'exposition ;
- Déterminer les niveaux de contamination des aliments, tissus et œufs de poulet par les métaux lourds (As, Cr, Cd, Ni, Pb et Hg) et le risque d'exposition associé.

# CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

---

## CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

### I.1- Généralités sur l'aviculture

#### I.1.1- Définition et origine de l'aviculture

L'aviculture désigne l'élevage d'oiseaux ou de volaille. Elle a pour origine la capture de jeunes oiseaux des nids et leur nutrition avec pour but leur consommation une fois devenus adultes (Storey *et al.*, 2007 ; Thomson *et al.* , 2014). L'élevage aviaire actuel résulterait d'un long processus de domestication qui se serait fait au fil du temps (Smith et Daniel, 2000).

#### I.1.2- Domestication

Les poulets représentent de nos jours plus de 66 milliards de têtes. Ils Appartiennent à l'ordre des galliformes, à la famille des Phasianidés et au genre *Gallus* (Mwacharo *et al.*, 2013). Ils sont originaires d'une partie de l'Inde et d'une partie de l'Asie du Sud-Est (Dawkins, 1989). La domestication a commencé en Chine et en Inde et s'est répandue dans la région méditerranéenne (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 2000 ; Smith et Daniel, 2000). Le processus de domestication ayant conduit à des changements basiques dans le comportement, la physiologie et la production des oiseaux s'est fait par des programmes d'élevages intensifs et de sélections (Al-Nasser *et al.*, 2006). Limité à l'origine à la famille et au voisinage, l'élevage domestique de poulet va prendre un envol important à partir de 1920 grâce à l'importance que présente la viande de poulet et les œufs. Cet envol va conduire à une orientation des élevages de poulets soit vers la production de viande, soit vers la production d'œufs. Cette orientation va conduire à une différenciation et à une sélection qui vont aboutir à l'obtention des poulets de chair et leurs parentaux d'une part et des pondeuses et leurs parentaux d'autre part (Eriksson *et al.*, 2008 ; Elson, 2011).

#### I.1.3- Importance de la domestication des poulets et ressources génétiques aviaires disponibles

La domestication des poulets a pour importance principale la vulgarisation et l'augmentation de la production de la viande de poulet et des œufs (Eriksson *et al.*, 2008 ; Elson, 2011). Elle a également favorisé le développement d'autres secteurs comme ceux des engrais et des actifs renouvelables (Sonaiya et Swan, 2004).

Les poulets disponibles actuellement peuvent être classés en deux grands groupes : les poulets exotiques (venus d'ailleurs) qui sont plus valorisés dans le secteur de l'élevage moderne en raison de leur rendement important et de leur cycle de vie court et les poulets indigènes



---

(locaux) (Haftu, 2016). A côté de ces deux grands groupes, il existe des poulets hybrides, résultants de divers croisements ayant abouti à une liste exhaustive des ressources génétiques aviaires disponibles. Les souches de poulets importées de race améliorée sont *hybro lourde*, *Jupiter chair*, *Hybro P 2000*, *Derrick 109*, *Hubard chair*, et *Rhode Island* (FAO, 2008 ; Haftu, 2016). Actuellement dans l'élevage moderne, les ressources aviaires disponibles sont connues sous l'appellation de parentaux pondeuses, parentaux chairs, coquelets, poulets de chairs et poulets pondeuses (Teleu et Ngatchou, 2006). Les ressources aviaires locales ou indigènes disponibles sont : le poulet au cou nu, le poulet à plumage rouge et le poulet à plumage blanc, le poulet Brahman ou « *poulet pantalon* » en raison du plumage qui couvre les pattes, les canards d'élevage qui sont de race locale (barbari), les pigeons et les pintades (francolin) de race locale, les oies et les cailles importées et de races locales (FAO, 2008).

#### **I.1.4- Systèmes d'élevage dans la filière avicole au Cameroun**

L'analyse fonctionnelle de la filière révèle deux sous-ensembles qui opèrent en parallèle : moderne et traditionnel. Le volet moderne regroupe l'élevage industriel et semi-industriel caractérisé par la présence de quelques regroupements de fonctions majeures au niveau de certains agents, faisant ainsi place à des oligopoles (approvisionnement en matériel génétique et intrants divers). Le volet traditionnel quant à lui, demeure peu suivi, exposé aux fléaux basiques et prédominant au Cameroun (Teleu et Ngatchou, 2006 ; MINEPIA, 2010).

##### **✓ Elevage industriel**

Sont concernés par cet élevage : les accoueurs, les grands producteurs de poulets de chair et d'œufs. Ils utilisent des bâtiments où les normes zootechniques de production sont maîtrisées et les conditions de biosécurité assurées. Les opérateurs de ce système disposent d'un vétérinaire conseil chargé du suivi des activités et un programme de prophylaxie sanitaire et médicale rigoureusement appliqué. De ces faits les rendements obtenus tendent vers ceux des pays industrialisés (Maduka *et al.*, 2016).

##### **✓ Elevage semi-industriel**

Ce système comprend les élevages de faible effectif détenus par des petits éleveurs qui ravitaillent à plus de 70% le marché de poulets de chair. Les conditions de biosécurité n'y sont guère suffisantes puisque les éleveurs de cette catégorie ne font appel aux vétérinaires qu'en cas de fortes mortalités et fabriquent pour la plupart eux-mêmes leurs aliments pour volailles. Ce système est très vulnérable aux infections qui sont la signature d'une hygiène approximative. Le programme de prophylaxie sanitaire et médicale proposé par les encadreurs du secteur public ou privé est plus ou moins respecté (Teleu et Ngatchou, 2006 ; Maduka *et al.*, 2016).

---

## ✓ **Elevage traditionnel**

L'élevage traditionnel est la forme la plus ancienne qui occuperait la majeure partie du secteur avicole avec un effectif estimé à 25.000.000 de volailles. En milieu rural et en zone périurbaine, les volailles en divagation le plus souvent et s'alimentent en recherchant elles-mêmes leur nourriture dans le milieu naturel. Ceci entraîne une faible productivité en terme de viande et d'œufs (Teleu et Ngatchou, 2006 ; Haftu, 2016). Contrairement à l'élevage moderne, dans l'élevage traditionnel les espèces de volailles sont indigènes, bien adaptées par rapport à leur environnement, capables de résister aux mauvaises conditions causées par les infections et au manque de nourriture.

### **I.1.5- Produits de l'aviculture**

Les données sur la production du poulet et des œufs par région au Cameroun ne sont pas disponibles. Cependant, en 2018 la production avicole représentait 42% de la production de viande au Cameroun (Heike, 2018).

#### **I.1.5.1- Viande de poulet**

La viande de poulet est une source importante de protéines de bonne qualité, de vitamines et de minéraux importants (FAO, 2013). Elle contient aussi une teneur élevée en acides gras polyinsaturés essentiels comme les oméga-3 qui sont facilement digérés et efficacement absorbés (Bordoni et Danesi, 2017).

#### **I.1.5.2- Œufs**

Les œufs de poulets sont un aliment fonctionnel cosmopolite, incorporés dans de nombreux mets africain, chinois, japonais, européen et américain. Il s'agit d'un aliment polyvalent et sain, ayant un équilibre en éléments nutritifs essentiels pour la vie et la croissance (Iannotti *et al.*, 2014). Ils sont une source importante de protéines de bonne qualité (Fraeave *et al.*, 2012), d'acides gras polyinsaturés (Fraeave *et al.*, 2012 ; Abdou *et al.*, 2013), de vitamines, de nombreux minéraux et du cholestérol (Brown et Schrader, 1990 ; Shin *et al.*, 2013). Le Tableau 1 présente les différents systèmes de production et certaines de leurs caractéristiques. Il ressort de ce tableau que le système industriel nécessite de gros moyens et un suivi de qualité, tandis que le système « villageois » ne nécessite pas de gros moyens et le suivi est faible.

**Tableau 1:** Caractéristiques des quatre systèmes de production aviaire au Cameroun (Teleu et Ngatchou, 2006)

Caractéristiques	Systèmes			
	Industriel et intégré	Production aviaire commerciale	Villageois ou de basse-cour	
	Système 1	Système 2	Système 3	Système 4
Biosécurité	Elevé	Moyen	Faible	Faible
Destination des produits avicoles	Exportation (œufs) urbaine (œufs et chair)	Urbaine et périurbaine	Urbaine et périurbaine	Rurale et Urbaine
Importance des intrants	Elevée	Moyen	Faible	Faible
Importance de la qualité des voies de communication	Moyen	Moyen	Moyen	Faible
Implantation	En périphérie des grandes villes	En périphérie des grandes villes	Villes moyennes ou zones rurales	Partout, essentiellement dans les zones rurales éloignées ou enclavées
Mode d'élevage	Enfermé	Enfermé	Enfermé et semi divagation	Essentiellement en divagation
Bâtiment	Fermé	Fermé	Fermé/ouvert	ouvert
Contact avec d'autres poulets	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Contact avec les canards	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Contact avec d'autres volailles domestiques	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Contact avec la faune	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Soins et conseils vétérinaires	Internes	Externes	Externes ou inexistantes	inexistants
Approvisionnement en vaccins	Marché (libéral)	Marché (libéral)	Marché (libéral)	Néant
Source d'information à caractère technique	Multinationales nationales spécialisées	Vendeurs d'intrants	Vendeurs d'intrants	Services de vulgarisation
Financement	Banques/fonds propres	Micro-finance et circuit informel	Circuit informel	Néant
Race	Améliorée	Améliorée	Améliorée	Rustique et hybride
Niveau de sécurité alimentaire des producteurs	Elevé	Bonne	Bonne	Bonne ou faible

---

## **I.1.6- Contraintes de la filière avicole au Cameroun**

Le Cameroun est un grand pays d'élevage du fait d'une grande diversité de ses zones agro-écologiques qui vont du sahel dans la partie septentrionale du pays à la forêt tropicale au sud. La filière avicole bien qu'ayant été introduite depuis plusieurs décennies a peu évolué et reste un secteur fragile en raison des nombreuses contraintes ou difficultés à savoir (FAO, 2008 ; Conan *et al.*, 2012) : les contraintes sanitaires, les contraintes liées à la conduite des animaux, les contraintes organisationnelles et managériales, les contraintes de financement et les contraintes liées au cadre global de la production et à l'environnement des affaires dans le secteur.

## **I.2- Contaminants des aliments : mycotoxines et métaux lourds**

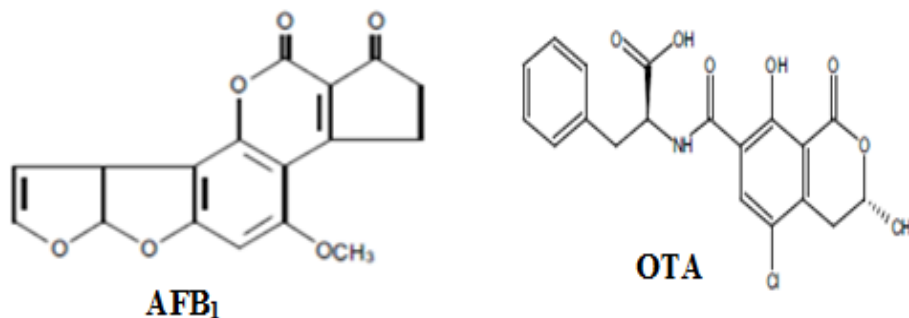
### **I.2.1- Mycotoxines dans l'aliment**

#### **I.2.1.1- Définition et classification**

Les mycotoxines sont des métabolites toxiques biologiquement actifs produits par des champignons toxigéniques, appartenant principalement aux espèces *Aspergillus*, *Fusarium* et *Penicillium*, qui envahissent les cultures dans le champ et peuvent se développer sur les aliments pendant le stockage sous des conditions favorables de température et d'humidité (Shamsudeen *et al.*, 2013). Chez les volailles, les toxines les plus importantes et communes sont les aflatoxines (AF), les citrinines (CIT), les fumonisines (F), les ochratoxines (OT) et les tricothécènes (Patil *et al.*, 2014). Les mycotoxines peuvent être classées en fonction de l'organe cible (hepatoxines, néphrotoxines, neurotoxines, immun toxines etc.) et en groupe générique (tératogènes, mutagènes, carcinogènes et allergènes) (Bennett et Klich, 2003).

#### **I.2.1.2- Origine des mycotoxines dans l'élevage moderne de poulets**

Les mycotoxines dans l'élevage de poulets proviennent principalement des aliments qui sont des substrats importants pour la croissance des moisissures sécrétrices de toxines (Zinedine et Manes, 2009 ; Adetunji *et al.*, 2014). Le Tableau 2 présente quelques mycotoxines retrouvées dans l'alimentation humaine et/ou animale et les principales moisissures qui les produisent (Austwick, 1978). La Figure I représente les structures chimiques de l'aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) et de l'ochratoxine A (OTA).



**Figure I :** Structures chimiques aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) et de l'ochratoxine A (OTA)

**Tableau 2:** Mycotoxines et moisissures productrices associées retrouvées en alimentation humaine et/ou animale (Austwick, 1978)

Mycotoxines	Principales moisissures productrices
Aflatoxine B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>
Ochratoxine A	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Aspergillus carbonarius</i>
Patuline	<i>Penicillium expansum</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Byssosclamyces nivea</i>
Fumonisine B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i>
Trichothécène (DON)	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. crookwellense</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. tricinctum</i> , <i>F. acuminatum</i>
Zéaralénone	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. crookwellense</i>
Alcaloïdes d'ergot	<i>Claviceps purpurea</i> , <i>C. paspali</i> , <i>C. africana</i>
Citrinine	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>A. caeneus</i> , <i>A. niveus</i> , <i>Penicillium verrucosum</i> , <i>P. citinum</i> , <i>P. expansum</i>
Toxines d' <i>Alternaria</i> ( <i>alternariol</i> , <i>Alternariol méthyl éther</i> ...)	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria solani</i>
Acide cyclopiazonique	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>A. tamarisii</i> , <i>Penicillium</i> dont <i>P. camemberti</i>
Sterigmatocystine	<i>Aspergillus nidulans</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>A. flavus</i>
Sporidesmines	<i>Pithomyces chararrum</i>
Stachybotryotoxines	<i>Stachybotrys chartarum</i>
Toxines d'endophytes ( <i>ergovaline</i> , <i>lolitrème B</i> )	<i>Neotyphodium coenophialum</i> , <i>N. lolii</i>
Phomopsines	<i>Phomopsis leptostromiformis</i>
Toxines trémorgènes	<i>Penicillium roquefortii</i> , <i>P. crustosum</i> , <i>P. puberulum</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. fumigatus</i>

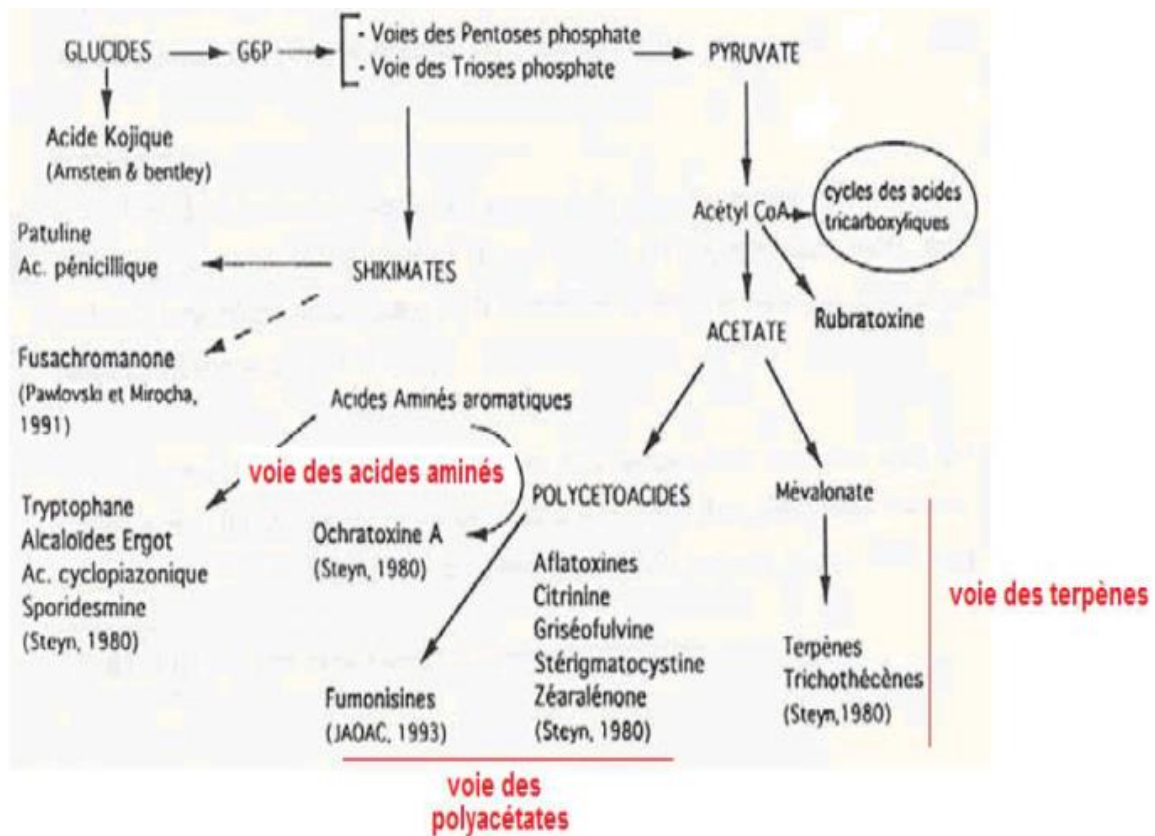
### I.2.1.3- Bio-synthèse des mycotoxines

Les mycotoxines sont synthétisées par trois principales voies (Figure II) (Aldridge et Turner, 1983 ; Alban, 2016) :

- la voie des acides aminés : les alcaloïdes de l'ergot du seigle, l'Acide aspergillique, la Roquefortine, les Sporidesmines, l'Acide cyclopiazonique, la Slaframine, la Tryptoquivaline, la Gliotoxine sont produits par cette voie ;

- la voie des polycétoacides (polyacétates) : les Ochratoxines, les Aflatoxines, la Zéaralénone, la Stérigmatocystine, la Citrinine, la Patuline et les Rubratoxines sont issues de la métabolisation des polycétoacides ;

- La voie des terpènes : la Toxine T2, le Déoxynivalénol, la Fusarénone, les Roridines ou encore les Verrucarines sont des dérivés des terpènes.



**Figure II:** Différentes voies de la bio-synthèse des mycotoxines (Aldridge et Turner, 1983 ; Alban, 2016)

### I.2.1.4- Impacts des mycotoxines dans l'aviculture et sur la santé humaine

Les mycotoxines sont des contaminants naturels extrêmement fréquents dans les produits céréaliers qui sont à la base de l'alimentation des volailles. Ces produits céréaliers sont des substrats ayant une composition très favorable au développement fongique et à la synthèse

des toxines. Ainsi, la fréquence de contamination de ces matières premières est souvent comprise entre 30 et 70% (Magnin et al., 2016). Ces fréquences de contamination peuvent parfois être encore plus élevées pour certains couples matière première/toxine. Une fois dans l'aliment, les mycotoxines causent des mycotoxicoses qui sont à l'origine d'importantes pertes au niveau des élevages modernes (Akinmusire *et al.*, 2018). C'est le cas de l'aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) dont les dangers chez les volailles sont associés à une faible productivité et forte sensibilité aux maladies (Hussain *et al.*, 2010). Le Tableau 3 présente quelques effets des mycotoxines sur la santé et leurs mécanismes d'actions (Awuchi *et al.*, 2022).

**Tableau 3:** Effets des principales mycotoxines et mécanismes d'action identifiés (Awuchi *et al.*, 2022)

<b>Toxine</b>	<b>Effets</b>	<b>Mécanismes d'action</b>
Aflatoxine B <sub>1</sub> +M <sub>1</sub>	Hépatotoxicité Génotoxicité Cancerogénicité Immunomodulation	Formation d'adduit à l'ADN Peroxydation lipidique Bio-activation par cytochromes P 450 Conjugaison aux GS-transférases
Ochratoxine A	Néphrotoxicité Génotoxicité Immunomodulation	Impact sur la synthèse des protéines Inhibition de la production d'ATP Détoxification par les peptidases
Patuline	Neurotoxicité Mutagénèse in vitro	Inhibition indirecte des enzymes
Trichotécènes (DON, Toxine T2...)	Hématotoxicité Immunomodulation Toxicité cutanée	Induction de l'apoptose sur progéniture hématopoïétique et cellules immunitaires Impact sur la synthèse des protéines Altération des immunoglobulines
Zéaralénone	Fertilité et reproduction	Liaison aux récepteurs oestrogénique Bio-activation par les réductases Conjugaison aux glucuronyltransférases
Fumonisine B <sub>1</sub>	Lésion de système nerveux central Hépatotoxicité Génotoxicité Immunomodulation	Inhibition de la synthèse de céramide Altération du rapport sphinganine/sphingosine Altération du cycle cellulaire



### I.2.1.5- Limites maximales des mycotoxines

Les limites maximales des mycotoxines dans les aliments de volailles varient en fonction des organismes. Les limites (Tableau 4) les plus mentionnées sont celles de la Commission Européenne (CE, 2010) et la *Food and Drug Administration* des Etats-Unis d'Amérique (FDA, 2000).

**Tableau 4:** Teneurs maximales réglementées ou recommandées en mycotoxines dans les aliments pour volailles (FDA, 2000 ; CE, 2010).

Espèces	Mycotoxines	Teneur maximale réglementée/recommandée (µg/mg)	
		CE	FDA
Volailles	Fumonisines (FB <sub>1</sub> +FB <sub>2</sub> )	20000	100000
Volailles	Déoxynivalénol	5000	10000
Volailles	Zéaralénone	2000	
Volailles	Ochratoxine A	100	
Volailles (hors jeunes)	Aflatoxine B <sub>1</sub>	10	
Jeunes volailles	Aflatoxine B <sub>1</sub>	5	
Volailles	Ergot	1000000	
Volailles	T2 + HT2	250	
Jeunes volailles	Aflatoxines totales		20
Volailles adultes	Aflatoxines totales		100
Volailles	Aflatoxines totales		300
Tous les animaux	Aflatoxines totales	20	20

CE: Commission Européenne

USFDA : United States Food and Drug Administration

### I.2.2- Métaux lourds dans l'aliment de poulets

#### I.2.2.1- Définition et origine

Le terme métal lourd fait référence à tout élément chimique métallique ayant une densité relativement élevée et toxique à faible concentration (Kalonda *et al.*, 2015), il s'agit d'éléments ayant des masses volumiques spécifiques supérieures à 5g/cm<sup>3</sup>. Ils sont issus de l'utilisation des engrais, des pesticides, des activités industrielles et humaines, persistent et s'accumulent librement dans le sol, l'eau et la chaîne alimentaire (Kalonda *et al.*, 2015). Difficilement dégradables, les métaux lourds peuvent se retrouver dans l'organisme humain et être à l'origine de plusieurs effets toxiques néfastes (Kalonda *et al.*, 2015).

#### I.2.2.2- Classification des métaux lourds

Les métaux lourds peuvent être classés en quatre principaux groupes sur la base de leur importance pour la santé (Kalonda *et al.*, 2015).

##### ➤ Les métaux lourds essentiels ou micronutriments

---

Il s'agit du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du cobalt (Co), du chrome (Cr), du manganèse (Mn) et du fer (Fe). Ils sont toxiques en excès par rapport aux besoins (Benard, 2006).

➤ **Les métaux lourds non essentiels**

Il s'agit du barium (Ba), de l'aluminium (Al) et du lithium (Li).

➤ **Les métaux lourds moins toxiques**

Il s'agit du sélénium (Se) et de l'aluminium (Al).

➤ **Les métaux lourds hautement toxiques**

Il s'agit du mercure (Hg), du Cadmium (Cd), l'arsenic (As) et le plomb (Pb) qui sont des poisons cumulatifs. Ils ont la particularité d'être persistants, de s'accumuler, d'être non métabolisables en d'autres composés intermédiaires et d'être difficilement dégradables dans l'environnement. Ils s'accumulent également dans la chaîne alimentaire à travers l'assimilation au niveau des producteurs primaires et à travers la consommation au niveau des consommateurs (Benard, 2006).

### **I.2.2.3- Impact des métaux lourds sur la santé animale**

Les données propres sur les impacts des métaux lourds sur la santé animale sont rares, mais de nombreux auteurs ont rapporté que les métaux ont la possibilité de s'accumuler dans la chaîne alimentaire et engendrer de nombreux dégâts comme la mort des animaux, les problèmes de santé (Bindu *et al.*, 2016).

### **I.2.2.4- Réglementation sur les métaux**

Le Tableau 5 présente les valeurs permmissibles de quelques métaux lourds dans les aliments destinés à la consommation humaine.

**Tableau 5:** Valeurs permmissibles ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) de quelques métaux lourds (OMS, 2011)

Métaux lourds	Cd	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Mn	Fe	Zn
Valeurs permmissibles ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0,003	2,0	0,05	0,07	0,05	0,01	0,4	0,3	3,0

### **I.2.3- Médicaments vétérinaires dans l'aviculture**

#### **I.2.3.1- Définition**

Les médicaments vétérinaires sont des substances pharmacologiquement actives d'origine naturelle, synthétique ou semi-synthétique, utilisées dans la lutte et/ou la prévention

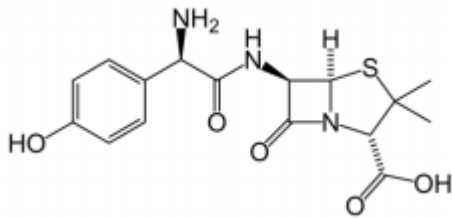
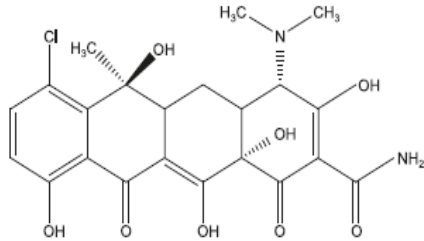
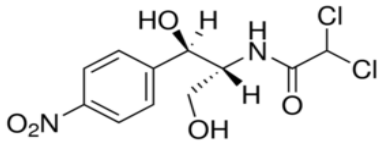
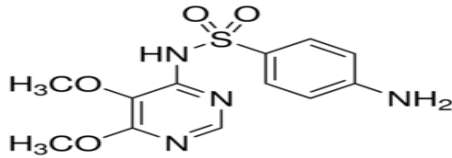
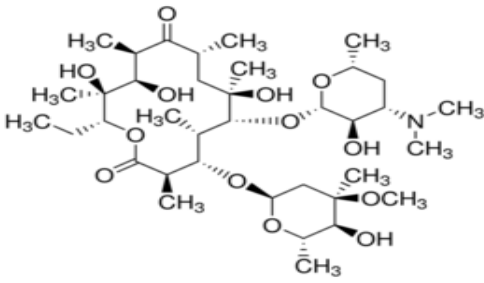
des infections microbiennes chez les animaux d'élevage et l'Homme (Chardon et Hubert, 2014).

### I.2.3.2- Principales familles de médicaments vétérinaires

Les antibiotiques, les anticoccidiens, les antihelminthiques et les vaccins font partie des familles de médicaments vétérinaires les plus utilisées dans l'élevage moderne de poulets (Geotting *et al.*, 2011).

#### ✓ Antibiotiques

**Tableau 6:** Structures d'antibiotiques, classes et modes d'action (Stegemann *et al.*, 2006).

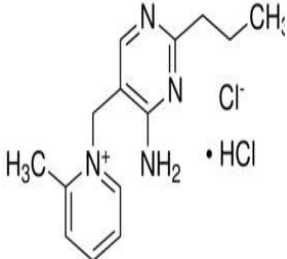
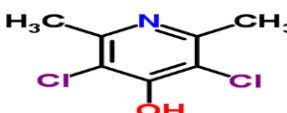
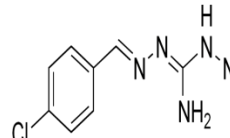
Antibiotique	Classe	Mode d'action	Structure
Amoxicilline	$\beta$ -lactamines	Inhibe la synthèse de la paroi bactérienne	 The chemical structure of Amoxicilline is a penicillin derivative. It features a central beta-lactam ring fused to a five-membered thiazolidine ring. A side chain is attached to the beta-lactam ring, consisting of a para-hydroxyphenyl group linked to a methylene group, which is further linked to an amide group. The thiazolidine ring has a methyl group and a carboxylic acid group attached to it.
Chlortétracycline	Tétracyclines	Inhibe la synthèse des protéines	 The chemical structure of Chlortétracycline is a tetracycline derivative. It consists of a tetracyclic core with a chlorine atom at the 7-position, a methyl group at the 8-position, and a dimethylamino group at the 4-position. There are hydroxyl groups at the 12 and 14 positions, and an amino group at the 2-position.
Chloramphénicole	Phénicoles	Inhibe la synthèse des protéines	 The chemical structure of Chloramphénicole is a phenicol. It features a para-nitrophenyl group attached to a chiral carbon atom. This carbon is also bonded to a hydroxyl group, a hydrogen atom, and a nitrogen atom. The nitrogen atom is part of a side chain that includes a carbonyl group and a dichloroethyl group.
Sulfadoxine	Sulfamides	Inhibe la synthèse enzymatique	 The chemical structure of Sulfadoxine is a sulfamide. It consists of a pyrimidine ring with two methoxy groups at the 6 and 7 positions. The nitrogen at the 2-position of the pyrimidine ring is bonded to a sulfonamide group, which is further attached to a para-aminophenyl ring.
Érythromycine	Macrolides	Inhibe la synthèse de l'ADN	 The chemical structure of Érythromycine is a macrolide. It features a large 14-membered macrolide ring with multiple methyl groups and hydroxyl groups. It is also substituted with a cladinose sugar and a desosamine sugar, both of which have their own methyl and hydroxyl substituents.

Les antibiotiques sont utilisés pour le traitement et/ou la prévention des infections d'origine bactérienne (Chardon et Brugere, 2014). Ils agissent de manière spécifique sur les bactéries en bloquant une des étapes essentielles à leur survie ou à leur multiplication. Certains inhibent la formation des enveloppes protectrices de la bactérie, d'autres perturbent les réactions chimiques essentielles à la vie des bactéries et d'autres, empêchent la synthèse protéique (Chardon et Brugere, 2014). Le Tableau 6 présente quelques structures d'antibiotiques, leurs modes d'actions et leurs classes (Stegemann *et al.*, 2006).

### ✓ Les anticoccidiens

Les anticoccidiens sont des substances vétérinaires utilisées pour la prévention et/ou le traitement des coccidioses. En effet, le parasitisme gastro-intestinal étant l'un des problèmes majeurs auquel fait face l'industrie avicole, les anticoccidiens sont utilisés pour prévenir et contrôler ce parasitisme (Zhang *et al.*, 2012). Leur mécanisme d'action implique la destruction des phases intracellulaires du parasite une fois qu'il a envahi les cellules hôtes dans l'intestin. Le Tableau 7 présente quelques classes d'anticoccidiens, leurs mécanismes d'action et leurs structures (Zhang *et al.*, 2012). Cependant, certains antibiotiques agissent aussi comme anticoccidiens.

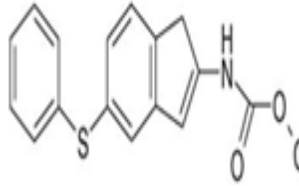
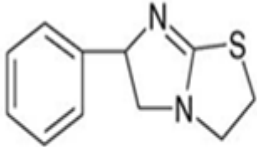
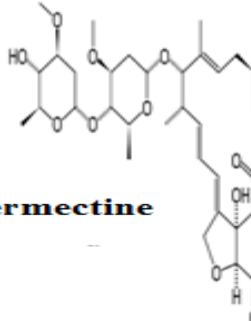
**Tableau 7:** Quelques anticoccidiens, leurs mécanismes d'action et leurs différentes classes

Anticoccidien	Classe	Mécanisme d'action	Structure
Amprolium	Ionophores	Antagoniste de la thiamine et blocage des récepteurs de la thiamine	
Métichlorpindol ou clopindol	Pyridinols	Blocage du développement des sporozoïtes dans les cellules épithéliales ou macrophages de l'hôte	
Autres	Halofuginone	Inhibition du cycle de vie de la coccidie	

## ✓ Les antihelminthiques

Les antihelminthiques sont des substances utilisées pour le traitement et ou la prévention des infections causées par les vers parasites. Ils sont classés sur la base de leurs structures chimiques (benzimidazoles, imidazoles, tétrahydropyrimidines, organophosphates, avermectines et les dérivés amino-acetonitrile) (Patel *et al*, 2018), leur mode d'action (agoniste de la nicotine, inhibiteur de l'acétylcholinestérase, agoniste du GABA, potentialisateur GluCl, augmentation de la perméabilité au calcium, liaison à la tubuline B, ionophores protoniques, inhibiteur du métabolisme du malate, de la phosphoglycérate kinase et mutase, et de l'acide arachidonique) et leur spectre d'action (Patel *et al*, 2018). Le Tableau 8 présente quelques classes d'antihelminthiques, leurs classes et leurs mécanismes d'action.

**Tableau 8:** Quelques classes d'antihelminthiques et leurs mécanismes d'action

Classes	Antihelminthique	Mode d'action	Structures
Benzimidazole	Fenbendazole	Action sur la tubuline (disintégration des microtubules des cellules intestinales des nématodes, inhibition de la polymérisation de la tubuline)	 Fenbendazole
Antihelminthiques agonistes aux récepteurs nicotiniques	Lévamisole	Action paralytique par activation prolongée des récepteurs acétylcholines nicotiniques de la paroi musculaire	 Levamisole
lactones macrocycliques	Ivermectine	Action sur les canaux chlorures (favorise la libération de GABA en pré-synaptique, liaison au complexe GABA-récepteur-canal chlore)	 Ivermectine

A ces trois familles de médicaments vétérinaires les plus utilisées s'ajoutent : les carbamates et les pyréthroïdes, les sédatifs, les anti-inflammatoires non stéroïdiens et d'autres substances pharmacologiquement actives (Shankar *et al.*, 2010).

---

### **I.2.3.3- Usage et intérêts des médicaments vétérinaires en aviculture**

Pour *booster* l'aviculture afin d'avoir des rendements et un gain considérable et ce dans un temps réduit, les éleveurs utilisent les médicaments vétérinaires.

Une notion très importante à prendre en considération en élevage avicole faisant intervenir les médicaments vétérinaires est le respect du délai d'attente. Le délai d'attente est le temps à respecter entre la dernière administration du médicament à usage vétérinaire et la collecte des denrées alimentaires. C'est la période durant laquelle le lait, les œufs et le miel ne peuvent pas être utilisés pour la consommation humaine (Chardon et Brugere, 2014). Les conséquences du non-respect du délai d'attente sont la présence des résidus de médicaments dans les denrées, la résistance antimicrobienne et de toxicité aussi bien chez l'homme que chez l'animal et la perte économique (Beyene, 2016). Le respect de ce délai spécifique permettrait donc d'obtenir des denrées alimentaires saines pour la consommation humaine.

### **I.2.3.4- Inconvénients de l'usage des médicaments vétérinaires**

Les médicaments vétérinaires sont à l'origine de la présence des résidus dans les denrées destinées à la consommation humaine avec ses diverses conséquences sanitaires d'une part et au problème de résistance microbienne d'autre part (Goetting *et al.*, 2011 ; Adegunloye et Adejumo, 2014).

### **I.2.3.5- Régulation des résidus de médicaments vétérinaires**

#### **✓ Au niveau des éleveurs ou des vétérinaires praticiens**

Les vétérinaires praticiens ou les éleveurs ne pouvant pas utiliser directement la limite maximale de résidu (LMR), utilisent le délai d'attente. Le respect de ce temps d'attente garantit, pour le consommateur, que la quasi-totalité des denrées alimentaires issues des animaux traités auront des concentrations en résidus proches ou inférieures à la LMR (Laurentie *et al.*, 2002).

#### **✓ Au niveau réglementaire**

La régulation des résidus de médicaments vétérinaires dans les denrées alimentaires d'origine animale suit des principes similaires dans tout le monde entier. Aux Etats-Unis d'Amérique (USA), la FDA (*Food and Drug administration*) est l'organe de régulation. Dans l'Union Européenne, l'organe de régulation équivalent est l'Agence Européenne du Médicament (European Medicines Agency (EMA)) associé au *Committee for Medicinal Products for Veterinary Use* (CVMP). Il existe des organismes indépendants comme le Comité mixte d'Experts de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture/Organisation Mondiale de la Santé sur les additifs alimentaires (FAO/OMS). Le terme tolérance est employé par la FDA tandis que certains pays et organisations utilisent les

limites maximales de résidus (LMRs). La plupart des pays en voie de développement adopte les LMRs de l'Union Européenne ou du Codex Alimentarius (Baynes *et al.*, 2016).

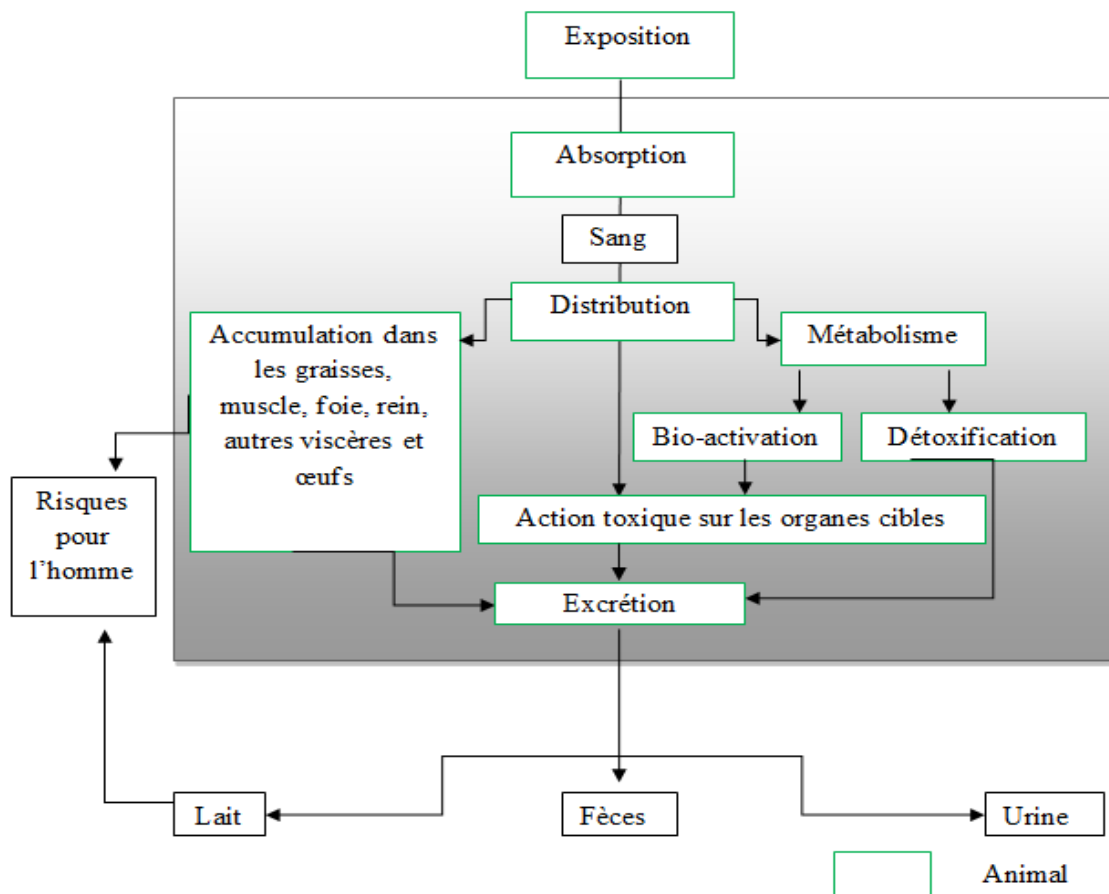
### I.3- Toxicologie des mycotoxines, des métaux lourds et des médicaments vétérinaires

#### I.3.1- Définition

La toxicologie est la discipline scientifique qui s'occupe des toxiques, de leurs propriétés, de leur devenir dans l'organisme, de leur mode d'action, de leur recherche dans différents milieux et des moyens (préventifs et curatifs) permettant de combattre leur nocivité.

#### I.3.2- Trajet suivi par les résidus dans l'organisme humain : la toxicocinétique

Les mycotoxines, les métaux lourds et les médicaments vétérinaires présents dans les aliments une fois dans l'organisme subissent un ensemble de transformations comprenant l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'excrétion ou élimination (Figure III) (María Constanza Lozano et Mary Trujillo, 2012).



**Figure III :** Etapes de transformation des xenobiotiques dans l'organisme (María Constanza Lozano et Mary Trujillo, 2012)

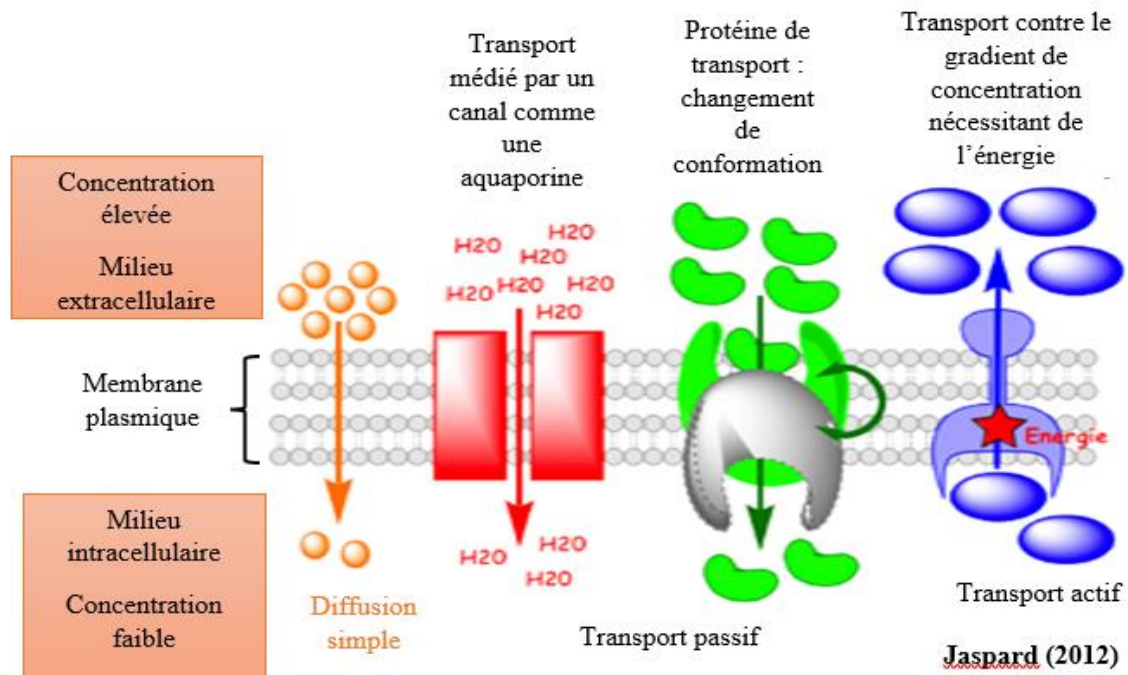








---

### ✓ Absorption

L'absorption correspond à la phase de dissolution et à l'apparition du ou des principes actifs dans le sang en faisant intervenir le passage transmembranaire. Les mécanismes du transport transmembranaire (Jaspard, 2012) (Figure IV) sont :

- la diffusion passive : c'est le mécanisme par lequel les molécules lipophiles et neutres traversent la membrane cellulaire. Le transfert se fait en fonction du gradient de concentration et n'implique pas de dépense énergétique. Les facteurs influençant ce processus sont : le caractère lipophile, le degré d'ionisation et la taille moléculaire ;
- la diffusion facilitée : elle implique la participation de transporteurs de nature protéique incrustés dans la membrane cellulaire, faisant en sorte que le taux de transfert est plus rapide que dans la diffusion simple. Vu le nombre limité de transporteurs, ce mécanisme est sujet à saturation et au phénomène de compétition entre les substances ;
- La filtration : il s'agit d'un mécanisme utilisé par des petites molécules hydrosolubles et chargées électriquement. Le transfert se fait à travers des pores ou des canaux aqueux situés dans la membrane cellulaire, il est sous l'influence du gradient de pression osmotique et hydrostatique ;
- Le transport actif : c'est un mécanisme requérant la participation de transporteurs spécialisés (protéines) et une dépense d'énergie. Il permet un transfert contre un gradient de concentration, et est donc saturable et assujetti au phénomène de compétition. L'endocytose (phagocytose pour les solides, pinocytose pour les liquides) est une forme spécialisée de transport.



 : substance à transporter par diffusion simple ;  : aquaporine ;  : molécule d'eau à transporter par transport passif ;  : substance à transporter par transport passif ;  : protéine de transport changeant de conformation et  : substance à transporter par transport actif

**Figure IV:** Différents mécanismes de transport transmembranaires (Jaspard, 2012)

✓ **La distribution**

Après absorption, les résidus sont transportés dans le sang par la circulation sanguine entraînant le principe actif dans les différents organes et tissus : c'est la phase de distribution. Durant cette phase, on observe généralement deux fractions du principe actif dans le sang : une fraction libre et une fraction liée aux protéines plasmatiques (Stoltz, 2008). La fraction liée diffuse dans les organes et les tissus correspondant à la fraction libre et on observe alors une fixation tissulaire. Les principes actifs dont la fixation tissulaire est la plus importante laisseront en général le plus de résidus. La liaison aux protéines plasmatiques constitue avec la fraction liée aux protéines tissulaires un important facteur de modulation de la distribution des résidus. Cette liaison aboutie donc à la distinction du résidu sous une forme libre et sous une forme liée qui est inactive temporairement à cause de l'équilibre qui existe entre elles. Ainsi, les résidus dont la molécule est un acide faible ont une affinité plus grande pour les protéines plasmatiques que pour les protéines tissulaires. Ils ont un volume de distribution assez limité et ne

---

s'accumulent pas dans les cellules. Les bases faibles dont la forme non ionisée est liposoluble et les substances amphotères, ont un volume de distribution plus important (Chaddadi, 2013).

✓ Biotransformations ou métabolisme

Le métabolisme est l'un des facteurs le plus important pouvant affecter de manière générale le profil toxique d'un xénobiotique (Guengerich et Shimada, 1991). Les réactions de biotransformation ou métaboliques que subissent les résidus peuvent conduire à une détoxification de deux façons :

- par inactivation, c'est-à-dire par blocage chimique des groupements responsables de l'activité pharmacologique ou toxique (Stoltz, 2008). La réaction se matérialise par l'équation
- par augmentation de l'hydrosolubilité par glucuroconjugaison favorisant l'élimination urinaire.

Les mécanismes de biotransformations font intervenir les réactions de la phase I et celles de la phase II qui impliquent l'ajout d'un groupement fonctionnel et la conjugaison. Les réactions de la phase I concernent les composés lipophiles probablement réactifs et faiblement solubles dans l'eau et sont catalysées par le complexe enzymatique de la cytochrome P<sub>450</sub>. Les réactions de la phase II concernent les composés non lipophile qui sont généralement non réactifs et solubles, catalysées par les transférases. Certaines toxines comme l'AFB<sub>1</sub> qui fait partie des « pro-cancérogènes » subit une activation en une forme réactive (l'AFB<sub>1</sub>-8,9-époxyde (AFBO)) responsable de l'activité cancérogène et toxique. Cette activation se fait sous le contrôle de l'enzyme hépatique microsomal cytochrome P450 (CYP450) (Allen *et al.*, 2005). En effet, l'AFBO forme l'adduit d'AFB-N7-guanine avec l'ADN non stable qui se transforme en formamidopyrimidine (FAP). La principale voie de désintoxication de l'AFB<sub>1</sub> est la conjugaison de l'AFBO au glutathion endogène (GSH) sous l'action des glutathion S-transférases (GST). Les mycotoxines sont métabolisées par les réactions de la phase II sous l'action des enzymes glutathion S-transférases (GST) (Asseffa *et al.*, 1989). Les lésions hépatiques résultantes comprennent la congestion des sinusoides hépatiques, les hémorragies focales, la vacuolisation cytoplasmique graisseuse centrolobulaire et/ou la nécrose, hyperplasie biliaire et nodulaire infiltration lymphoïde. La FAP produit un syndrome de malabsorption caractérisé par divers effets comme une stéatorrhée, hypocaroténoïdémie, une diminution des concentrations de sels biliaires et de lipase pancréatique (Al-Omari et Murry, 2007).

Les métaux lourds comme l'arsenic, le chrome, le cadmium, le plomb et le mercure ont un degré de toxicité élevé et sont des agents d'empoisonnement systémique qui peuvent conduire à une défaillance d'organe. La gravité de la toxicité résultant des métaux lourds

---

dépend de plusieurs facteurs comme la dose, la voie de contact, l'espèce chimique, l'âge, le sexe, la génétique et l'état nutritionnel de la personne concernée (Adams *et al.*, 1991). Les mécanismes de toxicité des métaux lourds incluent des actions directes (lésions rénales, effets physiologiques, pharmacologiques) ou biochimiques (les maladies humaines, dysfonctionnement et malformation des organes), des effets tératogènes sur la reproduction, des effets immunotoxique (allergies), les effets mutagènes et des effets cancérigènes (Singh *et al.*, 2011 ; Sathiavelu *et al.*, 2012). L'arsenic, le cadmium, le chrome, le plomb et le mercure peuvent être à l'origine des ions métalliques qui vont interagir avec l'ADN et les protéines nucléaires et conduire à l'apoptose et la cancérogenèse résultant des dommages de l'ADN et les changements structuraux (Adams *et al.*, 1991). Ils peuvent aussi être à l'origine des maladies cardiovasculaires, des anomalies neurologiques et neurocomportementales, du diabète, des anomalies sanguines et divers types de cancer (Ahokas et Pelkonen, 2007).

✓ **Élimination ou excrétion**

L'élimination ou excrétion est le plus souvent classé comme faisant partie des réactions de la phase III du métabolisme. C'est la dernière phase du devenir d'un résidu impliquant plusieurs voies : la voie rénale, la voie biliaire, l'élimination dans les œufs, et l'élimination lactée. La voie d'élimination d'un principe actif dépend de ses caractéristiques pharmacocinétiques (Stoltz, 2008) :

- les facteurs liés au médicament : la forme galénique du médicament joue un rôle capital dans l'absorption et la distribution du principe actif dans l'organisme ;
- les facteurs liés au mode et à la voie d'administration : il y a plusieurs modes et voies d'administration, ce qui entraîne donc une variation de la pharmacocinétique ;
- les facteurs liés à l'animal : les facteurs liés à l'animal correspondent essentiellement à l'espèce mais aussi à l'âge ou à l'état physiologique (Chaddadi, 2013).

❖ **La toxicodynamique des résidus dans l'organisme humain**

La toxicodynamique se traduit par les effets toxiques sur la santé. Il s'agit de la relation entre la dose de la substance toxique et l'effet toxique indépendamment du temps. Les médicaments vétérinaires administrés aux poulets, les mycotoxines et les métaux lourds présents dans les aliments de poulets se retrouvent tous dans l'organisme du poulet et subissent des transformations. Ces transformations peuvent aboutir à des toxicités directes, des risques cancérogènes et des risques pathologiques liées à la modification de la flore digestive et des risques d'apparition, de sélection et de dissémination des résistances bactériennes aux antibiotiques au sein des populations humaines et animales (Reig et Toldra, 2008). On peut citer aussi les allergies et les anémies aplasiques (Boultif, 2009).

---

L'exposition aux mycotoxines se produit le plus souvent par ingestion d'aliments et ceci pose un sérieux problème de santé (Frazzoli *et al.*, 2017). Les effets négatifs sur la santé comprennent les effets toxiques aigus (dysfonctionnement des systèmes nerveux central, cardiovasculaire, pulmonaire, du tractus intestinal et la mort) et les effets toxiques chroniques comme la déficience du système immunitaire et le cancer (Omotavo *et al.*, 2019).

L'arsenic a été l'un des premiers composés chimiques reconnus comme cancérigène par le CIRC (groupe 1), l'USEPA (classe A) et l'Union Européenne. L'arsenic inorganique est facilement absorbé par voie orale (> 90%), transporté dans le sang et distribué rapidement dans tous les organes (principalement le foie et les reins). La métabolisation de l'arsenic passe par des réactions d'oxydation et de méthylation, jusqu'à obtention de métabolites méthyles (monométhyl MMA et diméthyl DMA), majoritairement éliminés via l'urine. La toxicité de l'arsenic est intimement liée à son processus de métabolisation, avec une toxicité différentielle entre l'As (III) et l'As (V) (IARC, 2004). Par voie orale, les effets chroniques de l'arsenic sont divers et variés : effets sur la peau (hyperkératose et hyperpigmentation, maladie de Bowen), le système respiratoire (toux, rhinorrhées, laryngites), cardiovasculaire (arythmies, péricardites), neurologique (neuropathies périphériques), gastro-intestinal, sanguin (anémie, leucopénie) et, découvert récemment, un possible impact sur le développement de certains types de diabète. Les principaux cancers liés à une exposition à l'arsenic sont les cancers de la peau, de la vessie, des poumons, des reins et du foie (USEPA, 2006).

La toxicité des composés du cadmium varie selon leur solubilité dans l'eau. L'absorption intestinale du cadmium, relativement faible, varie avec l'âge, l'espèce et l'interaction avec différents éléments nutritionnels. Après le passage de la barrière intestinale, le cadmium se retrouve dans le sang. Il est rapidement distribué dans le foie et les reins (cortex rénal) où se concentre 75% de la charge totale d'un individu et dans une moindre mesure, dans le pancréas et la rate. L'excrétion faible et très lente s'effectue essentiellement par voie urinaire et très faiblement par voie fécale (1%), par la sueur et la salive (ASTDR, 1993). Le principal organe cible des effets toxiques chronique du cadmium est le rein. Les lésions se manifestent dès 50ppm, après 60 à 75 jours d'exposition, par une dégénérescence des cellules des tubules proximaux mettant vraisemblablement en jeu un stress oxydatif et une altération de la fonction rénale se traduisant par une fuite urinaire de protéines de faible poids moléculaire ( $\beta$ -2 microglobuline, rétinol-binding protéine) associée à une glycosurie, une amino-acidurie et une enzymurie. Le cadmium est à l'origine de la maladie appelée "Itai-Itai", caractérisée par une insuffisance rénale associée à l'ostéoporose et à l'ostéomalacie (OMS, 1999). Plusieurs études expérimentales ont mis en évidence l'apparition d'une hypertension artérielle et d'une

---

diminution de la contractilité du myocarde pour une exposition par voie orale à une dose supérieure ou égale à 1ppm de cadmium.

Chez l'adulte, 5 à 10% du plomb ingéré est absorbé alors que chez l'enfant, l'absorption est comprise entre 30 et 55%. Les régimes carencés en fer ou en calcium l'augmentent. Les effets infra cliniques sont les plus courants et se traduisent par un retard léger du développement psychomoteur et une diminution de l'acuité auditive. Les travaux récents montrent que les effets neurotoxiques du plomb sont sans seuil. Il existe une corrélation inverse entre la plombémie et le quotient intellectuel qui persiste, même lorsque la plombémie est inférieure à 150µg/l. Une perte de 1 à 2 points de quotient intellectuel (QI) est observée lorsque la plombémie passe de 100 à 200µg/l. Les troubles mentaux organiques induits par le plomb sont durables (Needleman *et al.*, 1990). Des études longitudinales ont montré que les individus intoxiqués pendant leur petite enfance conservent un déficit cognitif quelques années plus tard et encore pendant l'adolescence et à l'âge adulte. Plusieurs enquêtes épidémiologiques suggèrent fortement une relation entre l'exposition au plomb et la maladie hypertensive, même à des niveaux d'exposition très faibles comparables à ceux auxquels une très large fraction de la population est exposée (Vose, 2002). Les effets du plomb sur la reproduction sont divers : hypofertilité masculine avec altération de la production de spermatozoïdes, tératospermie augmentée, modification des taux de testostérone, LH, FSH ; diminution du développement staturo-pondéral et psychomoteur de l'enfant, augmentation des cas d'hypotrophie et d'avortements spontanés, prématurité, en cas d'exposition pendant la grossesse. Seules des études récentes chez l'adulte en milieu professionnel suggèrent un effet cancérigène du plomb (poumon, estomac et vessie) (EFSA, 2006). L'effet toxique du plomb relève de trois phénomènes : une affinité particulière pour les groupements thiols qui explique la distribution dans les phanères, la ressemblance de l'ion  $Pb^{2+}$  et de l'ion calcium ( $Ca^{2+}$ ) et une affinité pour les groupements phosphates des acides nucléiques (INERIS, 2006).

En 1990, le groupe de travail du CIRC a classé les composés du nickel dans le groupe 1 (cancérigène certain pour l'homme). L'Union Européenne a classé les oxydes de nickel chez l'homme dans la catégorie 1. L'exposition aux composés du nickel est associée à une augmentation du risque de cancer du poumon et de la cavité nasale et à des fibroses du poumon. Considérant que les données mécanistiques indiquent un mode d'action génotoxique indirect, le nickel et ses composés sont considérés comme un cancérigène à seuil (CLCLB, 2022). Les travaux exposant aux poussières, fumées ou brouillards produits lors du grillage et l'électro-raffinage des mattes de nickel sont responsables de la survenue de cancer primitif de l'ethmoïde



---

et de cancer des sinus de la face et de cancers bronchiques primitifs parmi les salariés exposés (d'Errico, 2009).

Le mercure est un métal lourd très toxique largement disponible dans la nature sous trois différentes formes (élémentaire, organique et inorganique). Toutes ses trois formes présentent un comportement différent en termes de toxicité. Le mercure affecte la santé humaine en provoquant des changements tissulaires très graves (Patrick, 2002). Du fait de sa large disponibilité dans la nature, l'exposition à certaines formes chimiques du mercure est inévitable. Le mercure a une vitesse d'excrétion très faible et ceci conduit à une accumulation importante du mercure absorbé au niveau des reins, du tissu nerveux et du foie. Toutes les formes chimiques du mercure sont toxiques et provoquent l'empoisonnement gastro-intestinal, les toxicités neurologiques et rénales. Les dommages oxydatifs causés par l'empoisonnement au mercure proviennent de l'accumulation des espèces oxygénées réactives qui sont éliminées par les antioxydants normaux dans un état normal. Le mercure provoque la formation des espèces oxygénées réactives ou radicaux libres causant des dommages à l'ADN et la cancérogenèse (Peraza *et al.*, 1998).

Connu comme cancérigène, le chrome est largement utilisé dans plusieurs industries et peut conduire à la contamination de plusieurs systèmes environnementaux. Présent également dans les déchets industriels, l'exposition professionnelle au chrome est un problème majeur à cause du risque élevé des maladies induites par le chrome dans les environnements industriels où les gens sont en contact avec le chrome de type VI (Stohs et Bagchi, 1995). Connu comme des agents toxiques, les composés contenant le chrome VI peuvent endommager plusieurs organes à l'origine de différents problèmes comme les lésions rénales, les allergies, l'asthme et le cancer du tube digestif chez les humains. Les problèmes de santé les plus communs causés par le chrome I chez les animaux comprennent la stimulation de l'ulcère de l'estomac ou ulcère gastrique, les dommages du sperme et les dysfonctionnements du système reproducteur mâle. La décomposition de l'ADN dans les lymphocytes périphériques et les produits élevés de la peroxydation lipidique dans l'urine des patients exposés au chrome, suggère que le chrome VI pourrait stimuler l'empoisonnement humain (Hershko *et al.*, 1998).

Le zinc (Zn) est contenu principalement dans les os, les dents, les poils, la peau, le foie, les muscles, les globules blancs et les testicules. Le zinc est un composant de plusieurs centaines d'enzymes dont un grand nombre de nicotinamide adénine dinucléotide (NADH) déshydrogénases, ARN et ADN polymérase et les facteurs de transcription de l'ADN ainsi que la phosphatase alcaline, la superoxyde dismutase et l'acide carbonique anhydrase (Johson, 2020). La limite supérieure des apports en zinc chez l'adulte est de 40mg/jour et en deça chez

---

les plus jeunes. L'ingestion de doses de zinc élémentaire qui varient de 100 à 150mg/jour pendant de longues périodes perturbe le métabolisme du cuivre et induit une baisse des taux sériques de cuivre, une microcytose, une neutropénie et un affaiblissement du système immunitaire. Des doses plus élevées ne doivent être administrées que pendant de courtes périodes de temps et le patient doit être suivi de près. L'ingestion de plus grandes quantités (200 à 800mg/jour), habituellement par l'intermédiaire d'aliments acides ou de boissons contenues dans des récipients galvanisés (recouverts de zinc), entraîne une anorexie, des vomissements et une diarrhée. Une intoxication chronique peut entraîner une carence en cuivre et provoquer des lésions nerveuses.

Le cuivre est un oligo-élément essentiel chez l'homme avec des effets sur la santé. Il est responsable des mécanismes de contrôle homéostatique efficaces pour protéger contre les carences ou les excès bien que les limites de l'homéostasie soient actuellement incertaines. Le cuivre est présent dans une large gamme d'aliments et un apport alimentaire de 20g/kg de masse corporelle par jour chez l'adulte (1,4mg/jour pour une personne de 70kg) et de 50µg/kg de masse corporelle par jour chez le nourrisson sont recommandés (Rachel, 2021). Les « exigences normatives » spécifiques à l'âge sont données par l'OMS comme suit : 0,60mg/jour pendant la petite enfance, 0,75mg/jour pour un enfant de 6 à 10 ans, 1,35mg/jour pour un homme adulte et 1,15 mg/jour pour une femme adulte. Un grand nombre d'enzymes et d'autres protéines dépendent du cuivre pour leur activité normale (Linder et Hazegh-Azam, 1996). Le cuivre joue également un rôle important dans l'activation et la répression de la transcription des gènes (Balamurugan *et al.*, 2004). Une carence en cuivre peut également survenir dans la maladie de Menkes, une maladie héréditaire dans laquelle l'absorption du cuivre par les intestins est minime, même dans des conditions d'apport alimentaire adéquat, en raison d'une altération du transport du cuivre à partir des cellules de la muqueuse intestinale (Camakaris *et al.*, 1999). Des effets toxiques se produisent dans la maladie de Wilson ou la toxicose idiopathique du cuivre (TIC), des troubles rares du métabolisme du cuivre avec des causes génétiques établies et putatives respectivement.

#### **I.4- Mesure de biosécurité et évaluation des risques**

##### **I.4.1- Mesure de biosécurité**

###### **I.4.1.1- Définition**

La biosécurité est l'ensemble des principes impliquant la limitation de l'introduction et la propagation des pathogènes au sein de la ferme et entre les fermes en prévenant leur entrée



---

(bio-exclusion) ou existence (bio-confinement) (Shane, 2005). Les principaux éléments de la biosécurité sont la séparation, le contrôle à des cadres conceptuels, structuraux et opérationnels qui impliquent la conception et la construction de la ferme avec la gestion des procédures visant à préserver le troupeau exempt de toutes maladies infectieuses (Maduka *et al.*, 2016). La biosécurité repose sur la bio-exclusion qui consiste à empêcher l'entrée des pathogènes dans les locaux du poulailler et le bioconfinement qui consiste à contenir les pathogènes au sein des locaux du poulailler.

Toutefois, la maîtrise des différentes sources de contamination est nécessaire et ces sources pourraient être les aliments, le réseau de distribution d'eau, les véhicules, les poussins, les personnes (fermiers y compris), les fermes voisines, les animaux sauvages, les insectes, les animaux domestiques et les équipements de la ferme.

#### **I.4.1.2- Importance de la biosécurité**

La biosécurité est un moyen efficace pour le contrôle des maladies et aucun programme de lutte contre les maladies ne peut fonctionner efficacement sans l'application de la biosécurité. Elle permet de :

- réduire les pertes économiques à travers la limitation des infections au sein des exploitations avicoles;
- réduire les taux de chômage à travers le maintien en fonctionnement des exploitations avicoles pendant longtemps ;
- limiter les pertes alimentaires à travers la mort de la volaille (Conan *et al.*, 2012).

#### **I.4.1.3- Mesures de biosécurité en aviculture**

Un programme général de biosécurité doit inclure 3 éléments: l'isolation; le contrôle de la circulation des personnes et véhicules; l'hygiène et assainissement (Maduka *et al.*, 2016).

- L'isolement représente le temps entre l'entrée ou la sortie et le repeuplement d'un poulailler. La distance entre les fermes ou entre les bâtiments dans une même ferme et l'existence des barrières physiques (clôture, pédiluve) qui limitent la transmission d'agents pathogènes.

- Le contrôle de circulation correspond à la restriction d'entrée des visiteurs et des mouvements du personnel, des véhicules, des équipements et des animaux et aussi les mouvements entre pièces de la ferme. L'une des manières les plus efficaces pour contrôler la circulation des personnes est de mettre tout autour de la ferme des panneaux indicateurs avec usage de clôtures et des portes pour préciser les zones interdites pour la circulation des visiteurs et des véhicules et les endroits autorisés pour la circulation.

---

- Les mesures sanitaires et d'hygiène font référence au nettoyage et à la désinfection du poulailler, des personnes, des matériels et des équipements. Ces mesures sanitaires réduisent la probabilité de contact entre les agents pathogènes et les poulets et sont donc d'une composante importante dans le plan de la biosécurité. Afin de réduire la charge d'agents infectieux dans l'environnement, les cadavres de poulets morts doivent être éliminés correctement chaque jour du poulailler en évitant tout contact entre ces derniers et tous autres organismes vivants (insectes, rongeur) pouvant exister dans la ferme. Il est à noter aussi que les aliments qui se renversent en dehors des mangeoires sont à l'origine de l'attraction des insectes et des rongeurs et des oiseaux sauvages vecteurs de germes dans le poulailler. Une attention quotidienne est cruciale pour la vérification de la bonne marche du système de livraison d'aliment et le nettoyage du surplus d'aliment autour des mangeoires.

La biosécurité a trois niveaux clés qui sont la biosécurité conceptuelle impliquant le site d'implantation d'un poulailler et sa localisation, la biosécurité structurelle impliquant la conception de la ferme et les bâtiments et la biosécurité opérationnelle impliquant les procédures de fonctionnement et de routine de la ferme (Payot, 2019).

La biosécurité conceptuelle comprend :

- la localisation du bâtiment ;
- la distance entre poulailler, éclosoir, locaux de traitement et locaux d'emballage ;
- la connectivité du poulailler avec les voies routières ;
- la proximité des sources d'eau.

La biosécurité structurelle concerne :

- la clôture de la ferme permettant d'éviter toute intrusion ;
- la sécurisation de la ferme contre les rongeurs et les oiseaux sauvages par un sol en béton et un bon sens de positionnement des ventilateurs d'extraction pour prévenir les maladies à transmission aérienne et aussi en assurant une bonne ventilation et drainage au niveau du bâtiment ;

- l'assurance d'un supplément d'eau provenant des sources indemnes de pathogènes et de chlore (2ppm) ;

- la présence dans une ferme d'un bureau, d'une salle de stockage, des vestiaires, d'une salle de bain ;

- le supplément d'eau propre et d'énergie pour effectuer les opérations de décontamination des véhicules entrants et des bottes des personnes entrantes ;

---

- l'installation des bacs de stockage des aliments emballés en sachets et en séparant les locaux de stockage d'aliment de ceux de stockage de litière et de ceux de stockage d'équipements pour prévenir tout contact entre insectes et aliments ;

- le local pour destruction des cadavres d'oiseaux morts.

La biosécurité opérationnelle comprend :

- le développement d'un manuel opérationnel des procédures de routine au niveau de la ferme ;

- la décontamination et la désinfection des unités d'élevage avant tout repeuplement ;

- l'adoption des procédures bien spécifiques pour toute entrée et sortie de personnels ;

- le contrôle strict et la prévention de tout contact des oiseaux de bassecour avec les oiseaux exotiques ;

- la mise en place d'un protocole correcte de vaccination.

Les mesures de biosécurité s'articulent aussi autour de :

- la ségrégation : mise en place et maintien de barrières visant à limiter les possibilités d'introduction d'animaux infectés ou d'objets contaminés dans une unité de production non infectée, permettant de contenir l'infection à la source ;

- le nettoyage : il concerne les matériels (véhicules, équipement, etc.) qui doivent pénétrer ou quitter les unités de production;

- la désinfection : elle se fait généralement après le nettoyage et vise à détruire ou inactiver les microorganismes encore présents.

Il y a deux axes principaux dans la mise en place d'un plan de lutte contre les maladies des animaux de rente : supprimer le risque d'introduction des agents pathogènes nouveaux dans l'élevage et limiter au maximum la multiplication, et la transmission d'agents pathogènes à l'intérieur même de l'exploitation.

✓ Empêcher l'introduction de nouvelles maladies dans l'élevage : la biosécurité externe

Les niveaux de biosécurité externe sont à appliquer suivant la qualification de l'élevage. Ainsi, tous les élevages sont classés en six niveaux de risque de faire pénétrer des agents infectieux : de 1 (risque très faible) à 6 (risque très élevé). Un élevage classé 1 est totalement clos ou élevage fermé. Dans un élevage classé 2 ou 3, il n'y a pas d'entrée d'animaux, mais des sorties pour expositions ou prêts pour un élevage classé 3. Ceux classés 4, 5 ou 6 achètent des animaux, dont le statut sanitaire est connu pour les élevages classés 4 et 5, ou non pour les élevages classés 6, et font une quarantaine (4) ou non (5 et 6) (Tanquilut *et al.*, 2020).

✓ Limiter la propagation interne d'agents pathogènes : la biosécurité interne

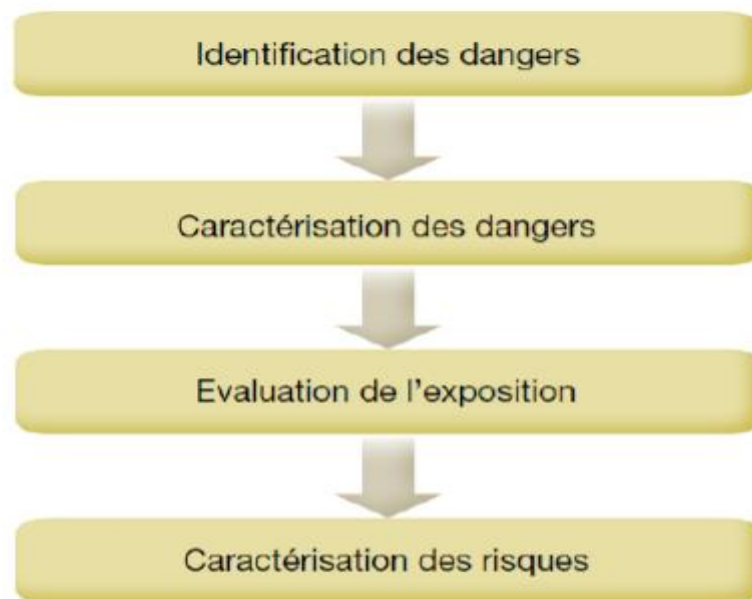
---

Elle consiste à éviter une multiplication des agents pathogènes déjà présents sur l'élevage et de veiller à les éliminer. Pour cela il faut la restriction des contacts entre ateliers distincts (Anderson, 2009) ; la séparation des animaux et l'organisation du travail.

## **I.4.2- Evaluation du risque**

### **I.4.2.1- Généralités sur l'évaluation des risques**

Evaluer un risque consiste à déterminer si la présence de certaines substances ou micro-organismes dans les aliments (comme un contaminant chimique, une toxine naturelle, un allergène un additif alimentaire non approuvé, une bactérie, un virus, ou un parasite) pose un risque pour la santé. L'évaluation des risques sanitaires est une méthode développée pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses en utilisant les faits scientifiques (Bonvallot et Dor, 2002 ; Huong *et al.*, 2016). L'évaluation des risques sanitaires comporte 4 phases : l'identification des dangers, la définition de relations dose-réponse, l'évaluation de l'exposition et la caractérisation des risques sanitaires (Figure IX).



**Figure V:** Les étapes de l'évaluation des risques (Bonvallot et Dor, 2002)

A chacune de ces étapes correspond en parallèle une phase de recherche qui rassemble les données existantes, provenant d'études antérieures ou les données spécifiquement générées pour l'étude. Ce sont les résultats des tests de toxicité sur l'animal, les mesures de concentrations de polluants dans les milieux et les données épidémiologiques sur des populations exposées aux polluants, si elles existent. Les résultats de trois opérations précédentes sont combinés pour

---

caractériser le risque, c'est-à-dire décrire la nature et le niveau de risque pour un individu d'une population humaine donnée (EFSA, 2005).

#### **I.4.2.2- Etapes de l'évaluation des risques**

##### **✓ Identification des dangers**

L'identification spécifique du ou des danger(s) commence par un processus d'estimation des risques spécifiquement attribuables à ce ou ces danger(s). L'identification des dangers peut éventuellement avoir déjà été conduite à un niveau suffisant au cours de l'établissement du profil de risque ; c'est généralement le cas pour les risques dus à des dangers chimiques. Pour les dangers microbiens, le profil de risque peut avoir cerné des facteurs de risques spécifiques associés à différentes souches de pathogènes. L'ultérieure évaluation des risques portera éventuellement sur des sous-types particuliers. Pour la réalisation de cette étape, l'évaluateur de risques sanitaires se base sur des études facilitant l'établissement d'une relation causale entre l'apparition d'un ou de plusieurs effets indésirables sur un organisme vivant après son exposition à une substance chimique, selon le scénario (voie, intensité, durée) considéré dans le cadre de l'évaluation. Une substance dangereuse peut être responsable de plusieurs effets et atteindre différents organes par une même voie et une même intensité d'exposition (Bonvallot et Dor, 2002). Pour la sélection de substances chimiques devant faire l'objet de l'évaluation du risque sanitaire, des modèles de prédiction de la toxicité des substances ont été développés à partir des essais d'écotoxicité et des études pharmacocinétiques sur les animaux. Les résultats de ces études ont permis de catégoriser les effets indésirables des substances chimiques en deux grands groupes : les effets non cancérogènes non mutagènes ou effets à seuil ; les effets cancérogènes et mutagènes ou effets sans seuil (Bonvallot et Dor, 2002).

##### **✓ Caractérisation des dangers**

La caractérisation des dangers décrit et évalue les relations dose-réponse concernant les effets négatifs les plus sensibles rapportés dans les études disponibles. Dans les cas où les effets toxiques résultent d'un mécanisme qui a un seuil, la caractérisation des dangers débouche habituellement sur l'établissement d'une dose sans danger, d'une dose journalière admissible (DJA) ou d'une dose journalière tolérable (DJT) pour les contaminants. Pour certaines substances utilisées comme additifs alimentaires, il peut ne pas être nécessaire de préciser la DJA (JECFA, 2007). Une DJA ou une DJT constitue donc une approximation imprécise mais prudente de ce que serait la dose journalière sans danger chronique réelle tant l'estimation du risque que les incertitudes inhérentes demeurent non quantifiées (EFSA, 2006). Si on dispose de données suffisantes, on peut remplacer les coefficients d'incertitude par défaut par des

---

coefficients d'extrapolation pour la substance chimique considérée obtenus à partir de ces données. Pour les contaminants, on emploie les expressions « dose journalière tolérable » (DJT) ou « dose hebdomadaire tolérable provisoire » (DHPT), au lieu de DJA et on établit ces doses en appliquant les mêmes méthodes et principes.

✓ **Evaluation de l'exposition**

L'évaluation de l'exposition sert à décrire la voie ou les voies d'exposition à un danger chimique et à estimer la dose totale absorbée. L'estimation de l'exposition consiste à produire des données descriptives sur les personnes exposées (âge, sexe, caractéristiques physiologiques, éventuelles pathologies et sensibilité) et les voies de pénétration des agents toxiques. A ce stade, l'évaluateur doit quantifier la fréquence, la durée et l'intensité de l'exposition à ces substances pour chaque voie d'exposition jugée pertinente (EFSA, 2006). Pour certains agents chimiques, la dose absorbée peut être associée à un seul aliment, tandis que, pour d'autres, le résidu peut être présent dans de multiples aliments ainsi que dans l'eau de boisson et, parfois, dans des produits ménagers de sorte que l'alimentation ne représente qu'une petite part de l'exposition totale. Le résultat de l'évaluation de l'exposition est comparé à la DJA ou à la DJT afin de déterminer si les valeurs estimées de l'exposition à la substance chimique considérée dans les aliments se situent dans une fourchette sans danger (Vose, 2002). Cette étape qualitative et quantitative est la plus complexe de l'évaluation du risque sanitaire. L'objectif de la caractérisation de l'exposition est de relier la concentration de la molécule toxique dans les différents vecteurs d'exposition aux doses présentées aux trois voies d'exposition (orale, cutanée et respiratoire). Il est recommandé à ce stade de construire les scénarios d'exposition.

✓ **Caractérisation des risques**

Cette étape comprend deux parties : l'estimation des risques et l'analyse des incertitudes dont une partie est assimilable à la discussion qui s'organise autour de toute étude scientifique (USEPA, 2000). Les risques pour la santé humaine sont déterminés de manière différente selon que le danger est considéré comme survenant ou non au-delà d'une limite de dose (USEPA, 2000). Pour les effets toxiques répétés à seuil, on utilise le quotient de danger cible (QDC), qui est le rapport entre la dose moyenne journalière totale, ou la concentration moyenne dans l'air et la valeur toxicologique de référence pour la voie d'exposition considérée. Il s'agit d'une évaluation purement qualitative, permettant d'avancer que pour tout  $QDC > 1$ , la population exposée est théoriquement hors du danger. Alors que pour tout  $QDC < 1$  que la population est théoriquement en danger (Bonvallot et Dor, 2002).

Pour les mycotoxines, une prise alimentaire journalière tolérable (PAJT) ou la prise alimentaire journalière tolérable maximum (PAJTM) ont été établies tandis que pour d'autres

---

mycotoxines, une prise alimentaire hebdomadaire tolérable (PAHT) ou la prise alimentaire hebdomadaire tolérable provisoire (PAHTP) sont utilisées. La PAJT / PAHT indique la concentration qui peut être prise par jour/semaine pendant toute la vie sans effets de risques considérables. Il y a risque si la prise alimentaire journalière/hebdomadaire calculée est au-dessus des valeurs de PAJT/PAHT recommandées. Cependant, dans le cas de l'OTA, la PAHT de 100 et 120ng/kg masse corporelle/jour, ont été recommandées par le Comité mixte des experts FOA/OMS sur les additifs alimentaires (JECFA) et la Société Française de sécurité alimentaire (European Food Safety Authority (EFSA)), respectivement (EFSA, 2006 ; JECFA, 2007). L'OTA a été classée comme non carcinogène/génotoxique par le JECFA (JECFA, 2007). De plus, aucune PAJT n'a été établie pour les carcinogènes génotoxiques comme l'Aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) (ESFA, 2006). Cependant, pour parler d'une préoccupation importante ou pas en santé publique vis-à-vis de ces toxines, on estime la marge d'exposition (MDE) (ESFA, 2006 ; JECFA, 2007). La MDE est obtenue en divisant la dose (concentration) qui cause un impact défini (dose de référence (DDR)) chez l'animal, par l'ingestion alimentaire approximative de l'AFB<sub>1</sub>. Ainsi, une MDE <10000 renseigne sur une préoccupation importante en santé publique.

### **I.5- Contrôle sanitaire du poulet et des œufs**

Le terme contrôle sanitaire entre dans le cadre de la protection de la santé et la sécurité des consommateurs. L'existence d'une diversité de contaminants dans l'environnement associé au développement industriel et technologique, induit des risques pour le consommateur. Les risques liés à la consommation de denrées alimentaires contaminées, d'où l'importance du contrôle de la qualité sanitaire des denrées et d'évaluation des risques encourus par les consommateurs. Dans le cadre de cette étude, il s'agit du contrôle sanitaire du poulet et des œufs de poulet permettant d'évaluer le risque réel encouru par les consommateurs du poulet et des œufs issus de l'élevage moderne de poulet. Le poulet et les œufs issus du secteur avicole sont des aliments très nutritifs (FAO, 2013) et contribuent de manière considérable à la nutrition humaine en apportant les acides aminés et minéraux essentiels, les éléments traces essentiels et les vitamines pour une bonne santé (FAO, 2013).

#### **I.5.1- Statistique mondiale de contamination du poulet et des œufs**

En Europe, les taux de prévalence de la contamination des produits d'origine animale par les résidus de médicaments sont inférieurs à 1% (Mensah *et al.*, 2014). En Afrique, des études actualisées relatives à la présence des contaminants dans les denrées d'origine animale sont très limitées. A Dakar au Sénégal des résidus de substances interdites comme le nitrofurane



---

et le chloramphénicol ont été trouvés dans différentes matrices (Abiola *et al.*, 2005). Au Ghana, les taux de prévalence des résidus d'antibiotiques sont de 30,8% pour la viande de bœuf, de 29,3% pour la viande de chevreau, de 28,6% pour la viande de porc, de 24 % pour la viande de mouton et de 6,8% pour les œufs (Donkor *et al.*, 2011). Au Nigéria, les taux de prévalence des résidus d'antibiotiques sont de 0,1% à 1% pour les œufs (Fagbamila *et al.*, 2010). Des taux plus élevés de 52% dans les gésiers et de 81% dans les foies de poulets ont été signalés dans les poulets au Sénégal (Abiola *et al.*, 2005), ainsi qu'au Kenya (Kang'ethe *et al.*, 2005) et en Tanzanie (Kurwijila *et al.*, 2006). Au Cameroun, des études ont rapporté des cas de contamination des œufs de poulets par l'aflatoxine totale (Moundipa *et al.*, 2010), des tissus et des œufs de poulet par les résidus de médicaments vétérinaires (Guetiya *et al.*, 2016).

### **I.5.2- Importance du contrôle sanitaire des aliments et situation institutionnelle au Cameroun**

Le contrôle des aliments consiste à mettre en œuvre un ensemble de moyens techniques, pour ne livrer au consommateur que des produits salubres et de bonne qualité. Il contribue également à une sécurisation des ressources avicoles qui nécessite des investissements matériels, humains et financiers conséquents. Cette triple importance justifierait le besoin de la mise en place d'une réglementation qui permet un meilleur encadrement de la filière comme dans le cas de la pisciculture (Nnana, 2010). Les activités du contrôle sanitaire au niveau international incluent le système HACCP (Analyse des dangers et des points critiques pour leur maîtrise) ; l'harmonisation des directives européennes pour l'inspection du poulet et des œufs et la mise en place des réglementations obligatoires pour les produits d'aviculture. Au Cameroun, plusieurs départements ministériels sont impliqués dans la sécurité sanitaire et la qualité des aliments : Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries Animales ; Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural; Ministère de la Santé Publique et Ministère du Commerce. Ces mesures ont été renforcées par la Loi-Cadre sur la sécurité sanitaire des aliments du 11 Décembre 2018.

#### **❖ La Loi-Cadre**

La loi n°2018/020 du 18 Décembre 2018 portant Loi-Cadre sur la sécuritaire sanitaire des aliments s'organise en sept chapitres.

#### **➤ Objet et champ d'application**

La Loi-Cadre fixe les principes et les bases réglementaires relatives aux denrées alimentaires, aux aliments pour animaux destinés à la consommation humaine et aux additifs et



---

compléments alimentaires, en vue d'assurer un niveau élevé de protection de la vie et de la santé des consommateurs et de respect de l'environnement.

Les dispositions de cette loi s'appliquent aux activités de production, de fabrication, de préparation, de manipulation, d'emballage, de stockage, de transport, de conditionnement, de conservation, d'importation, d'exportation, de distribution, de vente d'aliments, ou de toute autre activité y relative. Elle vise à :

- garantir aux consommateurs l'innocuité des aliments ;
- prévenir et maîtriser les maladies d'origine alimentaire ;
- rendre obligatoire la déclaration des toxi-infections alimentaires ;
- promouvoir le commerce national et international des aliments par l'établissement d'un système d'innocuité efficace, basé sur les principes scientifiques ;
- contribuer à l'établissement de standards spécifiques pour les aliments consommés et commercialisés dans le pays et veiller à leur application dans des plans de contrôle et de surveillance ;
- améliorer la qualité des aliments produits sur le territoire national, à travers la mise en œuvre de bonnes pratiques de production, de fabrication et d'hygiène, d'un système de maîtrise des risques sanitaires et phytosanitaires ;
- faciliter la gestion intégrée de l'innocuité des aliments, aux différentes étapes de la chaîne alimentaire ;
- promouvoir les mécanismes de coordination entre les différentes autorités compétentes dans le domaine alimentaire et les préparer graduellement à l'intégration de leurs activités dans les organismes régionaux ou internationaux notamment le Codex Alimentarius (CODEX Alimentarius), l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE), la Convention Internationale pour la Protection des Végétaux (CIPV), le Réseau International des Agences de Sécurité Sanitaire des Aliments (RIASSA).

➤ **Organisation et fonctionnement du système de sécurité sanitaire des aliments**

Il s'agit de la politique et la stratégie en matière de sécurité sanitaire des aliments qui définit la vision du Gouvernement en la matière et décrit les attributions et interventions de chaque partie prenante. La procédure du contrôle alimentaire tient compte des éléments suivants : le contrôle visuel et documentaire, l'inspection de la chaîne alimentaire, l'inspection de l'environnement de production, le prélèvement des échantillons, les analyses microbiologiques et physico-chimiques et l'interprétation des résultats d'analyses des échantillons prélevés.

---

Les opérations de contrôle s'effectuent dans le respect des principes suivants : la transparence entre l'opérateur économique et la ou les administrations, l'impartialité, l'honnêteté et la confidentialité de la part des agents habilités, la complémentarité et l'efficacité de l'action de chaque autorité compétente, l'utilisation des référentiels nationaux et internationaux reconnus.

Les laboratoires accrédités et/ou agréés par l'autorité compétente sont chargés d'accompagner les structures responsables de la sécurité sanitaire des aliments.

Toute substance ajoutée à un aliment doit avoir fait l'objet d'une autorisation préalable de l'autorité compétente, ou être autorisée par une norme nationale ou internationale. En cas d'urgence ou de force majeure, l'autorité compétente peut, par un acte dûment motivé :

- interdire la production, la fabrication, la préparation et la vente de tout aliment ;
- imposer les conditions relatives à l'obtention et la commercialisation d'aliment ;
- demander des analyses et des examens de tout aliment ;
- requérir que tout aliment soit maintenu ou isolé dans un lieu et en interdire l'utilisation durant une période de temps considérée nécessaire ;
- demander la destruction ou l'élimination de tout aliment ;
- ordonner toute mesure nécessaire ;
- demander le traitement de tout aliment ;
- refouler les aliments le cas échéant.

Malgré l'existence de cette loi, beaucoup de limites sont observées sur le terrain.

➤ **Limite de la loi cadre**

Cette loi ne précise pas de manière concrète qui fait quoi, comment le faire et à quel moment le faire. Ceci entraîne un véritable conflit d'autorité.

### **I.6- Limites des données de la littérature**

Les limites associées à la revue de la littérature s'articulent sur quelques points. Il existe très peu de références concernant les mesures de biosécurité, les pratiques d'usage des médicaments vétérinaires, le contrôle sanitaire du poulet et des œufs issus des fermes avicoles et l'évaluation du risque sanitaire lié à leur consommation. Le peu de travaux rencontrés se sont limités sur l'utilisation des antimicrobiens en aviculture, le dosage des résidus de mycotoxines et rarement de métaux lourds dans les aliments de poulets et certains produits d'aviculture comme les œufs. Nous pensons qu'aborder les pratiques d'usage des antimicrobiens et les mesures de biosécurité pourraient permettre de déterminer les niveaux de risque des fermes avicoles. De plus, les résidus de mycotoxines et métaux lourds présents dans les aliments de

---

poulets pourraient aussi se retrouver dans les tissus et les œufs de poulet consommés par l'Homme et conduire à une exposition alimentaire pouvant avoir des effets néfastes sur la santé. En effet, il reste encore un vaste champ exploratoire dans le domaine de la contamination chimique au Cameroun. Du fait de l'importance et de l'ampleur des effets des contaminants sur l'environnement et sur l'homme, d'avantage d'études doivent être menées afin de sensibiliser les pouvoirs publics et les populations sur ce type de contamination encore peu vulgarisé. On remarque aussi que les données sur les quantités de poulet et d'œufs consommées datent de depuis 2016 et ne sont pas spécifiques de chaque région. Cette étude permettra d'avoir une idée non seulement sur les pratiques avicoles et les mesures de biosécurité mais aussi et surtout sur la qualité des poulets et œufs issus de l'aviculture. Il sera un outil de sensibilisation pour les différents ministères en charge de la sécurité sanitaire des aliments et la protection des consommateurs. L'aviculture représente un fort potentiel pour l'économie du Cameroun, une évaluation des risques liés aux pratiques avicoles permettra sans doute de les améliorer et promouvoir le développement du secteur de manière à le rendre plus productif, rentable et l'obtention des produits sains pour la consommation humaine.

## CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Ce chapitre présente le matériel utilisé dans le cadre de cette étude, la méthodologie générale et les techniques analytiques utilisées. La méthodologie générale s'est basée sur un ensemble d'étapes présentées à la figure X. Il s'agit d'une étude transversale qui s'est déroulée de la période de juin 2017 à mars 2020.

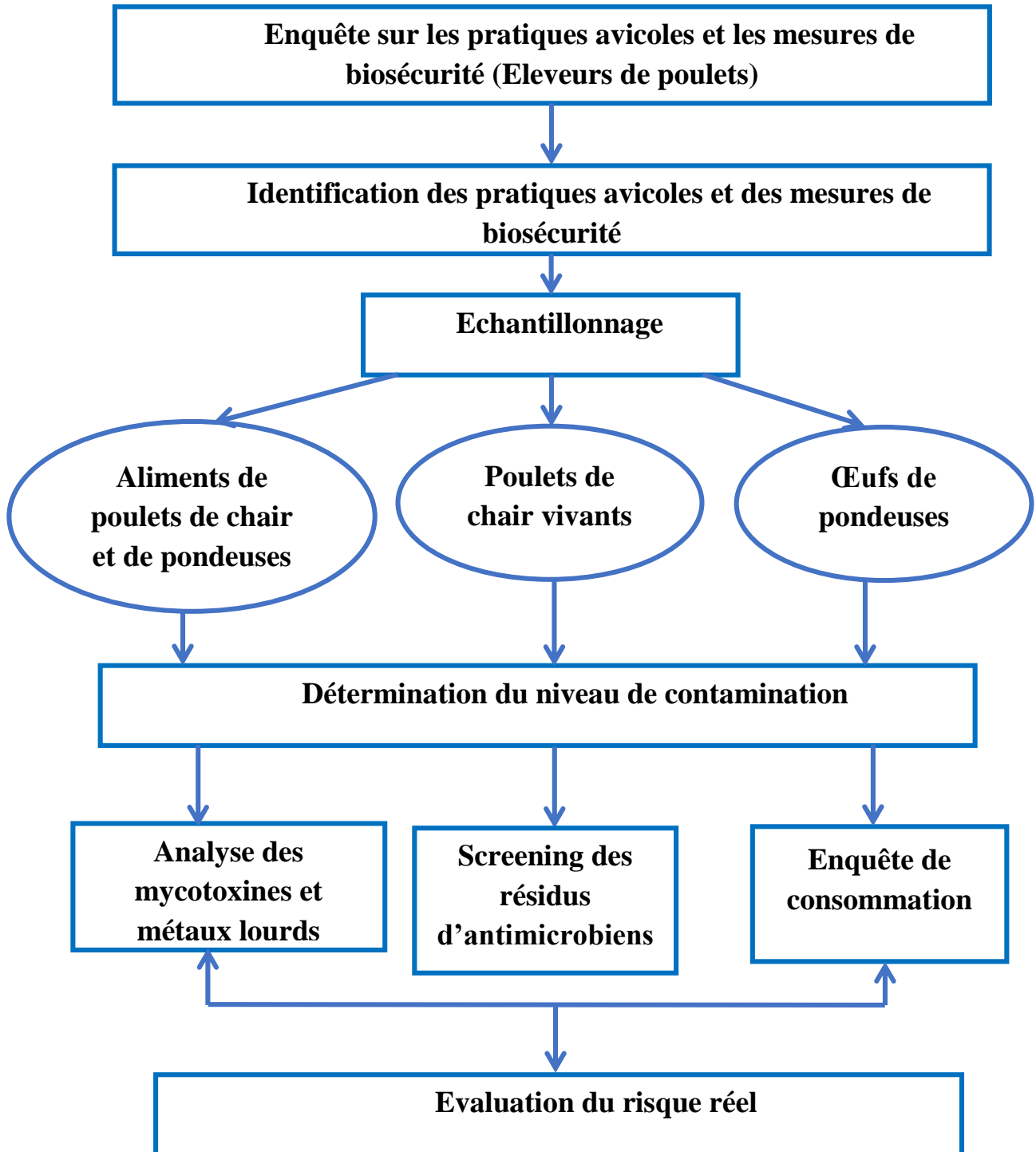
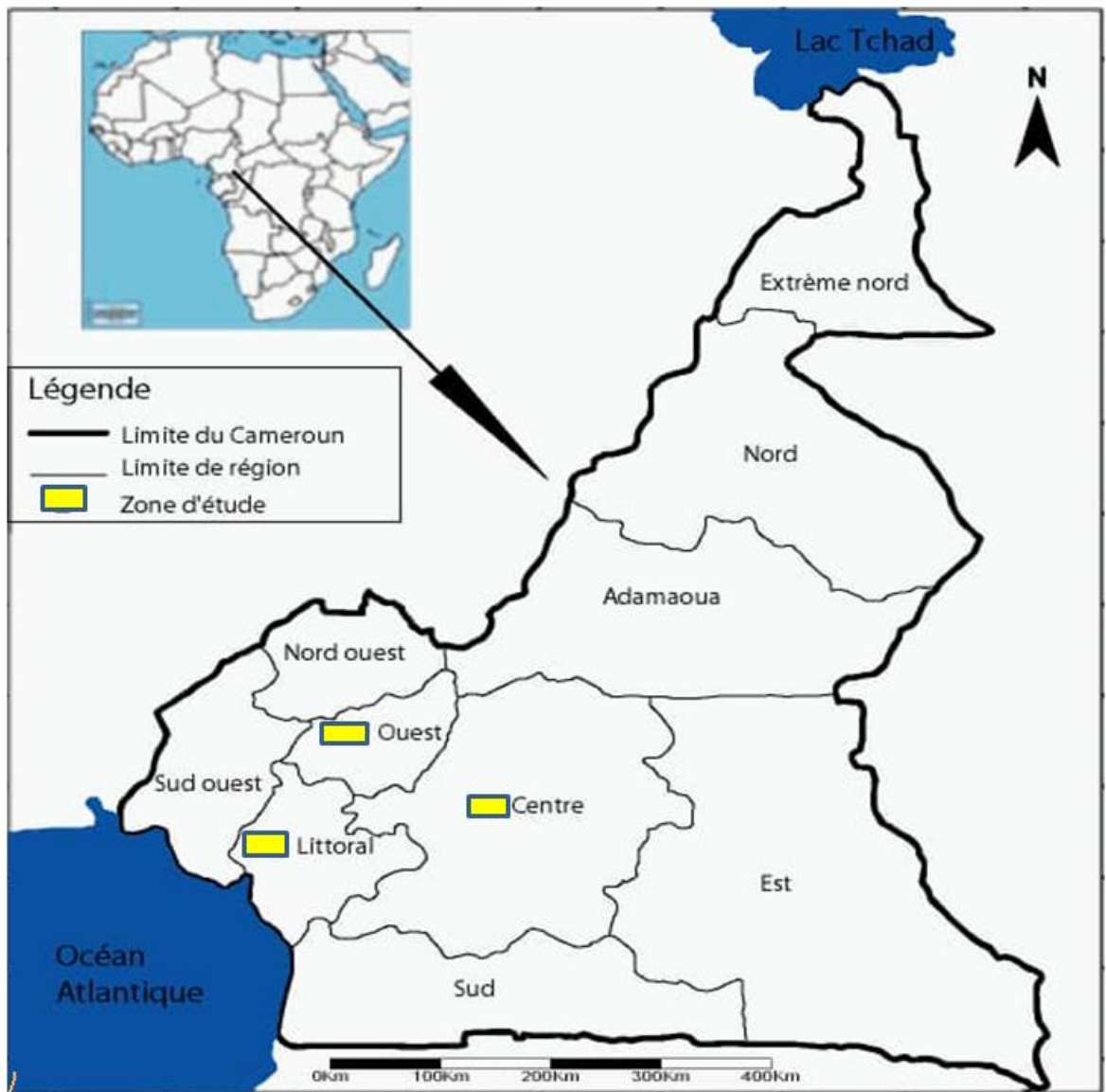


Figure VI: Schéma synoptique du travail

## II.1-Caractéristiques des régions d'étude

La présente étude a concerné trois régions (Centre, Littoral et Ouest) du Cameroun (figure XI) faisant partie des trois grands bassins de production de volailles (Teleu et Ngatchou, 2006). En effet, du fait des ressources agricoles (le maïs, le soja et l'arachide) et les conditions climatiques favorables (humides et pluvieuses), ces trois régions regorgent un fort potentiel avicole avec quelques caractéristiques différentes comme le climat et la densité démographique.



**Figure VII :** Carte du Cameroun présentant les trois régions d'étude

La région du Centre a une superficie de 68926 km<sup>2</sup> et la densité de la population est d'environ 36 habitants au Km<sup>2</sup> (NIS, 2015). La région du Littoral s'étend sur une superficie de 20239 km<sup>2</sup> et accueille plus de 2.202.340 habitants. La densité de la population est de 124 habitants/km<sup>2</sup>. La région de l'Ouest a une superficie de 13872 km<sup>2</sup>. La densité de la population

---

est de 108,8 habitants (environ 109 habitants au Km<sup>2</sup>) au km<sup>2</sup> (NIS, 2015). Les localités concernées étaient le Mbam et Inoubou, le Mfoundi, la Mefou et Afamba et le Nyon et So'o dans le Centre ; le Mounjo, le Nkam, la Sanaga Maritime et le Wouri dans le Littoral et le Koung-Khi, la Menoua, la Mifi et le Ndé à l'Ouest. Ces différents départements ont été choisis sur la base de la densité et de l'importance de l'activité avicole.

## **II.2-Présentation du matériel biologique**

Le matériel biologique était constitué de 15 kg d'aliments de finition prélevés dans les mangeoires et les sacs au sein des fermes de poulets de chair et de pondeuses, de 48 poulets de chair de 45 jours et 180 œufs de pondeuses.

## **II.3- Enquêtes auprès des fermes et des ménages**

Les différentes enquêtes ont été précédées des pré-tests.

### **II.3.1-Evaluation des pratiques avicoles et du niveau d'implémentation des mesures de biosécurité**

#### **II.3.1- Enquêtes auprès des fermiers**

L'enquête auprès des fermes s'est déroulée de la période allant de juin 2017 à juillet 2018. Pour la mise en œuvre de l'enquête une autorisation a été obtenue auprès des Délégations régionales du Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries Animales de chacune des régions d'étude (Annexe 1). Les conditions pour participer à l'étude étaient la participation volontaire à l'étude, avoir au moins 3 ans d'expérience minimum et être en activité au moment de l'enquête. Les critères de non inclusion étaient avoir moins de trois ans d'expérience, demander de l'argent ou un quelconque présent pour participer à l'enquête et ne pas pouvoir répondre à moins 50% des questions de la fiche d'enquête (Annexe 2).

#### **II.3.1.1- Sélection et taille des fermes**

Un échantillonnage en grappes transversale a été employé dans les trois régions retenues pour l'étude. La taille d'échantillon était de 30 fermes par région. Chaque région a été divisée en trois grappes chacune contenant 10 fermes. La méthode de sélection à inclure dans cette étude était la méthode des quotas. Elle consistait premièrement à énumérer toutes les fermes de chaque grappe. Ensuite, de manière aléatoire un point de départ (la première ferme à enquêter) de l'itinéraire de sélection a été défini dans chaque grappe sur une carte. Une sélection des fermes adjacentes a suivi jusqu'à obtention de 10 fermes consentantes. Le nombre de poulet était compris entre 200 et 20000 poulets.

---

### **II.3.1.2- Outils de collecte des données**

Les données sur l'implémentation des mesures de biosécurité ont été obtenues à l'aide des questionnaires et d'une « *check list* » selon les modèles décrits par Godam *et al.* (2016) et Maduka *et al.* (2016) (Annexe 2). Le questionnaire comportait quatre parties :

- partie 1 : caractéristiques sociodémographiques des éleveurs ;
- partie 2 : informations sur les systèmes d'élevage de volailles ;
- partie 3 : mise en œuvre des mesures de biosécurité ;
- partie 4 : usage des médicaments et substances vétérinaires.

### **II.3.1.3- Pré-test pour élaboration du questionnaire**

Une série de questionnaires préliminaires a été préparée et testée auprès de 10 fermes d'élevage moderne de poulet à Yaoundé pour les pratiques de biosécurité quelques mois après l'épidémie de grippe aviaire de 2017. Ainsi, les modifications nécessaires ont été apportées et le questionnaire final (Annexe 2) a été préparé sur la base de l'enquête pilote.

### **II.3.1.4- Mise en œuvre de l'enquête**

Les enquêtes auprès des fermiers se sont déroulées sur la période allant janvier 2017 à juillet 2018 auprès de 90 fermes (30 au Centre, 30 au Littoral et 30 à l'Ouest). Pour faire partie des enquêtés, il fallait avoir une expérience d'au moins 3 ans et être en activité au moment de l'enquête. Le questionnaire était d'abord expliqué au fermier volontaire. Le consentement des fermiers a été obtenu verbalement après explication de l'étude et la présentation de ces objectifs.

#### **II.3.1.4.1- Estimation de l'usage qualitatif et quantitatif des médicaments vétérinaires**

Durant l'enquête il a été demandé aux propriétaires de fournir tous les détails sur différents médicaments utilisés durant les trois derniers mois, en incluant la méthode d'administration, la source de prescription, les raisons d'utilisation et le délai d'attente. Les données quantitatives de chaque médicament administré ont été collectées incluant le nom commercial et la quantité administrée. La quantité totale de la substance active du médicament administré a été calculée à partir de ces données. Le système de Classification Anatomique Thérapeutique Chimique des médicaments vétérinaires (ATCvet) a été utilisé pour l'identification des médicaments (WHOCC, 2002).

#### **❖ Estimation de l'usage qualitatif**



---

L'estimation qualitative a consisté à voir si oui ou non les fermiers utilisent effectivement les médicaments vétérinaires. Dans le cas où les médicaments vétérinaires étaient utilisés, il a été question de :

- déterminer les raisons de leur utilisation (thérapeutique, prophylactique ou les deux) ;
- déterminer si possible les maladies pour lesquels ils sont utilisés ;
- déterminer le prescripteur des médicaments utilisés (docteur vétérinaire, technicien vétérinaire, le vendeur ou le fermier lui-même) ;
- déterminer l'origine des médicaments vétérinaires ;
- déterminer le mode ou voie d'administration des médicaments vétérinaires (eau de boisson, aliments ou les deux) ;
- identifier les différentes substances actives présentes dans les médicaments et leurs familles d'appartenance ;
- identifier le respect ou non du délai d'attente ;
- catégoriser les médicaments vétérinaires (autorisé d'usage chez les animaux producteurs de denrées ou non).

#### ❖ Estimation de l'usage quantitatif

La quantité de médicament administrée par les fermiers à l'issue de cette enquête, a été convertie en mg de substance active par kg de poids vif et la fréquence d'utilisation des différentes substances actives a été calculée comme décrit par Jensen *et al.* (2004), et repris par Godam *et al.* (2016). La dose journalière définie (DJD) est la dose moyenne d'entretien par jour et par kg de poulet. Elle a été calculée pour un médicament spécifique sur la base des instructions marquées sur l'étiquette du produit par l'enquêteur. Pour tous les médicaments, y compris les préparations combinées, les valeurs de la DJD ont été estimées pour toutes les substances actives. La dose journalière utilisable (DJU) par mg/kg, décrivant la quantité de substance active telle qu'administrée aux poulets par les fermiers a été calculée en divisant la quantité du médicament vétérinaire administré (mg) par le nombre de poulets multiplié par le poids moyen lors du traitement pour définir un poulet standard traité (Godam *et al.*, 2016).

Les rapports DJU/DJD ont été calculés comme un moyen d'évaluation de l'exactitude des dosages. Les médicaments vétérinaires ayant des rapports dont les valeurs sont comprises entre 0,8 et 1,2 sont considérés comme de dosage correct tandis que ceux présentant des valeurs inférieures à 0,8 et supérieures à 1,2 sont considérés comme étant en sous dosage et surdosage respectivement. Le pourcentage de chaque substance active a été calculé en faisant le rapport

suivant : 
$$\frac{\text{Quantité totale des substances actives utilisées (mg)}}{\text{Quantité de la substance utilisée (mg)}} \times 100$$

---

### II.3.1.4.2- Détermination du score de biosécurité et du niveau de risque de chaque ferme visitée

Un score de biosécurité a été attribué à chacune des fermes visitées sur la base des pratiques de biosécurité. Le système de score utilisé était celui de « *l'United States Agency for International Development (USAID)* » qui attribue à chaque pratique un score allant de 0 à 3 (tableau 9) (USAID, 2009). Sur la base de la « *check list* », des réponses du fermier et des observations faites par les enquêteurs, un score a été attribué à chaque ferme visitée. Les critères d'attribution des scores ont été le respect strict d'une mesure (la présence d'un point de lavage ou trempage des pieds obligatoire à l'entrée du poulailler par exemple), le respect minimal d'une mesure (la présence d'un point de lavage ou trempage des pieds facultatif à l'entrée du poulailler par exemple), le respect faible d'une mesure (présence d'un point de lavage et de trempage des pieds vide par exemple) et un non-respect total (absence d'un point de lavage ou de trempage des pieds à l'entrée du poulailler par exemple). En effet, pour un respect stricte d'une mesure de biosécurité, le score attribué est de 0, pour un respect minimal le score est de 1, pour un faible respect (ne respecte pas toujours c'est-à-dire je respecte aujourd'hui et demain pas) le score est de 2 et pour le non-respect total, le score est 3 (Tableau 9). Le système de score de biosécurité adopté dans cette étude comportait une large gamme d'indicateurs de biosécurité, le rendant ainsi complet pour le système de production local. Le système fournissait pour chaque ferme et pour chaque indicateur une valeur quantitative pour déterminer le niveau d'implémentation de biosécurité. La moyenne de score de biosécurité (MSB) a été calculée pour les indicateurs de biosécurité pour toutes les fermes qui ont été classées en quatre groupes : pas de risque, risque faible, risque modéré et risque élevé.

**Tableau 9** : Critères utilisés pour attribuer des scores aux niveaux de risque

Niveaux de risque de Biosécurité	Pratiques de biosécurité /caractéristiques
0= pas de risque	Aucune présence ou aucun contact observé
1= faible risque	Présence minimale ou aucun contact observé
2= risque modéré	Certaines présences or contacts minimales observés
3= risque élevé	Présence significative ou contact significatif observé

### II.3.2- Enquêtes de consommation auprès de quelques ménages

Cette enquête s'est déroulée dans la période allant d'août 2017 à juillet 2019 et avait pour but d'estimer les quantités de poulet et d'œufs consommées par catégories d'individu. Pour cela, un échantillonnage transversal en grappes a été appliqué dans les trois régions d'étude (Centre, Littoral et Ouest). La taille d'échantillon était de 900 ménages, soit 300

---

ménages par région. Chaque région a été divisée en trente grappes contenant chacune 10 ménages. La méthode de sélection ayant été incluse dans l'étude était la méthode des quotas qui consistait premièrement à énumérer tous les ménages de chaque grappe. Ensuite, de manière aléatoire un point de départ (le premier ménage à enquêter) de l'itinéraire de sélection a été défini dans chaque grappe sur une carte. Une sélection des ménages adjacents a suivi jusqu'à obtention de 30 ménages consentants. Les critères d'inclusion ont été : un minimum de 2 ans d'installation de la famille concernée dans la zone, l'âge des répondants du ménage (au moins 18 ans) et avoir vécu au moins 2 ans dans le ménage. Le critère de non inclusion était ne pas consommer le poulet et les œufs et nécessiter de l'argent pour participer. Pour la mise en œuvre de l'enquête une autorisation a été obtenue auprès des services du gouverneur des différentes régions d'étude (Annexe 3).

### **II.3.2.1- Outils de collecte des données**

Les données de consommation du poulet et des œufs ont été obtenues à l'aide des questionnaires. Le questionnaire structuré (Annexe 4) avec des questions à réponses ouvertes et fermées a été appliqué aux ménages (300 dans chacune des trois régions) par une équipe de deux personnes, l'entretien a duré 30 minutes. Le questionnaire comportait trois parties : 1) informations sur les personnes vivants dans la ménage (âge, poids) ; 2) fréquence de consommation de poulets et d'œufs; 3) connaissance des champignons, des mycotoxines, des médicaments vétérinaires et des métaux lourds.

### **II.3.2.2- Pré-test en vue de la préparation du questionnaire**

Une série de questionnaires préliminaires a été préparée et testée auprès de 30 ménages de la ville de Yaoundé pour la consommation du poulet et des œufs. Les modifications nécessaires ont été apportées et le questionnaire final a été préparé sur la base de l'enquête pilote (Pré-test).

### **II.3.2.3- Mise en œuvre de l'enquête**

Les enquêtes auprès des ménages se sont déroulées sur la période allant de Janvier à Décembre 2018 auprès de 300 ménages dans chaque région. Pour faire partie de l'étude il fallait avoir vécu dans la zone au moins 2ans, consommer le poulet et les œufs et le répondant devait avoir au moins 18 ans. Le questionnaire était d'abord expliqué au ménage volontaire et consommant le poulet et les œufs avant son administration. Leur consentement a été obtenu verbalement. La fréquence et les quantités de consommation de poulet et d'œufs ont été évaluées en demandant aux participants combien de fois dans la semaine, le mois ou l'année ils

---

consomment du poulet et des œufs. Les informations sur le nombre de morceaux de poulet et le nombre d'œufs consommés par chaque catégorie d'individu (enfants, adolescents, adultes et personnes âgées) du ménage ont été recueillies pour une meilleure estimation quantitative. Une estimation de la masse correspondante a été faite en supprimant le biais lié à la présence des os dans une partie de poulet (en moyenne 71,1% d'une partie) et des coquilles d'œufs (en moyenne 12,8% d'un œuf) non consommées. Vêtus de vêtements légers, les personnes âgées, adultes, adolescents et enfants de chaque ménage ont été pesés à 10 g près avec une balance électronique (Seca, Hambourg, Allemagne).

#### **II.3.2.4- Estimation des quantités de poulets et d'œufs consommées**

L'estimation des quantités de poulets et d'œufs préparés consommées par les différentes catégories d'individu a été faite au moyen d'une enquête transversale ayant plusieurs grappes et en plusieurs étapes, complétée par les pesées des muscles, des foies, des gésiers et des œufs frais qui ont été frits et les masses représentant les os et la coquille ont été soustraites.

### **II.4- Estimation du niveau de contamination**

#### **II.4.1- Matériel biologique**

Le matériel biologique utilisé dans cette étude était constitué :

- des aliments de finition de poulets de chair et pondeuses ;
- de poulets de chair vivants (45 jours) prélevés dans 2 fermes de chaque région;
- des œufs frais prélevés dans 6 fermes de pondeuse.

En effet, à l'issue de l'enquête menée auprès des fermes de poulet, toutes les fermes enquêtées ont été réparties en deux groupes en fonction du niveau de risque de biosécurité. Dans chacun des deux groupes une ferme de pondeuse et une ferme de poulet de chair ont été choisies de manière aléatoire. Les photos des différents échantillons sont présentées à l'annexe (Annexes 3, 4 et 5).

Le prix moyen des poulets (prêts à la consommation) prélevés lors de l'étude était de 3000 FCFA l'unité, leur âge moyen est de 45 jours et leur masse corporelle moyenne à l'état vif est de  $2,3 \pm 0,2$  kg (Centre et Littoral) et de  $2,4 \pm 0,5$  kg (Ouest). Les plumes représentaient moyenne  $11\% \pm 0,05\%$  de la masse corporelle de la carcasse et les organes internes en moyenne 14% de la carcasse plumée. Les œufs prélevés ont été répartis en trois grands groupes en fonction du poids et du prix (petit (43g ; 50FCFA), moyen (57,5g ; 60-75FCFA) et gros (78.2g ; 80-100FCFA)). La masse de la coquille représente 10 à 15% de la masse totale de l'œuf. L'œuf entier (jaune et blanc) représentait entre 85 et 90% de la masse totale de l'œuf.

---

## **II.3.2- Prélèvement des différents échantillons constituant le matériel biologique**

### **II.3.2.1- Aliments de poulet**

Le prélèvement des aliments s'est fait comme décrit par la directive No. 401/2006 de la Commission Européenne (CE, 2006) de la période d'août à Janvier 2018. Dans chaque ferme de poulets de chair ou de pondeuses, 4 kg d'aliments ont été prélevés en duplicate à divers endroits de 4 sacs d'aliments de 50 kilogrammes (kg) choisis aléatoirement parmi ceux disponibles. Les 4 sacs sélectionnés aléatoirement pour le prélèvement des aliments étaient de la même série ou bande pour réduire la variabilité et s'assurer de la représentativité effective de la série. Chaque sous échantillon de 1 kg (provenant d'un sac) était constitué de 3 portions de 300 à 350 g. Les sous échantillons ont été collectés manuellement à l'aide d'une sonde en trois points (le haut, le milieu et le fond (bas)) des sacs de 50kg d'aliments. Les aliments prélevés dans chaque endroit ont été homogénéisés dans des sacs et les 1/4 étaient prélevés pour donner 15 échantillons représentatifs (4 échantillons d'aliments dans Centre, 4 dans le Littoral, 4 à l'Ouest et 3 dans les points de vente).

### **II.3.2.2- Poulets de chair et œufs**

Du fait de l'absence d'un plan d'échantillonnage pour le Cameroun en ce qui concerne le nombre de poulet et œufs à prélever pour des analyses, le nombre d'échantillons de poulet de chair et d'œufs à prélever a été déterminé sur la base de la formule de Yamane (1967).

$$T = \frac{N}{1 + N * i^2}$$

T : taille de l'échantillon ; N : nombre de poulets de chair et d'œufs dans les fermes où les échantillons ont été collectés (N=1000 pour les deux cas) et i : précision (i=14% pour poulet et i=7% pour œufs).

Les poulets de chair (N=48, 16 par région) pesant de 1,8 à 2kg ont été prélevés aléatoirement dans six (06) fermes de poulets de chair, qui appartenaient à deux systèmes (semi-industriel et industriel) d'élevage ayant pour score de biosécurité 2 et 3 respectivement. Soit 3 fermes par systèmes de production. En effet, les poulets de ses deux systèmes sont ceux qui sont commercialisés. Les 06 fermes étaient constituées de 02 pour chacune des trois régions d'étude. Les poulets sélectionnés dans une ferme appartenaient à la même bande et avaient sensiblement la même masse. Les poulets de chair de chaque ferme ont été transportés séparément dans des corbeilles ayant des trous permettant les échanges d'air.

---

Cent-quatre vingt œufs (60 par région) de 50 à 180g ont été prélevés aléatoirement dans les 6 fermes de pondeuses choisies. Ces œufs (30 par ferme de pondeuse choisie) étaient constitués de trois sous échantillons représentatifs de 10 œufs chacun. Les 3 sous échantillons étaient constitués d'œufs provenant de 3 alvéoles d'œufs choisies aléatoirement dans une même série d'au moins 30 alvéoles d'œufs frais.

Les différents échantillons ont été transportés au Laboratoire d'Etudes des aliments et de Contrôle Qualité du Centre de Recherches en Alimentation et Nutrition de l'IMPM où ils ont été prétraités avant d'être conservés pour différents analyses. Les œufs de chaque ferme de pondeuses ont été emballés dans les alvéoles puis placés dans les cartons en polystyrène pour faciliter leur transport jusqu'au laboratoire.

### **II.3.3- Traitement des échantillons d'aliments, poulets de chair et œufs**

#### **II.3.3.1- Aliments**

Les échantillons représentatifs de chaque ferme et de chaque région ont été aliquotés en 400 aliquotes de 10g chacun dans les tubes à centrifuger de 50mL stériles. Une partie des aliquotes (40) a servi à la détermination de la teneur en eau et l'autre partie a été conservée à -18° C pour le screening des résidus d'antibiotiques, le dosage des mycotoxines et des métaux lourds.

#### **II.3.3.2- Poulets de chair**

Les 8 poulets de chair prélevés dans chaque ferme, ont été abattus par étourdissement à l'aide de la partie pointue du couteau en les perçant sur la médulla oblongate. Après avoir tranché les cous les poulets ont été plongés dans l'eau bouillante (80°C) et plumés manuellement. Les muscles (cuisses et pectoraux) sans peau, les foies et les gésiers ont été prélevés sur chaque carcasse de poulet de chair à l'aide d'un couteau préalablement nettoyé avec de l'acide citrique et stérilisé. Les muscles des poulets de chair d'une même ferme ont été triturés puis mélangés de manière à obtenir un échantillon composite et représentatif. Les foies et les gésiers ont subi le même traitement mais séparément. Les échantillons composites de chaque tissu et de chaque ferme ont été aliquotés (400 aliquotes composites de muscles, 10 aliquotes composites de foie et 10 aliquotes composites de gésier) en 10 g dans des tubes stériles de 50 et 100mL. Trois cent quatre-vingt (380) aliquotes de muscles, 8 de foies et 8 de gésiers ont été conservées à -80°C pour le screening des résidus d'antibiotiques et le dosage des mycotoxines (aflatoxines totales, aflatoxine B<sub>1</sub> et ochratoxine A) et des métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc). Vingt-quatre (24) aliquotes de

---

muscles, 4 de foies et 4 de gésiers ont servi à la détermination de la teneur en eau. Les échantillons composites de chaque ferme étaient constitués de 4kg de muscle, 1 kg de foie et 1 kg de gésier. Les échantillons composites de muscle, de foie et de gésier sont présentés à l'Annexe 6.

### **II.3.3.3- Œufs**

Une fois au laboratoire, les œufs prélevés ont été pesés, lavés selon la ferme d'origine et la région (pour éviter les contaminations croisées), cassés et mélangés de manière à obtenir des échantillons composites (2700 g) qui ont été aliquotés (270 aliquotes) en 10 g dans les tubes stériles. Deux cent soixante-cinq (265) aliquotes ont été conservée à -80°C pour analyses ultérieures (screening des résidus d'antibiotiques, dosage des mycotoxines (aflatoxines totales, aflatoxine B<sub>1</sub> et ochratoxine A) et des métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc)). Quinze (15) aliquotes a servi à la détermination de la teneur en eau. La masse de l'œuf entier (jaune et blanc d'œuf) a été déterminée en faisant la différence entre la masse de l'œuf avec coquille et la masse de la coquille vide. La photo des œufs est présentée à l'Annexe 7.

### **II.3.3.4-Echantillons à analyser**

Après les différents prétraitements, 15 échantillons d'aliments (6 aliments chair locaux, 6 aliments locaux de poudeuses et 3 aliments importés de poudeuses), 6 échantillons composites de muscles (2 par région), 6 échantillons composites de foies (2 par région), 6 échantillons composites de gésiers (2 par région) et 6 échantillons composites d'œufs (2 par région) ont servi au screening des résidus de quelques familles d'antibiotiques d'une part et à l'analyse des mycotoxines et des métaux lourds d'autre part.

## **II.4- Analyses des différents échantillons**

Les analyses ont été effectuées sur tous les échantillons et ont concerné : le screening des résidus de quelques familles d'antibiotiques (chloramphénicol, bêta-lactamines, macrolides, sulfonamides et tétracyclines) les dosages des mycotoxines (aflatoxine totale, aflatoxine B<sub>1</sub> et ochratoxine A) et de quelques métaux lourds essentiels (chrome, cuivre, nickel et zinc) et toxiques (arsenic, cadmium, mercure et plomb).

### **II.4.1- Screening des résidus d'antimicrobiens dans les différents échantillons**

Le screening a été réalisé à l'aide d'une méthode de radio récepteur radioactive connue sous le nom de Charm II test utilisant un kit. Cette technique permet de détecter les résidus d'antibiotiques dans les différentes matrices au-delà des limites maximales de résidus.



---

C'est un test semi-quantitatif. En effet, il possède des niveaux de détection bien définis pour chaque antibiotique. Pour déterminer la quantité exacte de l'antibiotique dans une telle matrice, le test doit être confirmé par une méthode telle que la chromatographie liquide haute performance (CLHP).

#### ❖ **Principe**

Le Charm Test II pour antibiotiques est un test de compétition basé sur la radioactivité. On met en contact une culture de bactéries (récepteur) avec la matrice à tester et l'antibiotique marqué au carbone 14 [<sup>14</sup>C] ou au tritium [<sup>3</sup>H] qui est le traceur radioactif. Si la matrice contient l'antibiotique à tester alors une partie de l'antibiotique marqué ne se fixe pas sur les sites actifs du récepteur. Après la centrifugation on ajoute le liquide de scintillation (opti-fluor). Les particules β- provenant de la désintégration du carbone 14 ou du tritium excitent les molécules du liquide de scintillation, ces derniers émettent des photons au cours du retour à l'état fondamental. Par suite les photons sont captés par le détecteur de l'analyseur (Charm Sciences, 2014 ; Mukota et al., 2020).

#### ❖ **Mode opératoire**

Le mode opératoire pour chaque antibiotique analysé s'est fait en trois étapes qui sont : la préparation des solutions, l'extraction des échantillons, et le screening. Le kit de test antimicrobien a été obtenu auprès de Charm Sciences Inc., Lawrence, MA (Etats-Unis d'Amérique), et inclus des éléments pour la détection des sulfonamides (SMMSU-022C), macrolides (EMSU-023A) ; les tétracyclines (TMSU-025) et chloramphénicol (STMSU-023A).

#### ❖ **Première étape : préparation des solutions**

De nombreuses solutions ont été préparées suivant les indications du fabricant à savoir:

- le tampon d'extraction MSU-EB ;
- les standards concentrés MSU-MA ;
- le standard concentré négatif ;
- le contrôle négatif ;
- le contrôle positif ;
- le tampon d'extraction.

#### ❖ **Deuxième étape : extraction de l'échantillon**

Un tube de 50mL a été étiqueté, 30mL de tampon MSU d'extraction et 10g d'échantillon broyé de chaque type ont été introduits et le tampon d'extraction a été ajouté pour ajuster le



---

volume total à 40mL. Le tube a été par la suite homogénéisé pendant 30 à 60 secondes à l'aide d'un agitateur. Le mélange du tube a été incubé à  $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant 45 minutes. Après incubation, le tube a été refroidi dans de la glace pendant 10 min, puis centrifugé pendant 10 minutes à une vitesse de 3000tours/min. Après centrifugation, le surnageant a été recueilli et utilisé pour le screening proprement dit.

❖ **Troisième étape : screening**

Dans un tube en verre de 10mL, en fonction de l'antibiotique dosé, un comprimé contenant la culture de bactéries (récepteur) et l'antibiotique marqué (traceur) qui lui est associé ont été introduits et 300 $\mu\text{L}$  d'eau distillée ont été ajoutés. L'ensemble a été mélangé pendant 10 secondes et quatre mL d'extrait ont été ajoutés, ainsi qu'un comprimé (marqueur) selon la famille d'antibiotiques recherchés. Le mélange obtenu a été homogénéisé pendant 10 secondes. L'ensemble a été incubé à  $35^{\circ}\text{C}$  pendant 5 minutes et centrifugé pendant 5 minutes (3000 tours/min). Le surnageant a été versé et le culot a servi au screening proprement dit. En effet, 300 $\mu\text{L}$  d'eau distillée ont été introduits dans le culot récupéré et homogénéisé. Trois (03) mL de liquide de scintillation ont été introduits dans le mélange obtenu. Le mélange a été agité jusqu'à obtention d'un mélange homogène et introduit dans l'analyseur (Charm II) pour lecture en 60 secondes (1 minute).

❖ **Expression des résultats**

Les résultats après lecture dans l'analyseur pour les matrices (aliments, tissus et œufs de poulet) ont été exprimés en CPM (Compte par Minute) à l'aide d'un logiciel appelé *C2soft* version 14.1. L'affichage de la mention « *Found ou positive* » pour une famille d'antibiotiques traduit la présence de son résidu dans l'échantillon au-delà de la limite maximale recommandée pour ce résidu dans les denrées destinées à la consommation humaine.

#### **II.4.2- Dosage de l'aflatoxine totale, de l'aflatoxine B<sub>1</sub> et de l'ochratoxine A dans les échantillons d'aliments, de tissus et d'œufs de poulets**

Le dosage de l'aflatoxine totale (AFT), de l'aflatoxine B<sub>1</sub>(AFB<sub>1</sub>) et de l'ochratoxine A (OTA) s'est fait par la méthode ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay).

❖ **Principe**

L'ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay) est une technique immuno-enzymatique de détection qui permet de visualiser une réaction antigène-anticorps grâce à une réaction colorée produite par l'action d'une enzyme préalablement fixée à un anticorps sur un substrat. Le dosage est réalisé dans des micro-puits en plastique qui ont été revêtus d'anticorps anti-AFBT, anti-AFB<sub>1</sub> et anti-OTA, les enzymes d'AFBT, d'AFB<sub>1</sub> et d'OTA, qui contiennent

---

respectivement l'anti-AFBT, l'anti-AFB<sub>1</sub> et l'anti-OTA. La compétition se joue donc entre les antigènes marqués et non marqués pour leur liaison aux anticorps, qui sont en défaut. Ainsi plus les AFT, les AFB<sub>1</sub> et les OTA sont présents dans le milieu plus elles seront fixées. Inversement, si la concentration initiale de l'antigène est faible, le signal sera fort. L'ajout de la solution stop provoque un virage de couleur au jaune. L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 450nm.

❖ **Mode opératoire**

✓ **Préparation des solvants et solutions d'extraction (première étape)**

La préparation des solvants et tampons d'extraction s'est faite selon les indications du fabricant (MaxSignal<sup>®</sup> -1055-05 (BIOO Scientific Corp, 2018 V.)).

✓ **Préparation des échantillons**

L'extraction des différents échantillons s'est faite selon les indications contenues dans le manuel fourni par le kit ELISA de MaxSignal<sup>®</sup> -1055-05 (BIOO Scientific Corp, 2018 V.). Chaque échantillon d'aliment a été écrasé à l'aide d'un robot mixeur de marque Nr.4016471031760 pendant 5 minutes. Puis 5g ont été pesés et introduits dans un tube à centrifuger de 50mL. Vingt-cinq (25) mL de méthanol 70% (obtenu en mélangeant 7 volumes de méthanol 100% grade HPLC avec 3 volumes d'eau distillée) ont été introduits dans le tube contenant l'aliment qui a été agité vigoureusement et manuellement pendant 3 minutes. Le mélange du tube a été centrifugé à l'aide d'une centrifugeuse de marque Rotofox 32 A (D-78532 Tuttlingen, type 1206, Werk Nr°0020010) pendant 10 minutes à 4000g à 25°C. Le surnageant a été recueilli et 100µL de ce surnageant ont été dilués avec 700µL de la solution B (obtenu en mélangeant 6 volumes de méthanol 100% grade HPLC avec 14 volumes de 1X tampon d'extraction de l'échantillon fournit par le kit) et vortexés pendant 1 minute puis, 150µL du nouveau mélange ainsi obtenu ont été utilisés dans chaque puits pendant le dosage. Chaque échantillon de tissu ou œuf de poulet a été écrasé et homogénéisé pendant 5 minutes puis 2g ont été pesés et introduits dans un tube à centrifuger de 50mL. Huit (08) millilitres du méthanol 87,5% (obtenu en mélangeant 7 volumes de Méthanol 100% grade HPLC avec 1 volume d'eau distillée) ont été introduits dans le tube contenant l'homogénat de tissu ou œuf de poulet qui a été agité vigoureusement à la main pendant 3 minutes. Le mélange du tube a été centrifugé pendant 10 minutes à 4000g à 25°C. Le surnageant a été recueilli et 300µL de ce surnageant ont été dilués avec 900µL de la solution C (obtenu en mélangeant 7 volumes de méthanol 100% grade HPLC avec 23 volumes de 1X tampon d'extraction de l'échantillon fournit par le kit) et vortexés pendant 1 min puis 150µL du nouveau mélange ainsi obtenu ont été utilisés dans chaque puits pendant le dosage.

---

### ❖ Contrôle de la qualité analytique

Il a été fait en utilisant une approche de contrôle de qualité interne (CQI) et validé avant utilisation. Six CQI différents ont été choisis pour surveiller la séquence analytique : étalonnage, blancs, standard de milieu de gamme, solution standard enrichie, matériel de référence certifié et doublons. Lorsque les critères d'acceptation n'étaient pas satisfaits pour un échantillon, les résultats étaient rejetés et l'échantillon était ré-analysé. La limite de détection (LD) et la limite de quantification (LQ) ont été déterminées pour tous les échantillons (aliments, tissus de poulet de chair et œufs) analysés. Les échantillons avec des valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ) ont été enregistrés comme ne contenant pas de mycotoxines. La limite de détection de la méthode analytique a été déterminée selon le protocole expérimental décrit par CEAEQ (2015) avec quelques modifications notamment au niveau du nombre de replicat. En effet 5 replicats au lieu de 10 des différents échantillons d'aliment, tissus et œufs de poulets ayant une concentration connue ont été analysés suivant toutes les étapes de la méthode d'analyse pour déterminer les concentrations des différents replicats. Les moyennes, les écarts-types (1) et le coefficient de variation (CV) (2) ont été calculés en utilisant les formules ci-dessous.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m - x_i)^2}{n - 1}} \quad (1)$$

$$CV (\%) = \frac{S}{m} \times 100 \quad (2)$$

Avec :

m : moyenne arithmétique d'une série de mesures ;

x<sub>i</sub> : mesures individuelles ;

n : nombre de mesures ;

S : écart type d'une série de mesure ;

CV : coefficient de variation.

La limite de détection (LD) a été calculée en multipliant l'écart-type par trois (3).

$$LD = 3X S \quad (3)$$

La validité de la démarche (ratio de conformité (R)) de la détermination de la LD a été calculée à l'aide de la formule suivante (4) :

---

---

$$R = \frac{m}{LD_{calculé}} \quad (4)$$

Avec :

R : ratio de conformité ;

m : moyenne arithmétique des n réplicats ;

LD : limite de détection de la méthode.

La LQ a été calculée à partir de l'écart-type obtenu dans l'évaluation de la limite de détection à l'aide de la formule suivante :  $LQ=10 \times S$  (5)

#### ❖ **Quantification des mycotoxines**

##### ✓ **Préparation des solutions de lavage**

La préparation des solutions de lavage a été faite en suivant les indications du fabricant.

##### ✓ **Aflatoxines totales et aflatoxine B<sub>1</sub>**

A l'aide d'une micropipette de 1000µl de marque Gilson (NB 30754), 150µL de chaque standard de concentration connue ont été introduit en double dans différents puits de la plaque de transfert (de la plus faible concentration à la plus forte). Cent cinquante (150) microlitres de chaque extrait d'échantillon ont été prélevés et introduits en double dans les puits de transfert. Dans chaque puits de transfert contenant le standard ou l'extrait d'échantillon, 75µL du conjugué aflatoxine-enzyme ont été ajoutés et les contenus des différents puits ont été mélangés par un jeu de pipetage-relâchement en 5 fois successives. Cent cinquante (150) µL du mélange de chaque puits ont été transférés sur une autre plaque (contenant des puits dans lesquels les anticorps étaient fixés) qui a été incubée pendant 10 minutes à température ambiante (25°C) en agitant doucement à l'aide de la main pendant 1 minute et la plaque étant recouverte avec du papier aluminium. Après incubation, le contenu des puits a été versé et chaque puit a été lavé trois fois avec 250mL de la solution de lavage 1X. Après le dernier lavage, la plaque a été inversée contre du papier absorbant pour être séchée. Dans les puits secs, 100µL du substrat ont été ajoutés, la plaque a été agitée doucement pendant 1 minute à l'aide de la main puis incubée pendant 5 minutes à température ambiante. Après incubation, 100µL du tampon d'arrêt ont été ajoutés pour arrêter la réaction enzymatique et la lecture a été faite immédiatement à une longueur d'onde de 450 nm à l'aide d'un lecteur de plaque ELISA de marque BioTek® (Numéro de Série : 253704).

##### ✓ **Ochratoxine A**

Cinquante (50) µL de chaque standard de concentration connue ont été introduits en double dans différents puits de la plaque de manière croissante. Un total de 50 µL de chaque extrait d'échantillon ont été prélevés et introduits en double dans les puits d'échantillons. Dans

---

chaque puits de transfert contenant le standard ou l'extrait d'échantillon, 50µL du conjugué anticorps#2-enzyme ont été ajoutés ainsi que 50µL de l'anticorps#1 ochratoxine A. Le mélange a été agité doucement et manuellement à la main pendant 1 minute. Les mélanges de chaque puits ont été incubés pendant 10 minutes à 25°C en recouvrant la plaque à l'aide d'un papier aluminium. Après incubation, le contenu des puits a été versé et chaque puits a été lavé trois fois avec 250mL de la solution de lavage 1X (obtenu en mélangeant 1 volume de la solution de lavage 20X fournit par le kit avec 19 volumes d'eau distillée). Après incubation, 100µL du tampon d'arrêt ont été ajoutés pour arrêter la réaction enzymatique et la lecture a été faite immédiatement à 450 nm.

❖ **Expression des résultats**

Les résultats ont été exprimés en µg/kg de matière fraîche à l'aide des courbes d'étalonnage.

**II.5- Evaluation du risque sanitaire**

L'évaluation du risque sanitaire réel s'est faite en prenant en compte les données de consommation de la présente étude et celles obtenues en 2001 (HBS/ECAMII, 2001) au cours de l'enquête nationale de consommation qui avait permis d'avoir les quantités de poulets et œufs préparés et consommés par tête d'individu au Cameroun.

❖ **Exposition alimentaire et caractérisation du risque**

✓ **Exposition alimentaire**

Une approche déterministique a été adoptée pour le calcul de l'exposition alimentaire aux aflatoxines totales, à l'AFB<sub>1</sub> et à l'OTA (Codex Alimentarius, 1995). En effet, les aflatoxines à l'instar de l'AFB<sub>1</sub> et l'OTA sont reconnues comme dangereuses et thermostables à 160°C et 180°C respectivement (Raters et Matissek, 2008). Leurs apports ont été déterminés sur la base de leurs concentrations moyennes, les quantités estimatives de poulet et d'œufs consommés (minimale, moyenne et maximale) par les différents individus des 900 ménages visités et leurs masses corporelles. L'équation (6) a servi à l'estimation de l'exposition alimentaire journalière (EAJ).

$$EAJ \text{ à l'AFT ou à l'AFB}_1 \text{ ou à l'OTA (ng/kg, mc/jour)} = \frac{C_m (\mu\text{g/kg}) \times Q_j (\text{g})}{\text{Masse corporelle (kg)}} \quad (6)$$

Avec :

EAJ à l'AFT : exposition alimentaire journalière à l'aflatoxine totale ;

EAJ à l'AFB<sub>1</sub> : exposition alimentaire journalière à l'aflatoxine B<sub>1</sub> ;

EAJ à l'OTA : exposition alimentaire journalière à l'ochratoxine A ;

---

$C_m$  : concentration moyenne en mycotoxine ;

$mc$  : masse corporelle

et  $Q_j$  : quantité de poulet et/ou d'œufs consommée

La concentration moyenne en mycotoxine pour le poulet a été déterminée en faisant la moyenne de la teneur de chaque toxine dans la chair, le foie et le gésier.

L'exposition alimentaire journalière globale (EAJG) pour chaque individu à travers la consommation du poulet et des œufs a été estimée suivant l'équation (7).

$$EAJG = \sum EAJ_{AFT P} + EAJ_{AFT O} + EAJ_{AFB_1 P} + EAJ_{AFB_{10}} + EAJ_{OTA P} + EAJ_{OTA O} \quad (7)$$

Avec P représentant le poulet et O les œufs de pondeuses

L'exposition alimentaire journalière chronique (EAJC) a été estimée comme décrit par la FAO/WHO (2004 ; 2005) suivant l'équation (8)

$$EAJC \text{ (ng/kg, mc/jour)} = \frac{\sum C_m X Q_j}{\text{Masse corporelle}} \quad (8)$$

L'exposition alimentaire journalière aiguë (EAJA) a été estimée sur la base du 97,5<sup>ème</sup> percentile de consommation du poulet et des œufs grâce à l'équation suivante (9).

$$EAJA \text{ (ng/kg, mc/jour)} = \frac{97,5^{\text{ème}} \text{ percentile de la quantité de P ou O consommée } X C_{max}}{\text{Masse corporelle}} \quad (9)$$

Avec :

P : poulet ; O : œufs et  $C_{max}$  qui est la concentration maximale en chaque mycotoxine dans le poulet (moyenne de la concentration maximale dans chaque tissu de poulet de chair) et dans les œufs de pondeuse.

#### ✓ **Caractérisation du risque**

Les marges d'exposition (MDEs) aux mycotoxines étudiées ont été calculées en suivant les recommandations de l'EFSA (2017) et du JEFCA (2007). Dans la présente étude, comme pour celles rapportées dans la littérature, la BMDL<sub>10</sub> a été utilisée pour estimer les marges d'exposition (MDEs). Le BMDL<sub>10</sub> (niveau de dose de référence) est la dose la plus faible avec une certitude à 95% de ne pas conduire à une augmentation de 10% de l'incidence du cancer du foie chez les rongeurs. Les MDEs ont donc été calculées en utilisant des valeurs BMDL<sub>10</sub> de 400ng/kg, pc/jour et 17,86ng/kg, pc/jour pour les aflatoxines et ochratoxine A, respectivement (Adetunji *et al.*, 2018 ; EFSA, 2020). Par conséquent, les MDEs ont été calculées comme un rapport entre la limite inférieure de la dose de référence, la limite inférieure

---

de 10% d'AFB<sub>1</sub> ou d'OTA et les apports journaliers alimentaires d'AFT, d'AFB<sub>1</sub> ou d'OTA. L'apport alimentaire journalier pour le poulet a été calculé en utilisant la concentration moyenne de l'AFT, l'AFB<sub>1</sub> et l'OTA dans le muscle, le foie et le gésier.

$$MDE = \frac{BMDL_{10} \text{ AFB}_1 \text{ ou OTA}}{EAJ} \quad (10)$$

## **II.6- Quantification des métaux lourds et estimation du risque associé**

### **II.6.1- Quantification des métaux lourds dans les aliments, de tissus et œufs de poulets**

Le dosage des métaux lourds (chrome, cuivre, nickel, zinc, arsenic, cadmium, mercure et plomb) s'est fait par spectrométrie à plasma à couplage inductif (ICP-OES).

#### **❖ Principe**

Le dosage des résidus de métaux lourds a été fait par plasma à couplage inductif comme décrit par Benton et Vernon (1990). En effet, la spectrométrie à plasma de couplage inductif ou "Inductively Coupled Plasma" est une technique analytique permettant de mesurer la teneur d'un élément inorganique présent dans un échantillon. Cette technique est applicable à tout type d'élément chimique élémentaire. Le "plasma à couplage inductif" associé à la spectroscopie d'émission optique (ICP-OES) utilise comme source d'ionisation un plasma. La détection des éléments présents dans l'analyte se fait par émission. L'analyte nébulisé est entraîné par une pompe péristaltique de manière à obtenir un aérosol qui est transporté dans le plasma où il est désolvaté, vaporisé, atomisé ou ionisé. Le retour à un état d'énergie plus bas s'accompagne de l'émission de radiations caractéristiques des éléments analysés. Un monochromateur permet la séparation des différentes longueurs d'ondes

#### **❖ Mode opératoire**

##### **✓ Minéralisation**

Cinq cent milligrammes (500mg) d'échantillon ont été pesés et introduits pour digestion dans un DigiTUBE contenant un mélange d'acide nitrique (5mL) et du peroxyde d'hydrogène (10mL) concentrés pendant 16 h à 25°C. Puis le mélange a été porté à 95°C durant 2 heures dans un bloc chauffant en graphite avant d'être filtré. Dans chaque série de tubes, au moins trois blancs ont été placés, et trois contrôles préparés. Une fois les portoirs installés sur le DigiPREP, les tubes ont été tournés de façon à ce que les ergots de positionnement correspondent avec les encoches et que le fond des tubes soit en contact avec le fond du bloc graphite. Les blancs ont été couverts avec des bouchons perforés afin de pouvoir insérer à l'intérieur la sonde de



température DigiPROBE. La sonde a été placée assez bas pour être immergée dans le liquide sans toucher le fond du tube. Le contrôleur de température a été allumé et le programme de température sélectionné. Après avoir laissé les tubes refroidir à 25°C, le volume de chaque échantillon a été ajusté à 20mL (Benton et Vernon, 1990).

✓ **Préparation de la gamme d'étalonnage**

Une gamme d'étalonnage a été préparée à chaque nouvelle série d'échantillon. Chaque solution d'étalonnage était constituée de différents volumes d'acide nitrique, d'un volume choisi de solution mère. Pour prendre en compte l'interférence possible des éléments majeurs, 1,5mL de solution mère a été ajouté puis complété avec de l'eau ultrapure afin d'atteindre le volume final de 250mL. Le Tableau 10 présente les différents standards et volumes utilisés.

**Tableau 10:** Standards et volumes des différents solutions d'étalons utilisées lors de la dosage des métaux

	Volumes (mL)						
Solutions étalons	1	2	3	4	5	6	7
Solutions (1000mg/L) Cd, Ni, Pb, Cr, As, Hg, Zn, Cu	125	150	175	200	225	250	–
HNO <sub>3</sub> concentré (0,2%)	125	100	75	50	25	–	250
Volume final	250	250	250	250	250	250	

Cd : cadmium, Ni : nickel, Pb : plomb, Cr : chrome, As: arsenic, Hg: mercure, Zn: zinc, Cu: cuivre.

Le tableau 11 présente les différentes longueurs d'ondes utilisées pour chaque métal lourd analysé.

**Tableau 11:** Longueurs d'ondes utilisées lors de la détermination des métaux lourds

Métaux lourds	Pb	Ni	As	Zn	Cu	Cd	Cr	Hg
Longueur d'onde (nm)	220,4	231,6	193,7	213,9	324,8	226,5	205,6	253,7

✓ **Expression des résultats**

L'appareil affiche directement les résultats en mg/L. Après analyse, la concentration en élément dans l'échantillon sec était calculée telle que :

$$C(\text{échantillon}) \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{C(\text{échantillon}) \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{Volume de minéralisation (L)}}{\text{Masse de la prise d'essai (kg)}} \quad (11)$$



---

✓ **Mesure de contrôle qualité**

Les étalons de calibration ou d'étalonnage des instruments ont été préparés à partir des normes certifiées de l'Institut Nationale de Technologie et des Normes. Quatre échantillons de référence externes et un échantillon de référence standard du NIST (National Institute of Standards and Technology) ont été introduits dans chaque série analysée (1 goutte).

**II.6.2- Evaluation du risque sanitaire associé aux métaux lourds**

❖ **Exposition alimentaire**

Une approche déterministique a été employée pour l'estimation de l'exposition alimentaire d'un enfant, d'un adolescent, d'un adulte et d'une personne âgée dans chacune des trois régions concernées par la présente étude. Cette estimation de l'exposition alimentaire a été faite sur la base des concentrations moyennes en métaux lourds dans les échantillons de tissus de poulets de chair et d'œufs, des quantités estimatives (moyenne) de poulets et d'œufs consommées par chaque individu et de la masse corporelle de chaque individu. L'équation ayant servi à faire le calcul est celle qui a été décrite par l'Agence des Etats-Unis pour la Protection de l'Environnement (USEPA, 2010).

$$EAJ (ng/kg, mc/jour) = \frac{C_m(ng/kg) \times Q_j(g/jour)}{Masse corporelle (kg)} \quad (12)$$

Avec :

EAJ : exposition alimentaire journalière ;

C<sub>m</sub> : concentration moyenne en métal lourd ;

et Q<sub>j</sub> : quantité de poulet et/ou d'œufs consommée.

La concentration moyenne en métal lourd pour le poulet a été déterminée en faisant la moyenne de la teneur de chaque métal dans la chair, le foie et le gésier.

L'exposition alimentaire journalière totale estimée (EAJE) pour des consommations moyennes a été calculée en faisant étant la somme des apports alimentaires journaliers individuels de chaque matrice (poulet et œuf) selon l'équation 13 (Uddh-Söderberg *et al.*, 2015 ; Rehman *et al.*, 2016) :

$$EAJE (ng/kg, mc/jour) = EAJ_p + EAJ_o \quad (13)$$

Avec :

EAJ<sub>p</sub> : exposition alimentaire journalière estimée moyenne du poulet (muscle + foie + gésier)

et EAJ<sub>o</sub> : exposition alimentaire journalière estimée moyenne des œufs.

---

### ❖ Caractérisation du risque

Les effets des risques pour la santé auxquels font face les individus qui consomment le poulet et les œufs contaminés par les métaux lourds ont été déterminés selon la directive d'évaluation intégrée des risques des métaux de l'Agence de Protection Environnementale des États-Unis (Chien *et al.*, 2002 ; USEPA, 2012 ; Rheman *et al.*, 2016).

#### ➤ Risque non carcinogène

Le risque non carcinogène est le risque lié à une substance qui ne peut causer le cancer. Ce risque non cancérigène a été évalué par le calcul du quotient de Danger cible (QDC) (Equation 14) et l'indice de risque pour la santé (IRS) (Equation 15).

$$QDC = \frac{DE \times C_m \times QI \times FE}{DOR \times MC \times TME} \times 10^{-3} \quad (14)$$

Avec :

DE : durée d'exposition (âge moyen de chaque catégorie d'individus) ;

C<sub>m</sub> : concentration en métal lourd (µg/kg) ;

QI : quantité de poulet ou d'œufs consommée par chaque individu (g/j) ;

FE : fréquence d'exposition (365 jours/an) ;

DOR : dose orale de référence (Tableau12).

MC : masse corporelle (kg) ;

TME : temps moyens d'exposition (365 jours/an X nombre d'année d'exposition pour chaque catégorie d'individu) (Tableau 13).

Il a été rapporté que l'exposition à deux ou plusieurs métaux lourds peut aboutir à des effets additifs et/ou interactifs. Ainsi donc l'indice de risque pour la santé (IRS) a été calculé. L'indice de risque pour la santé a été calculé en faisant la somme des quotients de danger cibles individuels selon l'équation (15)

$$IRS = \sum QDC_i \quad (15)$$

Avec i qui représente chaque métal lourd.

Lorsque la valeur de IRS dépasse 1, il existe un risque d'effet potentiel sur la santé.

**Tableau 12:** Valeurs des doses de références orales et ingestion du facteur de pente du cancer des métaux lourds (USEPA, 2010) (mg/kg/jour)

Métal lourd	Dose de référence	IFPCM "CFS"
Pb	0,004	0,0085
Ni	0,02	1,700
As	0,003	1,5
Zn	0,300	
Cu	0,04	
Cd	0,001	0,38
Cr	1,5 (0,0003)	0,5
Hg	0,0005	

IFPCM : facteur de pente cancérigène pour l'ingestion d'un métal lourd cancérigène  
*CSF : cancer slope factor*

➤ **Risque carcinogène**

Le risque de causer le cancer a été évalué en calculant le risque incrémentiel de cancer à vie (RICV) des métaux cancérigènes (plomb, chrome, cadmium, arsenic et nickel) (Equation 16).

$$RICV = ACJML \times IFPCM \quad (16)$$

Avec :

RICV : risque incrémentiel de cancer à vie ;

ACJML : apport chronique journalier des métaux lourds ;

IFPCM : facteur de pente cancérigène pour l'ingestion d'un métal lourd cancérigène.

L'apport chronique quotidien des métaux lourds a été calculé à partir de l'équation 17 suivant :

$$ACJML \text{ (ng/kg/jour)} = \frac{EAJ \times FE \times DE_{Tot}}{PE \times TME} \quad (17)$$

Avec :

EAJ : exposition alimentaire journalière ;

FE : fréquence d'exposition ;

DE<sub>Total</sub> : durée d'exposition total ;

PE : période d'exposition (âge moyen de l'individu) ;

TME : temps moyen d'exposition.

Les doses de références orales, l'ingestion du facteur de pente du cancer des métaux, les fréquences d'exposition, les durées d'exposition totale, la période d'exposition et les temps moyens d'exposition sont présentés dans les Tableaux 12 et 13 ci-dessous.

**Tableau 13:** Paramètres de détermination du risque sanitaire (selon la méthode décrite par Rehman *et al.*, 2016)

Paramètres	Valeurs		
	Centre	Littoral	Ouest
Masse corporelle (Kg)	29,9	26,1	19,6
	59,1	60,4	49,5
	60,0	74,3	79,3
	68,8	77,9	84,1
Fréquence d'exposition (jours)	365	365	365
	365	365	365
	365	365	365
	365	365	365
Temps moyen d'exposition (TME) (années) pour le risque non cancérogène (365 jours/an X espérance de vie (56,3 ans))	20549,5	20549,5	20549,5
	20549,5	20549,5	20549,5
	20549,5	20549,5	20549,5
	20549,5	20549,5	20549,5
Temps moyen d'exposition (TME) (années) pour le risque cancérogène (365 jours/an X âge moyen de chaque catégorie d'individus)	3431	3248,5	2920
	6059	5913	5511,5
	13578	13322,5	16242,5
	25769	24820	26499
Durée totale d'exposition (DTE) (années)	56,3	56,3	56,3
	56,3	56,3	56,3
	56,3	56,3	56,3
	56,3	56,3	56,3
Ages moyens (années)	9,4	8,9	8,0
	16,6	16,2	15,1
	37,2	36,5	44,5
	70,6	68,0	72,6

## II.7- Analyses statistiques

Les données obtenues ont été introduites dans Excel et ont fait l'objet d'une analyse statistique grâce au logiciel SPSS version 20.0 pour Windows. Les données qualitatives de l'enquête ont été exprimées sous forme de pourcentage et les données quantitatives sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type. Le test de corrélation de Pearson a été employé pour voir si les variables qualitatives identifiées ont un effet significatif sur les réponses (deux à deux) au seuil de significativité de 5%. Le test de khi2 a été réalisé pour voir l'influence de la région, du niveau d'étude, de l'âge et du revenu mensuel du ménage sur les quantités de poulets et d'œufs consommées. Le test ANOVA à un facteur a permis de comparer les moyennes des teneurs dans les échantillons d'aliments, de tissus (chair, foie et gésier) et d'œufs de poulets des différentes régions au seuil de significativité de 5%. Les graphes sont tracés à l'aide du logiciel Excel 2010 de Microsoft office 2010.

# CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

### III.1- Pratiques avicoles et mesures de biosécurité dans les fermes

#### III.1.1- Pratiques avicoles

##### III.1.1.1- Caractéristiques générales des fermiers et des fermes visitées

Le Tableau 14 présente les caractéristiques générales des fermiers interrogés et leurs fermes dans les régions d'étude (Centre, Littoral et Ouest). Les différents pourcentages de ces caractéristiques générales ont été obtenues à l'aide du logiciel SPSS version 20.0.

**Tableau 14:** Caractéristiques générales des fermiers et des fermes visitées

Caractéristiques	Modalité	Nombre de fermiers N (%)
Sexe	Masculin	77 (85,6)
	Féminin	13 (14,4)
Formation	Aucune	67 (74,4)
	Formé	23 (25,5)
Expérience	3 – 5 ans	32 (35,6)
	> 3ans	54 (60,0)
	< 3 ans	4 (4,4)
Contraintes	Financières	25 (27,8)
	Sanitaires	63 (70,0)
	Matières premières	2 (2,2)
Raison de pratique	Commerciales	57 (63,3)
	Mixtes (commerciales et familiales)	30 (33,3)
	Familiales	3 (3,4)
Systèmes d'élevage	Système industriel (1)	51 (56,7)
	Système semi-industriel (2 et 3)	37 (41,1)
	Système villageois (4)	2 (2,2)
Taille ferme	200 à 500	23 (25,6)
	501 à 1 000	28 (31,1)
	1001 à 20000	39 (43,3)
Age des poulets	< 4 semaines	37 (41,1)
	4 - 8 semaines	27 (30,0)
	> 8 semaines	26 (28,9)
Nature poulets	Poulets de chair	50 (55,6)
	Poulets pondeuses	40 (44,4)

Les systèmes de production identifiés sont : « industriel », « semi-industriel » et « villageois ». Toutefois, le système industriel (56,7%) est le système d'élevage le plus appliqué par les fermiers des trois régions. Les poussins et les aliments proviennent majoritairement (71,1%) des sources commerciales certifiées (SPC, ALIVET, NAPCAM, BELGOCAM) et des fournisseurs inconnus dans 28,9% des fermes. Sur les 64 fermes ayant un fournisseur commercial certifié, 44 ont un seul fournisseur tandis que 20 ont plusieurs fournisseurs. La

---

diversité des fournisseurs de poussins et d'aliments (connues et inconnues) peut être un facteur de risque pour le secteur avicole.

Dans le cadre de la première évaluation du secteur avicole au Cameroun, il a été rapporté également trois systèmes d'élevage de poulets (industriel, semi-industriel et villageois). Les régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest étant les principaux producteurs parce que situées dans les grands bassins de production agricole (Teleu et Ngatchou, 2006). Les données de caractérisation des fermes visitées corroborent celles rapportées au Nigeria par Madaka *et al.* (2016).

### **III.1.1.2- Pratiques d'utilisation des médicaments vétérinaires**

#### **III.1.1.2.1- Raisons de l'usage des médicaments vétérinaires**

Les enquêtes réalisées auprès des fermes avicoles ont permis de relever que les maladies sont présentes dans 60,6% des fermes au Centre, 70% au Littoral et 80% à l'Ouest. Il s'agit des maladies comme la coccidiose et les diarrhées (blanche, verte, marron). Les médicaments vétérinaires sont utilisés pour des raisons prophylactiques (29,8% au Centre, 35,5% au Littoral et 55,5% à l'Ouest), thérapeutiques et prophylactiques/thérapeutiques. Ces médicaments sont administrés par voie orale et leur administration n'est pas toujours associée à la présence de maladies comme observé dans certaines fermes visitées (39,4% au Centre, 30% au Littoral et 20% à l'Ouest). Quelques fermiers (19,7% au Centre, 10% au Littoral et 20% à l'Ouest) ont affirmé incorporer les médicaments vétérinaires dans les aliments donnés aux poulets.

Cependant, la voie d'administration la plus utilisée est l'eau de boisson et non l'incorporation dans les aliments. Probablement parce que les poulets malades pourraient ne pas manger, mais continuer à boire de l'eau (Love *et al.*, 2011). De plus les poulets peuvent consommer une quantité insuffisante pour leur besoin en médicaments.

#### **III.1.1.2.2- Prescription et origine des médicaments vétérinaires**

La majorité des fermiers interrogés a affirmé avoir recours aux praticiens vétérinaires (70,2% au Centre, 75% au Littoral et 73,5% à l'Ouest) pour la prescription des MVs, mais très peu respectent la posologie (52,6% dans le Centre, 45% dans le Littoral et 32,2% à l'Ouest). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'intérêt des fermiers serait porté prioritairement vers le gain et non la sécurité sanitaire des consommateurs. Bien que prescrits par les praticiens, les médicaments vétérinaires provenaient de diverses sources dont certaines restaient inconnues.

### III.1.1.2.3- Evaluation qualitative de l'usage des médicaments vétérinaires (MVs)

L'évaluation qualitative montre que 14 classes de MVs contenant au moins un principe actif sont utilisés au niveau des fermes (Tableau 15). Ces médicaments sont repartis en quatorze classes appartenant principalement aux antibiotiques, aux antihelminthiques et aux anticoccidiens. Les maladies fréquemment traitées chez les poulets sont donc d'origine microbienne pour la plupart, d'où l'utilisation importante des antimicrobiens comme observé.

**Tableau 15:** Différentes classes de médicaments vétérinaires (MVs) utilisées dans les 90 fermes visitées

Classe du MV	Substance active	Nombre (%) de mv administrés	Nombre (%) de ferme utilisant le MV
Aminoglycosides	Néomycine	2 (5,7)	1(1,1)
	Streptomycine	2 (5,7)	1(1,1)
Antihelminthique agoniste des récepteurs nicotiques	Lévamisole	4 (11,4)	5 (5,6)
Benzimidazoles	Albendazole	1 (2,9)	1 (1,1)
Diaminopyrimidines	Trimethoprim	3 (8,6)	2 (2,2)
Fluoroquinolones	Fluméquine	1 (2,9)	2 (2,2)
	Norflaxacine	1 (2,9)	4 (4,4)
Ionophores	Amprolium	2 (5,7)	3 (3,3)
Lincosamides	Lyncomycine	1 (2,9)	2 (2,2)
Macrolides	Erythromycine	2 (5,7)	3 (3,3)
	Tylosine	1 (2,9)	3 (3,3)
Nitrofuranes	Furaltadone	3 (8,6)	6 (6,7)
Polymixines	Colistine	5 (14,3)	5 (5,6)
	Sulfadimidine	2 (5,7)	6 (6,7)
	Sulfadiazine	3 (8,6)	8 (8,9)
Sulfonamides	Sulfaquinoxaline	1 (2,9)	3(3,3)
	Niclosamide	1 (2,9)	4 (4,4)
Salicylanilides	Niclosamide	1 (2,9)	4 (4,4)
Antihelminthique systémique	Pipérazine	1 (2,9)	4(4,4)
Tétracyclines	Doxycycline	5 (14,3)	7 (7,8)
	Oxytétracycline	5 (14,3)	20 (22,2)

Les tétracyclines, les sulfonamides, les antihelminthiques agonistes des récepteurs nicotiques, les fluoroquinolones et les nitrofuranes sont les classes d'antimicrobiens communément utilisées. Les tétracyclines (56,1%), les antihelminthiques agonistes des récepteurs nicotiques (49,1%), les sulfonamides (40,4%), les fluoroquinolones (15,8%) et les nitrofuranes (15,8%) sont plus utilisés. Les substances actives contenues dans ces médicaments sont l'oxytétracycline (22,2%), la sulfadiazine (8,9%) la doxycycline (7,8), la sulfadimidine



---

(6,7%) et la furaltadone (6,7%), utilisées respectivement dans 22,2%, 8,9%, 7,8% et 6,7% des fermes visitées. Cinq (05) médicaments contiennent pour substances actives la colistine, la doxycycline et l'oxytétracycline, 3 la triméthoprime, la furaltadone et la sulfadiazine comme substances actives. Trois médicaments contiennent pour substances actives l'amprolium, l'érythromycine et la sulfadimidine. Un médicament contient pour substance active l'albendazole, la fluméquine, la norfloxacine, la lyncomycine, la tylosine, la sulfaquinoxaline, le niclosamide et la pipérazine.

A Yaoundé, l'usage des fluoroquinolones, des sulfonamides et des tétracyclines a été rapporté dans 57,1%, 53,1% et 46,9% des fermes de poulets respectivement (Godam *et al.*, 2016). En Tanzanie, il a été rapporté l'usage des tétracyclines et des sulfonamides dans 90 et 85% des fermes respectivement (Nonga *et al.*, 2009). Au Nigéria, il a été rapporté une forte utilisation des fluoroquinolones (enrofloxacin et norfloxacine) (Ogunleye *et al.*, 2008).

#### **III.1.1.2.4- Evaluation quantitative de l'usage des médicaments vétérinaires**

L'évaluation quantitative consiste à déterminer la dose journalière définie (DJD) (dose comme elle devrait être appliquée), la dose journalière utilisée (DJU) (dose comme elle est appliquée en réalité), la quantité de médicaments utilisés pour 1000 poulets par semaine et le pourcentage de chaque médicament par rapport à la quantité totale de médicament utilisé par semaine. La vérification du respect des doses a été faite en calculant le rapport DJU/DJD. Les substances actives, les doses appliquées par les fermiers et les quantités totales en gramme des différentes classes d'antimicrobiens utilisés sont présentés dans le Tableau 16.

Quantitativement, les substances actives les plus utilisées sont la lyncomycine (36,6%), la colistine (19,0%), la furaltadone (13,2%), la doxycycline (5,5%) et l'oxytétracycline (4,7%). Les rapports DJU/DJD ont permis de constater que des 20 substances actives, 9 (colistine, furaltadone, doxycycline, lévamisole, lyncomycine, néomycine, norfloxacine, oxytétracycline et sulfadiazine) sont utilisées en surdosage tandis que 6 (Fluméquine, streptomycine, sulfaquinoxaline, triméthoprime et tylosine) en sous-dosage. Seulement 5 substances (albendazole, amprolium, doxycycline, érythromycine, pipérazine, sulfadimidine et streptomycine) sont utilisées à des doses normales (intervalle de la dose normale : DJU/DJD = 0,8 – 1,2). Les dosages moyens sont décrits comme la dose journalière définie (DJD), la dose journalière utilisable (DJU) et le rapport DJU/DJD. La furaltadone (15,8% de tous les usages en termes quantitatifs) est utilisée par les fermiers.

L'usage des quantités anormales des antimicrobiens est dû à l'automédication et pourrait entraîner la présence des résidus d'antimicrobiens dans les poulets et les œufs consommés. Cet

usage contribuerait à l'accroissement du phénomène de résistance microbienne (Guetiya *et al.*, 2016). La furaltadone fait partie de la classe des nitrofuranes qui est un groupe de substances dont l'usage est interdit dans l'élevage des animaux destinés à la consommation humaine (FDA vet, 1991). Son usage ferait partie des défaillances observées dans les pratiques avicoles au niveau des fermes visitées.

**Tableau 16:** Usage quantitative des antimicrobiens dans les 90 fermes visitées

ATC Vet	Substance active	DJD (mg/kg)	DJU (mg/kg)	DJU/DJD	Quantité utilisée (g) (%)
QP52AC11	Albendazole	10,0	11,1	1,1	200 (3,7)
QP51AX09	Amprolium	15,0	16,7	1,1	60,5 (1,1)
QJ01XB01	Colistine	37,5	83,3	2,2	1040 (19,0)
QJ01MB07	Doxycycline	40,0	50,0	1,3	300,5 (5,5)
QJ01AA02	Erythromycine	20,0	16,7	0,8	70 (1,3)
QJ01MB07	Flumequine	1,0	0,2	0,2	50 (0,9)
QJ01XX93	Furaltadone	20,0	27,8	1,4	720 (13,2)
QP52AE01	Lévamisole	22,0	50,0	2,3	11,2 (0,2)
QJ01FF02	Lyncomycine	12,5	50,0	4,0	2000 (36,6)
QJ01GB05	Neomycine	10,0	16,7	1,7	50 (0,9)
QP52AG03	Niclosamide	33,3	30,0	0,9	64 (1,2)
QJ01MA06	Norflaxacine	12,0	43,1	3,6	180 (3,3)
QJ01AA06	Oxytétracycline	31,7	60,0	1,9	256,5 (4,7)
QP52AH01.	Piperazine	40,0	46,3	1,2	100 (1,8)
QJ01GA01	Streptomycine	10,0	7,0	0,7	85 (1,6)
QJ01EQ10	Sulfadiazine	37,4	83,3	2,2	18 (0,3)
QJ01EQ03	Sulfadimidine	12,8	12,1	0,9	184 (3,4)
QJ01EQ30	Sulfaquinoxaline	166,7	27,8	0,2	20 (0,4)
QJ01EA01	Trimethoprime	33,0	18,2	0,6	30 (0,5)
QJ01FA90	Tylosine	50,0	27,8	0,6	20,5 (0,4)

*DJD : dose journalière définie ; DJU : dose journalière utilisable*

*ATCvet: The Anatomical Therapeutic Chemical classification system for veterinary medicinal products*

### III.1.1.2.5- Délai d'attente des médicaments vétérinaires

Le délai d'attente est la période pendant laquelle les résidus de médicaments vétérinaires sont susceptibles d'être complètement dégradés dans l'organisme de l'animale. L'une des mesures de biosécurité est le respect du délai d'attente. Dans la présente étude, beaucoup de fermiers (47,4% au Centre, 55% au Littoral et 67,8% à l'Ouest) ne respectent pas le délai d'attente. Ce non-respect du délai d'attente pourrait être dû à l'absence d'une législation appropriée pour soutenir l'usage responsable des médicaments vétérinaires et le manque de

---

connaissance de la part des fermiers. Le non-respect du délai d'attente pourrait en partie être lié à l'automédication qui était pratiquée dans 29,8% des fermes au Centre, 25,0% au Littoral et 26,5% à l'Ouest.

Le respect des mesures de biosécurité au niveau des fermes est incontournable pour limiter la propagation ou l'entrée des maladies (Conan *et al.*, 2012). D'après la régulation et les directives, les antimicrobiens devraient être utilisés uniquement pour traiter les infections en respectant la dose, la durée du traitement et le délai d'attente (Commission Notice 2015/C299/04). Il a été rapporté que les fermiers n'adhèrent pas très souvent au délai d'attente dans l'Ouest Cameroun (Guetiya *et al.*, 2016).

### **III.1.2- Implémentation des mesures de biosécurité dans les 90 fermes enquêtées**

#### **III.1.2.1- Connaissances des mesures de biosécurité par les fermiers**

Les mesures de biosécurité avec plus de 80% de réponses positives sont non incluses dans le Tableau 17. Elles concernent l'élimination appropriée des poulets morts, la protection contre les rongeurs, la désinfection régulière des mangeoires / abreuvoirs, la chimiothérapie prophylactique à des poulets apparemment en bonne santé, l'utilisation de médicaments vétérinaires et la présence de maladies au cours des trois derniers mois. Les mesures de biosécurité avec moins de 50% de réponses positives comprennent la connaissance des mesures de biosécurité, le lavage / désinfection des véhicules, l'autopsie à la ferme, la séparation des poulets en fonction de leur nature et leur âge, la sortie des poulets du poulailler (Tableau 17). La connaissance des mesures de biosécurité est globalement moins de 40%. En effet, les indicateurs de biosécurité (Tableau 17) concernent les évènements à l'extérieur des locaux de la fermes (N° 1 à 4 du Tableau 17), des évènements aux limites des fermes (N° 5 à 6), les évènements entre les limites de la ferme et le poulailler (N° 7 à 15) et les évènements à l'intérieur du poulailler (N° 16 à 27) (Tableau 17).

Le manque de connaissance en mesures de biosécurité peut être à l'origine des maladies infectieuses enregistrées par les fermiers au moment de l'enquête. Le respect d'une mesure passe d'abord par sa connaissance qui peut se faire à travers une formation dans le domaine. Cependant, beaucoup de fermiers ont affirmé n'avoir aucune formation préalable en aviculture. Ce qui justifierait le faible niveau d'implémentation des mesures de biosécurité observée et leur faible application. Or, des études ont rapporté que le respect des mesures de biosécurité est indispensables pour limiter les maladies au sein et en dehors de la ferme (Conan *et al.*, 2012).

**Tableau 17:** Indicateurs d'évènements dans les fermes et réponses positives aux mesures de biosécurité

N°	Indicateurs d'évènements	Nombre de fermes N (%)		
		Centre	Littoral	Ouest
1	Connaissance des mesures de biosécurité	9 (30,0)	8 (26,7)	13 (43,3)
2	Sources certifiées des poussins et d'aliments de qualité	19 (63,3)	8(26,7)	23(76,7)
3	Equipement de seconde main	7 (23,3)	20 (66,7)	13 (43,3)
4	Achat des médicaments vétérinaires en pharmacie	18 (60,0)	14 (46,7)	13 (43,3)
5	Visiteurs autorisés	11(36,7)	14 (46,7)	5 (16,7)
6	Lavage/ désinfection des véhicules	12(40,0)	4 (13,3)	8 (26,7)
7	Endroit approprié de stockage des aliments	27 (90,0)	15(50,0)	24 (80,0)
8	Disposition appropriée des carcasses	22 (73,3)	4 (13,3)	9 (50,0)
9	Autopsie à la ferme	14 (46,7)	0 (0,0)	11 (36,7)
10	Sources uniques certifiées d'aliments	19 (63,3)	8 (26,7)	15 (50,0)
11	Carnivores à la ferme (chiens et chats)	19 (63,3)	8 (26,7)	13 (43,3)
12	Lavage des mains/se doucher	19 (63,3)	10 (33,3)	22 (73,3)
13	Présence des rongeurs	25 (83,3)	28 (93,3)	27 (90,0)
14	Résidence des fermiers dans la ferme	18 (60,0)	28 (93,3)	11 (36,7)
15	Bain fonctionnel des pieds à l'entrée du poulailler	12 (40,0)	8 (26,7)	17 (56,7)
16	Séparation des poulets en fonction des types et des âges	27 (90,0)	22 (73,3)	19 (63,3)
17	Ventilation adéquate	15 (50,0)	11 (36,7)	19 (63,3)
18	Disponibilité d'une eau potable	15 (50,0)	14 (46,7)	22 (73,3)
19	Changement de litière	22 (73,3)	14 (46,7)	17 (56,7)
20	Poulets autorisés occasionnellement à sortir du poulailler	15 (50,0)	1 (3,3)	5 (16,7)
21	Lavage/désinfection du poulailler	30 (100,0)	30 (100,0)	30 (100,0)
22	Lavage régulier des mangeoires et des abreuvoirs	30 (100,0)	27(90,0)	27 (90,0)
23	Désinfection régulier des mangeoires et des abreuvoirs	30 (100,0)	26 (86,7)	8 (26,7)
24	Isolement des poulets apparemment malades	30 (100,0)	25 (83,3)	25 (83,3)
25	Traitement prophylactique des poulets sains	30 (100,0)	30 (100,0)	30(100,0)
26	Consultation des vétérinaires en cas de problème	30 (100,0)	25 (83,3)	11 (36,7)
27	Présence des maladies au cours des trois derniers mois	30 (100,0)	30 (100,0)	30 (100,0)
28	Présence de blousse et bottes dans la ferme	2 (6,7)	5 (16,7)	10 (33,3)

*Nombre total de fermes enquêtées: 90*

### III.1.2.2-Classification des fermes et facteurs d'influence du score de biosécurité

Le score de biosécurité est un système de points attribués à l'ensemble des mesures prises pour protéger les élevages de l'introduction de nouveaux agents infectieux. Les fermes

visitées dans le cadre de cette étude ont été réparties en deux grands groupes en fonction du score de biosécurité. Un groupe à risque modéré (score de biosécurité (SB) = 2) et un groupe à risque élevé (SB = 3). Ainsi, 12 fermes au Centre, 14 au Littoral et 13 à l'Ouest sont à risque modéré (SB = 2), tandis que 18 fermes au Centre, 16 au Littoral et 17 à l'Ouest sont à risque élevé (SB = 3). La comparaison des scores de biosécurité de ces deux groupes a permis d'observer une différence significative ( $p < 0,5$ ) entre les différentes régions.

Le score de biosécurité (SB) est différent d'une région à une autre. Ceci probablement à cause du niveau d'implémentation faible des mesures de biosécurité associée au faible niveau de formation. Ces scores de biosécurité pourraient avoir pour conséquence la survenue des maladies dans les fermes visités.

**Tableau 18 :** Influence du score de biosécurité par les maladies infectieuses et le nombre de poulet dans les 90 fermes visitées

Région d'étude	Sores de biosécurité	Nombre N de ferme (%)	Nombre N de ferme avec épidémie de maladie (%)	Taille de la bande
Centre	2	12 (40,0)	5 (16,7)	>1000
	3	18(60,0)	6 (20,0)	≤1000
Littoral	2	14 (46,7)	4(13,3)	>1000
	3	16 (53,3)	6 (20,0)	≤1000
Ouest	2	13(43,3)	4 (13,3)	>1000
	3	17 (56,7)	8 (26,7)	≤1000

*Nombre total de fermes visitées: 90*

Un Score de biosécurité plus élevé a été rapporté dans la région de l'Ouest (Kouam *et al.*, 2018) et ceci est dû à un niveau faible d'implémentation des mesures de biosécurité. Cette situation est alarmante puisqu'il a été rapporté qu'à l'Ouest, les fermiers ont une grande expérience (Ngandeu et Ngatchou, 2006). Les résultats de la présence étude sont différents de ceux rapportés à Jos au Nigéria, où les fermiers ont une très bonne connaissance et une maîtrise des mesures de biosécurité nécessaires au fonctionnement quotidien des exploitations avicoles (Ajewole *et al.*, 2014 ; Maduka *et al.*, 2016). Le niveau de risque de biosécurité observé pourrait avoir de graves implications sur la propagation des zoonoses comme la grippe aviaire (Abdurrahman *et al.*, 2016).

Le niveau de formation du fermier avait une influence sur le score de biosécurité. En effet, lorsque le fermier était formé, il avait une meilleure connaissance des mesures de biosécurité qu'il s'efforçait d'appliquer, ce qui entraînait une diminution du score de biosécurité (Tableau 18).

Le score de biosécurité était également influencé par le nombre de poulets (Tableau 18). Le score de biosécurité influence significative ( $\chi^2=6,00$  et  $p=0,02$ ) l'apparition des maladies dans les fermes. En effet, les fermes ayant un score de biosécurité élevé (SB=3) faisaient plus face aux maladies. De plus, pour un nombre de poulets supérieur à 1000 le score de biosécurité est faible et élevé lorsque le nombre de poulets est inférieur ou égal à 1000.

Au Nigeria, il a été rapporté que le nombre de poulets avait une influence significative sur les mesures de biosécurité (Maduka *et al.*, 2016) qui sont rarement appliquées dans les petites unités de production (Negro-Calduch *et al.*, 2013). La production de poulets est une composante importante de l'aviculture au Cameroun et contribue à la génération des denrées comme la viande et les œufs (Fouepe *et al.*, 2017). Par conséquent, l'échec des mesures de biosécurité pourrait conduire à des pertes économiques importantes, à l'insécurité alimentaire et à des produits de mauvaise qualité pour la consommation humaine. Il serait donc impératif pour les pouvoirs publics d'accompagner le secteur avicole.

### III.1.3- Résidus de quelques classes d'antibiotiques dans les aliments, les tissus et les œufs de poulets

#### III.1.3.1- Résidus dans les aliments de poulets

Les résidus de chloramphénicol, de macrolides, de  $\beta$ -lactamines, de sulfonamides et de tétracyclines sont présents dans les aliments de poulets (Tableau 19).

**Tableau 19** : Résultats du screening des résidus d'antibiotiques

Echantillon	Région	Résidus d'antibiotiques				
		Chloramphénicol	Macrolides	$\beta$ -lactamine	Sulfonamides	Tétracyclines
Aliment local poulet de chair	Centre	+	+	+	+	-
	Littoral	+	+	+	+	+
	Ouest	+	+	+	+	+
Aliment local pondeuses	Centre		+	+	+	+
	Littoral	+	+	+	+	+
	Ouest	+	+	+	+	+

(+) : présence (positif) ; (-) : absence au-delà de la limite maximale de résidu (négatif)

La présence des résidus d'antimicrobiens dans les aliments serait dû à une incorporation volontaire. En effet, lors des enquêtes, certains fermiers ont affirmé incorporer les médicaments vétérinaires dans les aliments consommés par les poulets. La présence des résidus de chloramphénicol dans les aliments poserait un problème.

En effet, le chloramphénicol (utilisé par les fermiers dans la présente étude) fait partie des composés interdits dans l'élevage des animaux dont les denrées sont destinées à la

consommation humaine et non autorisés à cause de leur caractère cancérigène (FDA vet, 1991 ; Council Régulation 1442/95). Des résultats similaires montrant une utilisation anarchique des produits même interdits dans les exploitations avicoles par un personnel non qualifié ont été rapportés dans la zone de Niayes au Sénégal (Biagui, 2002). La présence des résidus (chloramphénicol et autres antimicrobiens) dans les aliments relève de leur usage à titre préventif et à des doses imprécises comme facteurs de croissance. Ces doses imprécises pourraient être responsables du phénomène de résistance (Love *et al.*, 2011), puisque les aliments ne forment pas un mélange totalement homogène avec les médicaments vétérinaires (Sidar *et al.*, 2012). Dans de telles conditions, les antibiotiques agiraient comme facteurs de croissance (Sanders, 2005) et leur usage tel quel favoriserait le développement de la résistance microbienne (Baquero et Garau, 2010) et la présence de leurs résidus dans les tissus et les œufs de poulets.

### III.1.3.2- Résidus dans les tissus et les œufs de poulets

Certains résidus comme ceux de  $\beta$ -lactamines et de tétracyclines sont complètement absents dans la chair ( $\beta$ -lactamines) et les œufs de poulet (Tableau 20).

**Tableau 20** : Résultats du screening des résidus d'antibiotiques

Echantillons	Région	Résidus d'antibiotiques				
		Chloramphénicol	Macrolides	$\beta$ -lactamine	Sulfonamides	Tétracyclines
Chair poulet	Centre	+	+	-	+	+
	Littoral	+	+	-	+	+
	Ouest	+	+	-	+	+
Foie poule	Centre	+	+	+	+	+
	Littoral	+	+	+	+	+
	Ouest	+	+	+	+	+
Gésier poulet	Centre	+	+	+	+	
	Littoral	+	+	+	+	+
	Ouest	+	+	+	+	+
Œufs	Centre	+	-	-	+	-
	Littoral	+	-	-	+	-
	Ouest	+	+	-	+	-

(+) : présence (positif) ; (-) : (-) : absence au-delà de la limite maximale de résidu (négatif)

Ces différents résidus d'antibiotiques sont présents au-delà des limites maximales de résidus (LMRs) (50 $\mu$ g/kg ( $\beta$ -lactamines) ; 100 $\mu$ g/kg (macrolides et sulfonamides) et 200 $\mu$ g/kg (tétracyclines)) (CAC/MLR, 2015). Cette présence serait le résultat des mauvaises pratiques d'usage des antimicrobiens comme le non-respect du délai d'attente, des doses et l'usage des substances interdites au niveau des fermes. La présence des résidus de chloramphénicol (composé cancérigène), de macrolides, de  $\beta$ -lactamines, de sulfonamides et de tétracyclines au-



---

delà des limites maximales de résidus constitue un risque important pour la sécurité sanitaire des consommateurs (FDA vet, 1991 ; Council Régulation 1442/95). La consommation de poulet contenant les résidus d'antibiotiques au-delà des limites maximales de résidus (LMRs) peut être à l'origine des problèmes de santé comme les effets immuno-pathologiques, la cancérogénicité (oxytétracycline), la mutagénicité, la néphrotoxicité, l'hépatotoxicité, les désordres de reproduction, la toxicité de la moelle osseuse (phénicoles) et les allergies ( $\beta$ -lactamines) (Nisha, 2008).

L'absence totale des résidus de  $\beta$ -lactamines et de tétracyclines dans les œufs est bon signe pour la sécurité sanitaire des œufs qui constituent une importante source de divers nutriments (Iannotti *et al.*, 2014). La présence des résidus de  $\beta$ -lactamine et de tétracycline a été rapporté dans les œufs (au-delà même des limites maximales de résidus) au Nigeria et en Tanzanie respectivement (Nonga *et al.*, 2010 ; Ezenduka *et al.*, 2011).

Il est connu que les  $\beta$ -lactamines sont susceptibles de subir une hydrolyse le long du tractus gastro-intestinal, lorsqu'elles sont administrées par voie orale et de perdre leur efficacité (Prescott, 2006). Il serait donc probable que pendant cette hydrolyse, les résidus soient détruits, expliquant ainsi leur absence. A ceci pourrait s'ajouter le processus de formation des résidus qui serait long dans l'œuf car celle-ci suivrait toutes les étapes de formation de l'œuf. Cependant, la consommation des œufs contenant des résidus d'antibiotiques au-delà des limites maximales de résidus (LMRs) peut causer de nombreux problèmes de santé chez le consommateur (Nisha, 2008).

Outre ces risques sanitaires, la présence des résidus de médicaments vétérinaires dans les denrées d'origine animale est une entrave économique importante dans les échanges internationaux avec les nouvelles règles sanitaires et phytosanitaires de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC, 1995).

#### **III.1.4- Conclusion partielle**

Il était question dans cette partie d'identifier le risque encouru par quelques fermes avicoles visitées du Centre, du Littoral et de l'Ouest sur la base des pratiques avicoles et des mesures de biosécurité. Il en ressort que :

Les fermes courent un grand risque du fait du non-respect du délai d'attente, de la dose d'administration et de l'usage des substances interdites. De plus, des 20 substances actives utilisées dans les fermes, 9 (colistine, furaltadone, doxycycline, lévamisole, lyncomycine, néomycine, norfloxacine, oxytétracycline et sulfadiazine) sont utilisées en surdosage (rapport Dose Journalière Utilisable (DJU)/Dose Journalière Définie (DJD)) > 1,2) et 5 en sous-dosage



---

(rapport Dose Journalière Utilisable (DJU)/Dose Journalière Définie (DJD)) < 0,8) : fluméquine, streptomycine, sulfaquinoxaline, triméthoprim et tylosine. Les fermiers (47,7 % Centre, 55 % Littoral et 67,8 % Ouest) ne respectent pas le délai d'attente et parmi eux, certains utilisent la furaltadone qui aurait des effets cancérogènes.

Les fermes avicoles visitées appartiennent à deux groupes en fonction du score de biosécurité : un groupe à risque modéré et un autre groupe à risque élevé. Les résidus de chloramphénicol, de bêta-lactamines, de macrolides, de sulfonamides et de tétracyclines sont présents dans les aliments, les tissus et les œufs de poulets prélevés dans quelques-unes des fermes visitées au-delà des limites maximales de résidus.

### **III.2- Teneurs en mycotoxines des aliments, des tissus et des œufs et exposition alimentaire associée**

#### **III.2.1- Teneurs en aflatoxines totales, en aflatoxine B<sub>1</sub> et en ochratoxine A**

##### **III.2.1.1- Mycotoxines dans les aliments**

Les teneurs en AFT de l'aliment de poulet de chair varient de  $3,9 \pm 0,2$  (aliment du Littoral) à  $19,6 \pm 0,3$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (aliment du Centre). La teneur en AFB<sub>1</sub> de l'aliment de poulet de chair varie de  $1,6 \pm 0,1$  (Ouest) à  $19,3 \pm 0,2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Centre). La teneur en OTA de l'aliment de poulet de chair varie de  $0,8 \pm 0,01$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  à  $1,1 \pm 0,01$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Dans l'aliment de poules, la teneur en AFT varie de  $3,5 \pm 0,1$  à  $12,6 \pm 0,2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ , la teneur en AFB<sub>1</sub> de  $2,8 \pm 0,1$  à  $11,4 \pm 0,2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  et la teneur en OTA de  $0,8 \pm 0,01$  à  $1,1 \pm 0,001$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Tableau 21).

La teneur en AFB<sub>1</sub> des aliments de poulets de la région du Centre est supérieure à celle des autres régions. Elle est supérieure à la limite maximale de l'AFB<sub>1</sub> dans les aliments de poulets ( $10\mu\text{g}/\text{kg}$ ) fixée par la Commission de l'Union Européenne et la *Food and Drug Administration* des Etats Unis d'Amérique (FAO/WHO, 2017) ; soit 193% et 114% de  $10\mu\text{g}/\text{kg}$  dans les aliments de poulets de chair et de poules respectivement.

La variation significative ( $p < 0,05$ ) des teneurs d'AFT, d'AFB<sub>1</sub> et d'OTA peut s'expliquer par le niveau de contamination des différents ingrédients entrant dans la composition des aliments de poulets et par les conditions climatiques. En dehors de la teneur en AFB<sub>1</sub> des aliments du Centre, les teneurs en AFT et en OTA sont inférieures aux limites maximales qui sont  $20\mu\text{g}/\text{kg}$  et  $5\mu\text{g}/\text{kg}$  respectivement (FAO/WHO, 2017).

Des études antérieures ont rapportés différentes teneurs en AFT ( $27,38\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $127,4\mu\text{g}/\text{kg}$ , 30 et  $22\mu\text{g}/\text{kg}$ ) dans divers aliments de volailles en Guyane (Morrison *et al.*, 2017); au Nigeria (Akinmusire *et al.*, 2018) et au Cameroun (Abia *et al.*, 2013) respectivement. En

effet, les aliments de volailles sont un mélange de plusieurs ingrédients (Akinmusire *et al.*, 2018) et certaines conditions climatiques humides sont favorables à la croissance des moisissures lors du stockage (Tony Basset et Caroline Laffont, 2011) et donc à la production des toxines (Mokubedi *et al.*, 2019).

**Tableau 21 :** Teneurs ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en aflatoxines totales, aflatoxine B<sub>1</sub> et ochratoxine A des aliments de poulets des fermes des trois régions

Mycotoxines	Région	Teneurs en mycotoxines ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )					
		Aliment local chair			Aliment local ponduse		
		Moyenne $\pm$ SD	Min	Max	Moyenne $\pm$ SD	Min	Max
Aflatoxine totale	Centre	19,6 $\pm$ 0,3 <sup>c</sup>	17,2	20,7	12,6 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	11,9	13,3
	Littoral	3,9 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	2,7	5,2	3,5 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3,2	3,8
	Ouest	7,4 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	6,3	8,4	4,7 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	2,4	8,1
Aflatoxine B <sub>1</sub>	Centre	19,3 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	17,6	21	11,4 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	8,7	14,1
	Littoral	3,7 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	3,4	4,1	2,8 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	1,6	3,9
	Ouest	1,6 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	1,4	1,8	3,3 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	2,9	4,9
Ochratoxine A	Centre	1,1 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	1	1,4	0,9 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,8	1,1
	Littoral	1,1 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	1	1,3	1,1 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	1	1,2
	Ouest	0,8 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,6	0,9	0,8 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,6	0,9

*Différence significative pour les lettres différentes au seuil de 5%*

*Test statistique : ANOVA a un facteur ; Min : minimum et max : maximum*

### III.2.1.2- Mycotoxines dans les tissus de poulet

Le Tableau 22 présente les teneurs en mycotoxines de la chair, du foie et du gésier de poulet. La teneur en AFT de la chair varie de 1,5  $\pm$  0,1 (Centre) à 2,3  $\pm$  0,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Littoral). La teneur en AFB<sub>1</sub> de la chair de poulet est sensiblement la même quel que soit la région, tandis que celle de l'OTA varie de 1,2 (Ouest) à 1,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Centre et Littoral).

Dans le foie, la teneur moyenne varie de 1,8  $\pm$  0,1 à 2,2  $\pm$  0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (AFT), de 0,9 à 1,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (AFB<sub>1</sub>) et de 0,8  $\pm$  0,1 à 5,0  $\pm$  0,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (OTA). Dans le gésier, la teneur en AFT varie de 4,4  $\pm$  0,1 à 6,5  $\pm$  1,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , celle de l'AFB<sub>1</sub> de 1,7  $\pm$  0,2 à 2,5  $\pm$  0,03  $\mu\text{g}/\text{kg}$  et celle de l'OTA est de 0,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Tableau 22).

Les teneurs d'AFT et d'AFB<sub>1</sub> élevées dans le gésier peut s'expliquer par le fait que le gésier servirait de réservoir temporaire des aliments, le temps pour lui de les broyer. Ce stockage temporaire serait à l'origine de ces teneurs importantes. La teneur en OTA est plus élevée dans le foie (région du Centre). La teneur en OTA élevée dans le foie peut s'expliquer par le fait que le foie est l'organe de détoxification. Une corrélation positive et significative est observée entre l'AFT et l'AFB<sub>1</sub> ( $r = 0,996$  ;  $p < 0,001$ ) dans la chair et le foie de poulet, la chair et le gésier de

poulet d'une part, et entre le foie et le gésier de poulet d'autre part. Cette corrélation positive et significative pourrait s'expliquer par le lien entre ces deux toxines car l'Aflatoxine B<sub>1</sub> fait partie de l'Aflatoxine totale. Par contre une corrélation négative et non significative ( $p = 0,6$ ) observée entre l'AFT et l'OTA d'une part et l'AFB<sub>1</sub> et l'OTA d'autre part traduirait l'absence d'un lien direct entre ces toxines.

**Tableau 22:** Teneurs en aflatoxines totales, aflatoxine B<sub>1</sub> et ochratoxine A des tissus (chair, foie et gésier) de poulet de chair

Teneurs en mycotoxines ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )									
Région	Aflatoxine totale			Aflatoxine B <sub>1</sub>			Ochratoxine A		
	Moy $\pm$ SD	Min	Max	Moy $\pm$ SD	Min	Max	Moy $\pm$ SD	Min	Max
<b>Muscle poulet de chair</b>									
<b>Centre</b>	1,5 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	1,0	2,0	1,0 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	0,9	1,0	1,5 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	1,0	2,4
<b>Littoral</b>	2,3 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	1,4	3,2	1,1 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	0,8	1,3	1,5 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	1,0	1,9
<b>Ouest</b>	1,6 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	1,0	2,1	1,0 $\pm$ 0,2 <sup>ab</sup>	0,8	1,4	1,2 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	0,7	1,7
<b>Foie poulet de chair</b>									
<b>Centre</b>	1,8 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	1,6	2,0	1,3 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	0,9	2,0	5,0 $\pm$ 0,7 <sup>c</sup>	4,0	6
<b>Littoral</b>	2,2 $\pm$ 0,5 <sup>c</sup>	1,5	2,9	0,9 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	0,6	0,9	0,8 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	0,7	0,9
<b>Ouest</b>	1,9 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	1,6	2,3	0,9 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	0,5	1,2	1,0 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	0,9	1,1
<b>Gésier poulet de chair</b>									
<b>Centre</b>	4,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	4,0	5,0	2,2 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>	2,0	2,4	0,3 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,1	0,4
<b>Littoral</b>	5,0 $\pm$ 0,6 <sup>b</sup>	4,3	5,8	2,5 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	2,3	2,8	0,3 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,1	0,4
<b>Ouest</b>	6,5 $\pm$ 1,1 <sup>c</sup>	5,2	7,8	1,7 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	1,4	1,9	0,3 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,1	0,4

*Différences significatives pour les lettres différentes au seuil de 5%. Test statistique ANOVA à un facteur ; Moy : moyenne, Min : minimum, Max : maximum, SD : standard deviation*

Toutefois, la teneur en AFB<sub>1</sub> dans les tissus de poulets de chair analysés est inférieure à 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$  qui est la limite tolérable de l'AFB<sub>1</sub> dans les produits destinés à la consommation humaine. Cependant, les échantillons composites de gésier ont présenté des teneurs qui représentaient plus 100% de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$  en ce concerne l'AFT dans les trois régions et en moyenne 117,5% de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$  dans les régions du Centre et du Littoral en ce qui concerne l'AFB<sub>1</sub>.

En Chine, il a été rapporté que les aflatoxines faisaient partie des toxines fréquemment présentes dans les aliments de poulet et que celles-ci se retrouvaient aussi dans les tissus de poulets (Aibo Wu *et al.*, 2018).

Il a été rapporté que les mycotoxines ont la possibilité de passer des aliments aux tissus animaux (Völkel *et al.*, 2011) et que le foie fait partie de l'un des organes cibles de la distribution de l'OTA (Pfohl-Leskowicz, 1999). Les conditions de production des aflatoxines et des ochratoxines sont différentes. En effet, les aflatoxines sont le plus souvent produites dans

les conditions tropicales chaudes, et les ochratoxines dans les conditions moins chaudes (Pfohl-Leszkowicz, 1999 ; AFSSA, 2009).

### III.2.1.3- Mycotoxines dans les œufs

La teneur en AFT varie de  $0,8 \pm 0,1$  (Littoral) à  $1,1 \pm 0,2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Ouest). La teneur en AFB<sub>1</sub> est sensiblement la même dans les œufs peu importe la région (Tableau 23). S'agissant de l'OTA, sa teneur varie de  $1,7 \pm 0,2$  (Ouest) à  $2,1 \pm 0,2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Littoral).

**Tableau 23:** Teneurs en aflatoxines totales, aflatoxine B<sub>1</sub> et ochratoxine A dans les œufs de pondeuses collectés dans les différentes régions

Région	Aflatoxine totale			Aflatoxine B <sub>1</sub>			Ochratoxine A		
	Moy $\pm$ SD	Min	Max	Moy $\pm$ SD	Min	Max	Moy $\pm$ SE	Min	Max
Centre	$1,0 \pm 0,1^b$	0,8	1,2	$1,0 \pm 0,1^b$	0,9	1,2	$2,0 \pm 0,4^b$	1,0	2,0
Littoral	$0,8 \pm 0,1^a$	0,4	1,3	$0,9 \pm 0,1^a$	0,7	0,9	$2,1 \pm 0,2^c$	2,0	2,4
Ouest	$1,1 \pm 0,2^b$	0,6	1,5	$0,9 \pm 0,1^a$	0,7	1,0	$1,7 \pm 0,2^a$	1,2	2,2

*Différences significatives pour les lettres différentes au seuil de 5% ; Test statistique ANOVA à un facteur ; Moy : moyenne, Min : minimum, Max : maximum, SD : standard deviation*

La teneur en AFB<sub>1</sub> des œufs de pondeuses est inférieure à  $2\mu\text{g}/\text{kg}$  qui est la limite tolérable de l'AFB<sub>1</sub> dans les produits destinés à la consommation humaine (EFSA, 2006).

Il a été rapporté que lorsque les poulets sont nourris avec des aliments contaminés par l'OTA et l'AFB<sub>1</sub>, celles-ci peuvent s'accumuler dans les œufs (Zahoor *et al.*, 2012). Des teneurs en aflatoxines ont été rapportées dans les œufs (Aibo Wu *et al.*, 2018).

## III.2.2- Exposition alimentaire réelle

### III.2.2.1-Enquête de consommation

#### III.2.2.1.1-Quelques caractéristiques des ménages interrogés

Le Tableau 24 présente les informations concernant les répondants des 900 ménages visités dans les trois régions dans le cadre de cette étude. Sept cent vingt-huit (728) des répondants étaient des femmes dont la majorité avait un travail (57,3%) d'une tranche d'âge comprise entre 17-40 ans.

Les hommes représentaient 19,1% (172) des répondants et étaient également des travailleurs. Un total de 55 (6,2%) répondants n'avaient aucun niveau scolaire tandis que 845 (93,8%) avaient un niveau d'étude qui varie entre le primaire et le supérieur (universitaire)

(Tableau 24). Les âges moyens des répondants avaient de  $28,8 \pm 10,9$  ans dans le Centre,  $22,5 \pm 6,5$  ans dans le Littoral et  $28,9 \pm 12,1$  ans à l'Ouest.

Les données de l'enquête avaient également permis d'estimer le nombre moyen d'enfants (4-12 ans) par ménage à 3 (Centre), à 2 (Littoral) et à 4 (Ouest), le nombre moyen d'adolescents (13-20ans) était de 3 dans les trois régions. Le nombre moyen d'adultes (21-59 ans) par ménage était de 5 (Centre), de 6 (Littoral) et de 4 (Ouest). Le nombre moyen de personnes âgées ( $\geq 60$  ans) par ménage était de 2 dans le Centre et le Littoral et de 3 à l'Ouest.

**Tableau 24:** Caractéristiques sociales des ménages (N=900) et données de fréquence de consommation des poulets et des œufs

Variable	Total	Centre	Littoral	Ouest
<b>Composition du ménage</b>				
Total de personne, <i>n</i>	4705	1565	1582	1558
Taille du ménage	$8,1 \pm 1,8$	$8,3 \pm 1,5$	$9,0 \pm 2,1$	$7,0 \pm 2,0$
Femme[n (%)]	552(61,3)	210(70,0)	186(62,0)	156(52,0)
Homme [n (%)]	348(38,7)	90(30,0)	117(38,0)	144(48,0)
Enfants, 4-12 ans [ <i>n</i> (%)]	1293(27,5)	470(30,0)	410(25,9)	413(25,5)
Adolescents, 13-20 ans [ <i>n</i> (%)]	1766(37,5)	520(33,2)	610(38,6)	636(40,8)
Adultes, 21-59 ans [ <i>n</i> (%)]	1311(27,9)	475(30,4)	422(26,7)	414(26,7)
Personne âgées, $\geq 60$ ans [ <i>n</i> (%)]	335(7,1)	100(6,4)	140(8,8)	95(6,0)
<b>Niveau d'éducation du répondant du ménage, %</b>				
Aucun niveau	4,7	4,0	2,0	8,0
Primaire	13,7	21,0	2,0	18,0
Secondaire	34,3	34,0	54,0	15,0
Universitaire	47,3	41,0	42,0	59,0
<b>Connaissances du répondant du ménage, %</b>				
Contamination fongique	95,7	96,0	98,0	93,0
Contamination par les mycotoxines, métaux lourds et médicaments vétérinaires	23,0	6,0	11,0	52,0
Risques sanitaires associés à la contamination fongique, métaux lourds et médicaments vétérinaires	18,0	23,0	2,0	29,0
<b>Fréquence de consommation du poulet du ménage, %</b>				
Journalière	41,0	45,0	36,0	42,0
Hebdomadaire <sup>c</sup>	13,7	15,0	12,0	14,0
Mensuelle <sup>d</sup>	30,0	25,0	34,0	31,0
Annuelle <sup>e</sup>	16,0	15,0	18,0	15,0
<b>Fréquence de consommation des œufs du ménage, %</b>				
Journalière	69,0	65,0	70,0	72,0
Hebdomadaire <sup>c</sup>	17,0	18,0	17,0	16,0
Mensuelle <sup>d</sup>	9,3	12,0	8,0	8,0
Annuelle <sup>e</sup>	4,7	5,0	5,0	4,0

<sup>c</sup>juste une fois/semaine; <sup>d</sup>au moins une fois/ mois; <sup>e</sup>au moins une fois/semaine

Les masses corporelles des différents groupes d'individus variaient d'une région à l'autre et d'un groupe d'individu à l'autre. Ainsi, chez les enfants ces masses corporelles étaient de  $29,9 \pm 0,7$  kg (Centre), de  $26,1 \pm 1,0$  kg (Littoral) et de  $19,6 \pm 0,8$  kg (Ouest). Chez les adolescents elles étaient de  $59,9 \pm 1,7$  kg (Centre),  $60,4 \pm 2,7$  kg (Littoral) et  $49,5 \pm 3,4$  kg (Ouest). S'agissant des adultes, les masses corporelles étaient  $60,0 \pm 1,0$  kg (Centre),  $74,3 \pm 1,1$  kg (Littoral) et  $79,8 \pm 2,0$  kg (Ouest). Les masses corporelles des personnes âgées sont de  $68,8 \pm 7,0$  kg (Centre),  $77,9 \pm 2,4$  kg (Littoral) et  $84,1 \pm 3,5$  kg (Ouest).

Les 300 ménages interrogés dans chaque région ont été classés en groupes de « petits », « moyens » et « gros » consommateurs. Ont été classés comme « petits consommateurs » les ménages qui consommaient moins de 100g de poulet et/ ou d'œufs par jour, comme « moyens » ceux ayant une consommation journalière comprise entre 100 et 500g et comme « gros consommateurs » les ménages ayant une consommation journalière supérieure à 500g.

### III.2.2.1.2-Consommation du poulet par les ménages enquêtés

La quantité de poulet consommée par les enfants variait de 3,9 à 4,7 g (petits consommateurs), de 9,6 à 11,1 g (moyens consommateurs) et 42,2 à 52,6 g (gros consommateurs). Chez les adolescents la quantité consommée varie de 9,1 à 9,4 g (petits consommateurs), de 33,2 à 47,9 g (moyens consommateurs) et de 47,1 à 108,2 g (gros consommateurs) (Tableau 25).

**Tableau 25 :** Quantités estimatives (g/jour) de poulet de chair consommées par chaque individu des différents groupes de consommateurs

Individus	Région	Quantité estimative de poulet de chair consommé (g/jour)								
		Petits consommateurs			Moyens consommateurs			Gros consommateurs		
		Min	Moy.	Max	Min	Moy.	Max	Min	Moy ;	Max
Enfants	Centre	0,07	3,9	4,7	0,2	9,8	10,5	1,1	42,2	58,4
	Littoral	0,3	4,6	5,2	0,6	11,1	15,7	1,1	52,6	60,1
	Ouest	0,07	4,7	5,2	0,2	9,6	9,9	0,4	47,1	50,9
Adolescents	Centre	0,2	9,4	19,2	0,7	33,2	24,4	3,3	103,2	149,3
	Littoral	0,9	9,3	13,3	1,2	37,6	42,8	0,9	115,9	195,1
	Ouest	0,2	9,1	16,6	0,9	35,9	47,9	1,5	108,2	158,2
Adultes	Centre	0,1	2,0	8,4	0,4	6,1	29,4	1,1	13,8	60,0
	Littoral	0,4	2,4	16,5	1,1	7,3	31,6	3,6	14,0	34,4
	Ouest	0,2	2,2	9,9	1,3	11,6	50,3	2,1	10,9	30,7
Personnes âgées	Centre	0,4	3,7	11,7	2,0	48,2	70,5	6,7	84,6	524
	Littoral	1,1	5,6	14,9	0,4	88	109,5	6,8	174	628,7
	Ouest	1,2	2,7	4,8	1,1	90,9	158	1,1	147	212,1

*Min : minimal, Moy :moyen et Max : maximal*

La quantité de poulet consommée par les adultes varie de 2,0 à 2,4 g (petits consommateurs), de 6,1 à 11,6 g (moyens consommateurs) et de 10,9 à 14,0 g (gros consommateurs). Chez les personnes âgées, la quantité estimative de poulet consommée variait de 2,7 à 3,7 g (petits consommateurs), de 48,2 à 90,9 g (moyens consommateurs) et 84,6 à 174 g (gros consommateurs).

### III.2.2.1.3-Consommation des œufs par les ménages enquêtés

Le Tableau 26 présente les quantités estimatives d'œufs consommées par les enfants, les adolescents, les adultes et les personnes âgées des différentes régions. La quantité d'œuf consommée par les enfants variait de 3,6 à 3,8 g (petits consommateurs), de 20,6 à 27,7 g (moyens consommateurs) et 43,9 à 50,9 g (gros consommateurs). Chez les adolescents la quantité d'œuf consommé varie de 0,3 à 1,7 g (petits consommateurs), de 10,6 à 15,0 g (moyens consommateurs) et de 45,2 à 52,9 g (gros consommateurs). La quantité estimative d'œuf consommée par les adultes variait de 0,4 à 0,9 g (petits consommateurs), de 12,3 à 14,5 g (moyens consommateurs) et de 46,7 à 58,6 g (gros consommateurs). Chez les personnes âgées, la quantité moyenne d'œuf consommée variait de 8,8 à 9,8 g (petits consommateurs), de 38,8 à 41,7 g (moyens consommateurs) et 99,2 à 100,2 g (gros consommateurs).

**Tableau 26 :** Quantités estimatives d'œufs (g/jour) consommées par chaque individu des différents groupes de consommateurs

Individus	Région	Quantité estimative consommée (g/jour)								
		Petits consommateurs			Moyens consommateurs			Gros consommateurs		
		Min	Moy.	Max	Min	Moy.	Max	Min	Moy	Max
Enfants	Centre	0,5	3,8	5,2	0,6	27,7	30,6	2,2	50,9	69,2
	Littoral	0,4	3,6	5,9	0,4	20,8	21,8	0,9	47,8	55,8
	Ouest	0,1	3,7	6,9	0,3	20,6	21,6	0,4	43,9	56,1
Adolescents	Centre	0,5	1,7	4,2	1,1	15	15,9	2,2	52,9	671,3
	Littoral	0,3	0,3	1,5	0,3	10,6	17,7	0,9	45,2	63,1
	Ouest	0,1	0,4	1,1	0,3	12	16,6	0,6	48,3	65,6
Adultes	Centre	0,3	0,9	2,5	3,8	15,7	28,5	3,8	58,6	97,4
	Littoral	0,2	0,4	0,3	0,2	12,3	20,7	0,4	46,7	65,9
	Ouest	0,1	0,7	1,1	0,3	14,5	23,1	0,7	49,8	67,1
Personnes âgées	Centre	0,1	9,8	11,9	13,1	41,7	59,6	8,3	85,9	100,2
	Littoral	0,3	8,9	10,6	0,3	40,9	51,3			
	Ouest	0,09	8,8	10,8	0,3	38,8	51,1	0,6	82,7	99,2

*Min : minimal, Moy : moyen et Max : maximal*



## III.2.2- Exposition alimentaire aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet et des œufs

### III.2.2.2.1- Exposition en lien avec la consommation du poulet

#### III.2.2.2.1.1- Exposition des enfants

L'exposition alimentaire journalière moyenne des enfants des trois groupes de consommateurs aux mycotoxines en lien avec la consommation de poulet (Tableau 27) a été calculée sur la base des données de consommation de l'enquête effectuée lors de cette étude (ETUDE) et des données de l'enquête nationale de consommation auprès des ménages camerounais (ECAM2) (INS, 2002). Les résultats de l'exposition, exprimés en ng/kg, masse corporelle (mc)/jour vont de 0,3 (petits consommateurs Centre) à 8,0ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Ouest) (AFT), de 0,2 (petits consommateurs Centre) à 3,0ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Ouest) (AFB<sub>1</sub>) et de 0,2 (petits consommateurs Littoral et Ouest) à 2,0 ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Littoral et Ouest) (OTA). Les expositions alimentaires journalières moyennes (ECAM) varient de 0,9 à 2,0ng/kg, mc/jour pour l'AFT, de 0,5 à 0,6ng/kg, mc/jour pour l'AFB<sub>1</sub> et de 0,3 à 1,0ng/kg, mc/jour pour l'OTA (Tableau 27).

**Tableau 27:** Exposition alimentaire journalière moyenne des enfants aux mycotoxines

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (EAJM) (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM
Petits consommateurs	Centre	0,3	0,9	0,2	0,5	0,4	1,0
	Littoral	0,6	1,0	0,3	0,6	0,2	0,3
	Ouest	0,8	2,0	0,3	0,6	0,2	0,4
Moyens consommateurs	Centre	0,9	0,9	0,5	0,5	1,0	1,0
	Littoral	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,3
	Ouest	2,0	2,0	0,6	0,6	0,4	0,4
Gros consommateurs	Centre	4,0	0,9	2,0	0,5	4,0	1,0
	Littoral	6,0	1,0	3,0	0,6	2,0	0,3
	Ouest	8,0	2,0	3,0	0,6	2,0	0,4

*mc :masse corporelle ; ng : nanogramme*

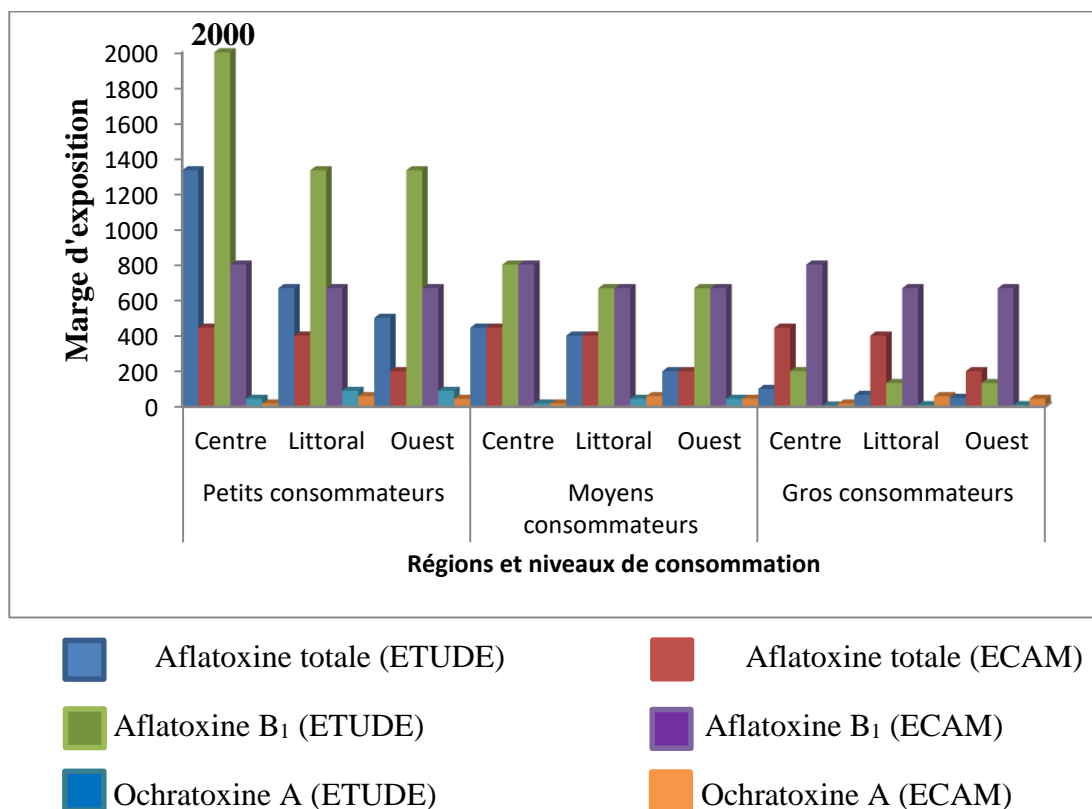
L'exposition alimentaire journalière moyenne augmente avec la quantité de poulet consommé quel que soit la toxine (Tableau 27). La contribution à l'exposition totale varie globalement de 33,3 à 66,7% (AFT), de 22,2 à 25% (AFB<sub>1</sub>) et de 40 à 44,4% (OTA), montrant ainsi une part importante de l'AFT. L'exposition est supérieure (gros consommateurs), et



inférieure ou égale (petits et moyens consommateurs) (étude) à celle observée avec les données de l'ECAM.

L'exposition alimentaire aux mycotoxines des petits et moyens consommateurs est globalement inférieure à 1ng/kg mc/jour qui est la valeur de référence sanitaire établie pour les aflatoxines (SCF, 1994 ; JECFA, 2007). Par contre chez les gros consommateurs, l'exposition alimentaire représente entre 400 et 800% de 1ng/kg, mc/jour (AFT) et entre 200 et 300% (AFB<sub>1</sub>) de cette valeur de référence. A partir des données de l'ECAM, les enfants du groupe de consommateurs de l'Ouest présentent une exposition plus de 2 fois supérieure à 1ng/kg mc/jour.

L'exposition alimentaire journalière à l'ochratoxine A des enfants est inférieure à l'apport hebdomadaire tolérable provisoire de l'OTA pour l'être humain qui est 100ng/kg, mc (JECFA, 2007) ou 120ng/kg, mc (EFSA, 2006), soit 14,3 ou 17,1ng/kg, mc/jour.



**Figure VIII:** Marges d'exposition des enfants aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet

Pour examiner d'éventuelles préoccupations concernant la sécurité que suscite la présence dans les aliments destinés à l'alimentation humaine des substances qui sont à la fois génotoxiques et cancérigène comme les aflatoxines et l'ochratoxine A dans la présente étude, la marge d'exposition est utilisée. Il s'agit d'un rapport entre deux facteurs (la limite inférieure de la dose de référence 10% ou *BMDL*<sub>10</sub> et de l'exposition alimentaire journalière) qui lorsqu'il

supérieur ou égal à 10000 susciterait peu de préoccupations du point de vue de la santé publique et plus de préoccupations dans le cas contraire.

Dans la présente étude, les marges d'exposition des enfants aux mycotoxines (figure VIII) sont toutes inférieures à 10000 quel que soit le niveau de consommation et la toxine considérée. Ceci traduit une situation préoccupante du point de vue de la santé publique étant donné que la valeur maximale de marge obtenue représente 20% de 10000.

### III.2.2.2.1.2- Exposition des adolescents

L'exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents aux mycotoxines varie de 0,3 à 8ng/kg, mc/jour (AFT), de 0,2 à 3ng/kg, mc/jour (AFB<sub>1</sub>) et de 0,2 à 4ng/kg, mc/jour (OTA) (Tableau 28). Elle présente trois niveaux d'exposition quel que soit la toxine considérée (Tableau 28). Un premier niveau (petits consommateurs) où elle est inférieure à celle obtenue avec des données de l'ECAM. Un deuxième niveau (moyens consommateurs) où elle est sensiblement égale à celle de l'ECAM et un troisième niveau (gros consommateurs) où elle est supérieure à celle de l'ECAM. L'exposition aux aflatoxines de la présente étude est supérieure à 1ng/kg, mc/jour chez les moyens (Ouest) et gros consommateurs (trois régions). Cette exposition représente entre 200 et 800% de 1ng/kg, mc/jour chez les gros consommateurs (ETUDE) et 200% de 1ng/kg, mc/jour (ECAM Ouest).

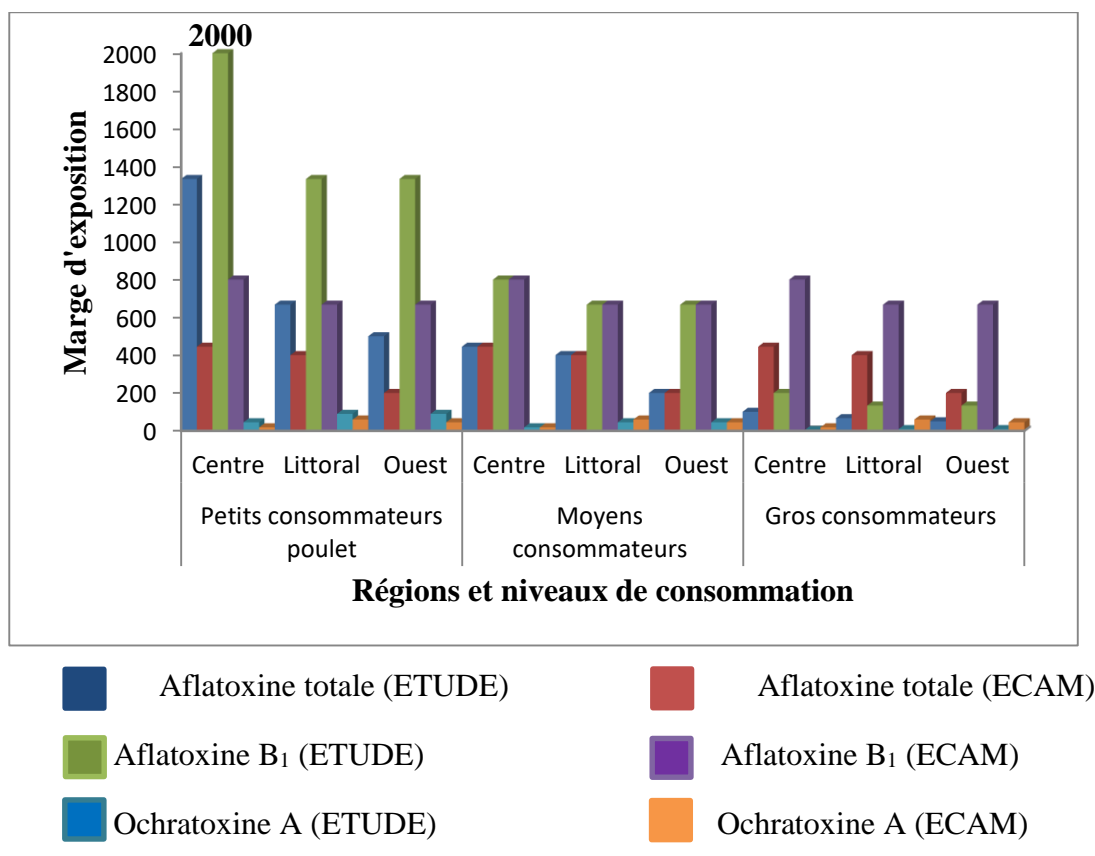
**Tableau 28** : Exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (EAJM) (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM
Petits consommateurs	Centre	0,3	0,9	0,2	0,5	0,4	1,0
	Littoral	0,6	1,0	0,3	0,6	0,2	0,3
	Ouest	0,8	2,0	0,3	0,6	0,2	0,4
Moyens consommateurs	Centre	0,9	0,9	0,5	0,5	1,0	1,0
	Littoral	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,3
	Ouest	2,0	2,0	0,6	0,6	0,4	0,4
Gros consommateurs	Centre	4,0	0,9	2,0	0,5	4,0	1,0
	Littoral	6,0	1,0	3,0	0,6	2,0	0,3
	Ouest	8,0	2,0	3,0	0,6	2,0	0,4

*mc* : masse corporelle, *ECAM*: enquête Camerounaise auprès des ménages (INS, 2002),  
*ng* :nanogramme

L'exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents des différents groupes à l'Ochratoxine A est inférieure à 14,3 ou 17,1ng/kg, mc/jour (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006).

Les marges d'exposition (figure IX) varient de 4,5 à 2000 et sont inférieures à 10000.



**Figure IX:** Marge d'exposition des adolescents aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet

### III.2.2.2.1.3- Exposition des adultes

L'exposition alimentaire journalière moyenne des adultes aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet est présentée dans le Tableau 29. Chez les gros consommateurs, elle varie de 4 à 8ng/kg, mc/jour (AFT), de 0,2 à 3 ng/kg, mc/jour (AFB<sub>1</sub>) et de 0,2 à 4 ng/kg, mc/jour (OTA).

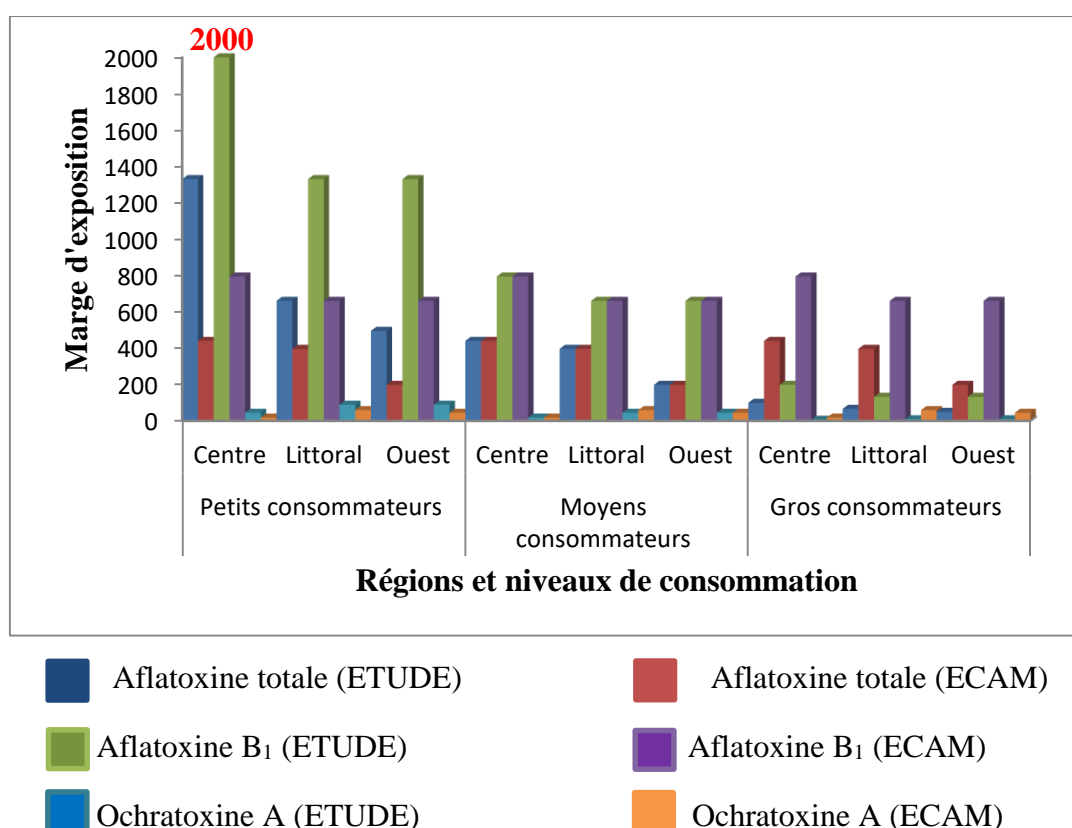
L'exposition alimentaire des gros consommateurs à l'AFT et à l'AFB<sub>1</sub> est 100% supérieure à 1ng/kg, mc/jour (données de l'enquête). Ceci probablement à cause de la quantité élevée de poulet qu'ils consomment. Les moyens consommateurs (Ouest) présentent une exposition alimentaire à l'AFT de 2ng/kg, mc/jour qui est deux fois supérieure à 1ng/kg, mc/jour (Tableau 29).

L'exposition alimentaire journalière moyenne à l'OTA des trois groupes de consommateurs est normale (Tableau 29), avec des valeurs inférieures à 14,3 et à 17,1ng/kg, mc/jour (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006).

**Tableau 29** : Exposition alimentaire journalière moyenne des adultes

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM
Petits consommateurs	Centre	0,3	0,9	0,2	0,5	0,4	1,0
	Littoral	0,6	1,0	0,3	0,6	0,2	0,3
	Ouest	0,8	2,0	0,3	0,6	0,2	0,4
Moyens consommateurs	Centre	0,9	0,9	0,5	0,5	1,0	1,0
	Littoral	1,0	1,0	0,6	0,6	0,4	0,3
	Ouest	2,0	2,0	0,6	0,6	0,4	0,4
Gros consommateurs	Centre	4,0	0,9	2,0	0,5	4,0	1,0
	Littoral	6,0	1,0	3,0	0,6	2,0	0,3
	Ouest	8,0	2,0	3,0	0,6	2,0	0,4

La figure X présente les marges d'expositions des adultes des trois groupes de consommateurs aux mycotoxines. Ces marges d'exposition sont inférieures à 10000. Ces marges d'exposition inférieures à 10000 suggèrent une prise alimentaire importante de ces toxines, suscitant d'importantes préoccupations du point de vue de la santé publique.



**Figure X:** Marge d'exposition des adultes aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet

### III.2.2.2.1.4- Exposition des personnes âgées

Le Tableau 30 présente l'exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet.

**Tableau 30:** Exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées

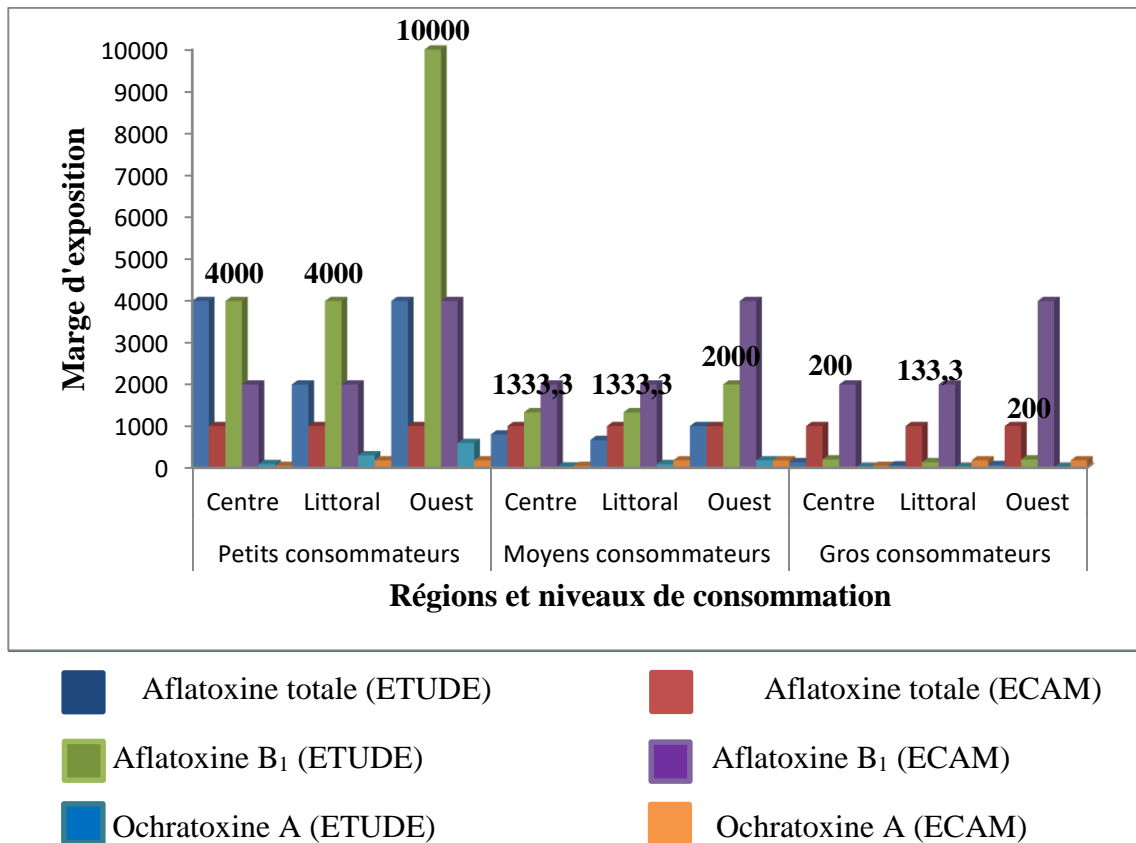
Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM
Petits consommateurs	Centre	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	0,4
	Littoral	0,2	0,4	0,1	0,2	0,06	0,1
	Ouest	0,1	0,4	0,04	0,1	0,03	0,1
Moyens consommateurs	Centre	0,5	0,4	0,3	0,2	0,6	0,4
	Littoral	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
	Ouest	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1
Gros consommateurs	Centre	3,0	0,4	2,0	0,2	4,0	0,4
	Littoral	7,0	0,4	3,0	0,2	2,0	0,1
	Ouest	6,0	0,4	2,0	0,1	1,4	0,1

*mc* : masse corporelle, *ECAM*: enquête Camerounaise auprès des ménages (INS, 2002),  
*ng* :nanogramme

Chez les gros consommateurs, l'exposition varie globalement de 0,1 à 7ng/kg, mc/jour (AFT), de 0,04 à 3 ng/kg, mc/jour (AFB<sub>1</sub>) et de 0,06 à 4 ng/kg, mc/jour (OTA). L'exposition alimentaire journalière moyenne des gros consommateurs à l'AFT et à l'AFB<sub>1</sub> représente plus de 100% de 1ng/kg, mc/jour (ETUDE) et moins de 40% pour les données de l'ECAM.

L'exposition alimentaire journalière moyenne à l'OTA des personnes âgées est globalement inférieure à 14,3 et à 17,1ng/kg, mc/jour de (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006).

Les marges d'exposition des personnes âgées aux mycotoxines (figure XI) sont presque toutes inférieures à 10000, sauf chez les petits consommateurs (Ouest) où la marge d'exposition à l'AFB<sub>1</sub> est de 10000 (ETUDE). Ceci suggère une prise alimentaire importante de l'AFB<sub>1</sub> par les enfants.



**Figure XI:** Marge d'exposition des personnes âgées aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet

### III.2.3- Exposition en lien avec la consommation des œufs

#### III.2.3.1- Exposition des enfants

L'exposition alimentaire journalière moyenne aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs des enfants (Tableau 31) va de 0,1 ng/kg, mc/jour chez les petits consommateurs (Centre et Littoral) à 2,0ng/kg, mc/jour chez les gros consommateurs (Centre et Ouest) en ce qui concerne l'aflatoxine totale (AFT). Pour ce qui est de l'exposition alimentaire à l'aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), elle varie entre 0,1ng/kg, mc/jour chez les petits consommateurs (Centre et Littoral) et à 2,0ng/kg, mc/jour chez les gros consommateurs des trois régions. S'agissant de l'ochratoxine A (OTA), l'exposition alimentaire est située entre 0,3ng/kg, mc/jour chez les petits consommateurs et 4,0ng/kg, mc/jour chez les gros consommateurs des régions du Littoral et de l'Ouest.

L'exposition journalière moyenne (ECAM) varie entre 0,3 et 0,6ng/kg, mc/jour (AFT), entre 0,3 et 0,6ng/kg, mc/jour (AFB<sub>1</sub>) et entre 0,7 et 0,9ng/kg, mc/jour (OTA) (Tableau 31).

**Tableau 31:** Exposition alimentaire journalière moyenne des enfants aux mycotoxines

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUDE	ECA M	ETUD E	ECAM	ETUDE	ECAM
Petits consommateurs	Centre	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,7
	Littoral	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,8
	Ouest	0,2	0,6	0,2	0,5	0,3	0,9
Moyens consommateurs	Centre	0,9	0,3	0,9	0,3	2,0	0,7
	Littoral	0,6	0,3	0,7	0,3	2,0	0,8
	Ouest	1,0	0,6	0,9	0,5	2,0	0,9
Gros consommateurs	Centre	2,0	0,3	2,0	0,3	3,0	0,7
	Littoral	1,0	0,3	2,0	0,3	4,0	0,8
	Ouest	2,0	0,6	2,0	0,5	4,0	0,9

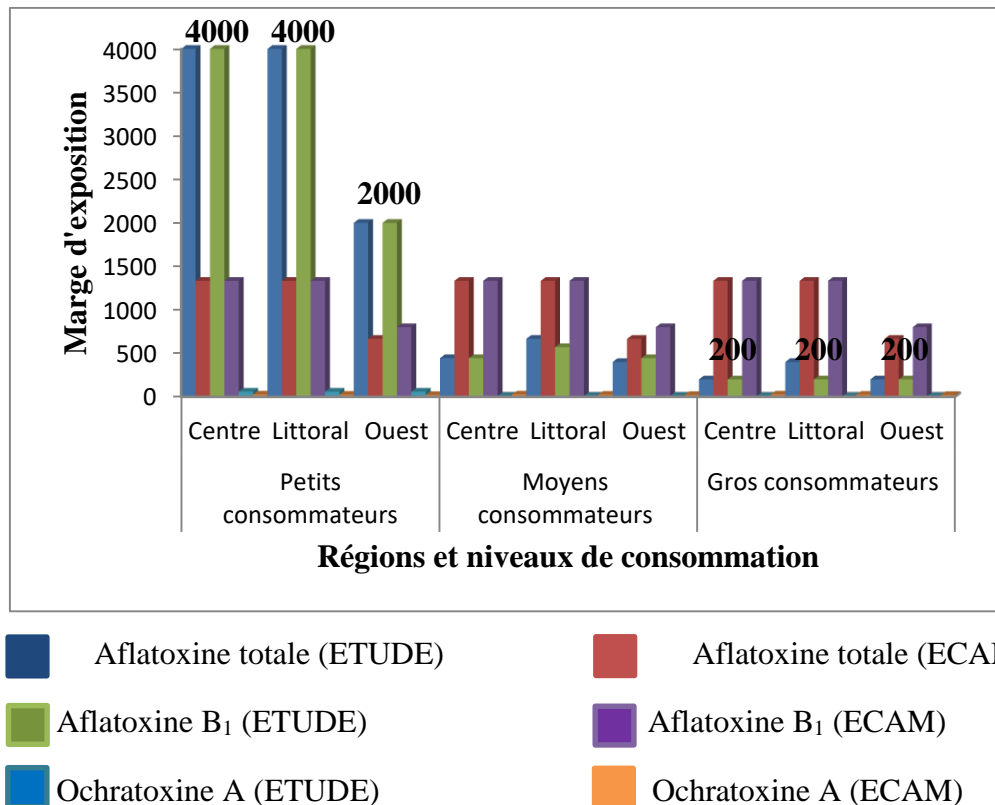
*mc : masse corporelle, ECAM: enquête Camerounaise auprès des ménages (INS, 2002),  
ng :nanogramme*

L'exposition alimentaire journalière à l'AFT des gros consommateurs (Centre et Littoral) est deux fois supérieure à 1ng/kg, mc/jour qui est la valeur limite tolérable des aflatoxines dans les aliments destinés à la consommation humaine.

L'exposition alimentaire journalière moyenne à l'ochratoxine A est inférieure à 14,3ng/kg, mc/jour et à 17,1ng/kg, mc/jour (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006) (Tableau 29).

Les marges d'exposition (figure XII) des enfants aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs sont comprises entre 4,5 et 4000 (ETUDE et ECAM). La marge d'exposition la plus élevée est de 4000 qui est inférieure à 10000, marge d'exposition recommandée pour parler d'une absence de danger ou de préoccupation du point de vue de la santé publique (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006).





**Figure XII:** Marge d'exposition des enfants aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs

### III.2.3.2- Exposition des adolescents

En lien avec la consommation des œufs, l'exposition alimentaire journalière moyenne aux mycotoxines (AFT, AFB<sub>1</sub> et OTA) des adolescents (Tableau 32) varie de manière globale de 0,1 à 4ng/kg, mc/jour.

L'exposition alimentaire aux aflatoxines est inférieure à 1ng/kg, mc/jour sauf chez les gros consommateurs des régions du Centre et de l'Ouest (AFB<sub>1</sub>). Pour les adolescents de ces deux régions, l'exposition alimentaire journalière est deux fois supérieure à 1ng/kg, mc/jour, soit 200% chez les gros consommateurs surtout concernant l'AFB<sub>1</sub>. Ceci peut s'expliquer par les quantités importantes d'œufs consommés par ces adolescents.

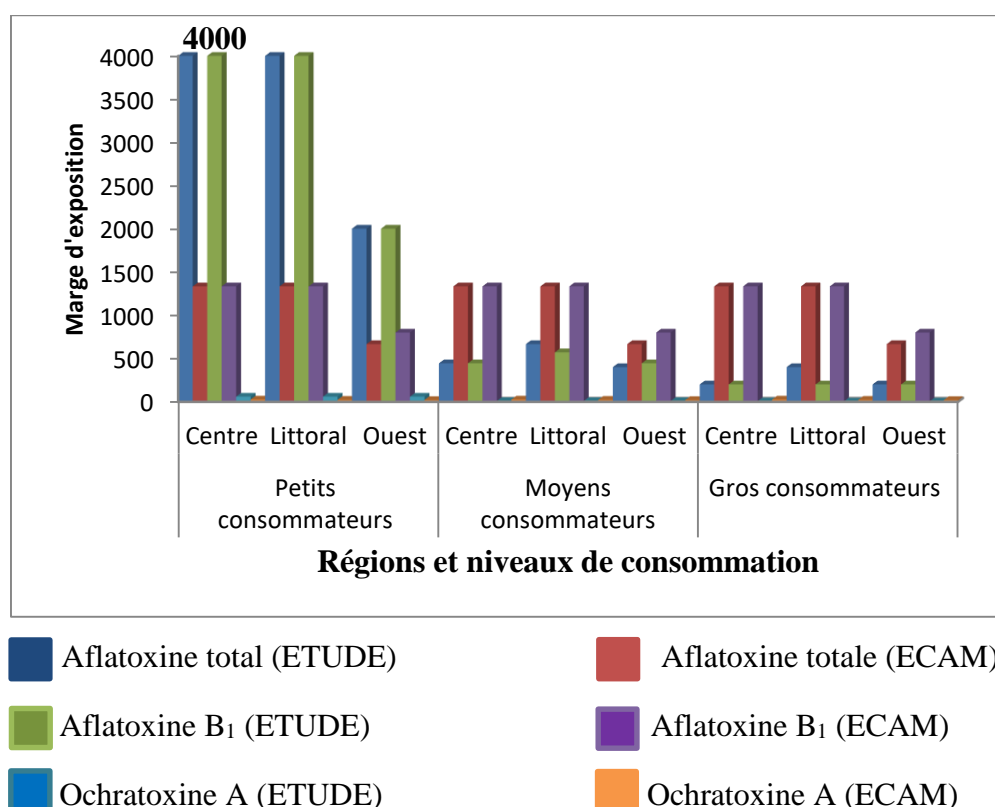
L'exposition alimentaire à l'OTA (Tableau 32) est globalement inférieure à 14,3ng/kg, mc/jour et à 17,1ng/kg, mc/jour (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006).

Les marges d'exposition des adolescents aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs sont très faibles (figure XIII) par rapport à 10000. La marge d'exposition la plus élevée est de 4000 pour l'AFB<sub>1</sub> et l'OTA chez les petits consommateurs des régions du Centre et du Littoral (ETUDE). Ces faibles marges suggèrent une prise alimentaire importante de ces toxines.

**Tableau 32:** Exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents aux mycotoxines

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM	ETUDE	ECAM
Petits consommateurs	Centre	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,7
	Littoral	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,8
	Ouest	0,2	0,6	0,2	0,5	0,3	0,9
Moyens consommateurs	Centre	0,9	0,3	0,9	0,3	2,0	0,7
	Littoral	0,6	0,3	0,7	0,3	2,0	0,8
	Ouest	1,0	0,6	0,9	0,5	2,0	0,9
Gros consommateurs	Centre	2,0	0,3	2,0	0,3	3,0	0,7
	Littoral	1,0	0,3	2,0	0,3	4,0	0,8
	Ouest	2,0	0,6	2,0	0,5	4,0	0,9

Pour les données de l'ECAM, les marges d'exposition sont inférieures à 4000. Les marges d'exposition sont toutes inférieures à 10000 traduisant l'exposition des adolescents aux effets néfastes de ces toxines dans l'organisme.



**Figure XIII:** Marge d'exposition des adolescents aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs

### III.2.3.3- Exposition des adultes

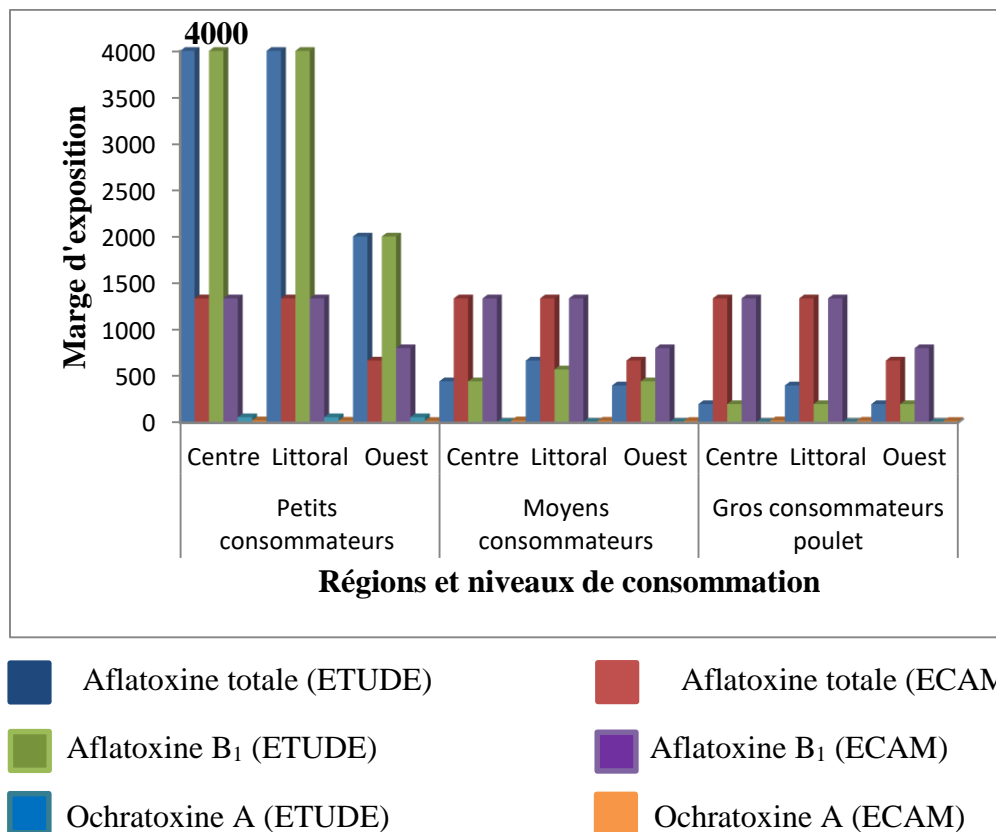
L'exposition alimentaire journalière moyenne des adultes aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs (Tableau 33) varie de 0,1 à 2,0ng/kg, mc/jour (AFT). Pour ce qui est de l'exposition alimentaire à l'aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), elle comprise entre 0,1 à 2,0ng/kg, mc/jour. S'agissant de l'ochratoxine A (OTA), l'exposition alimentaire est située entre 0,3 et 4,0ng/kg, mc/jour. L'exposition alimentaire journalière (ECAM) varie entre 0,3 et 0,6ng/kg, mc/jour (AFT), entre 0,3 et 0,6ng/kg, mc/jour (AFB<sub>1</sub>) et entre 0,7 et 0,9ng/kg, mc/jour (OTA) (Tableau 33). La variation de l'exposition alimentaire peut s'expliquer par les différences des quantités d'œufs consommés par les différents groupes de consommateurs.

L'exposition alimentaire journalière à l'AFT des gros consommateurs (Centre et Littoral) est deux fois supérieure à 1ng/kg, mc/jour. L'exposition alimentaire journalière moyenne à l'OTA (ETUDE et ECAM) est inférieure à l'exposition provisoire tolérable (14,31ng/kg, mc/jour et 17,1ng/kg, mc/jour) (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006). Sur la base de l'exposition alimentaire, les adultes des régions du Centre et de l'Ouest font face à une exposition importante à l'AFT. Ceci peut avoir des effets néfastes sur l'organisme.

**Tableau 33:** Exposition alimentaire journalière moyenne des adultes aux mycotoxines

Groupe de consommateur s	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUDE	ECA	ETUDE	ECA	ETUDE	ECAM
			M		M		
Petits consommateurs	Centre	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,7
	Littoral	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,8
	Ouest	0,2	0,6	0,2	0,5	0,3	0,9
Moyens consommateurs	Centre	0,9	0,3	0,9	0,3	2,0	0,7
	Littoral	0,6	0,3	0,7	0,3	2,0	0,8
	Ouest	1,0	0,6	0,9	0,5	2,0	0,9
Gros consommateurs	Centre	2,0	0,3	2,0	0,3	3,0	0,7
	Littoral	1,0	0,3	2,0	0,3	4,0	0,8
	Ouest	2,0	0,6	2,0	0,5	4,0	0,9

Les marges d'exposition des adultes aux mycotoxines en lien avec la consommation des œufs (figure XIV) varie globalement de 4,5 à 4000 (soit 0,045-4% de 10000), suggérant une prise alimentaire élevée.



**Figure XIV:** Marges d'exposition associées à la consommation des œufs contenant des mycotoxines par les adultes

La marge d'exposition la plus élevée est de 4000 qui est inférieure à 10000 (marge d'exposition recommandée) (JECFA, 2007 ; EFSA, 2006). Ceci montrerait une prise alimentaire importante de ces toxines n'excluant pas d'importantes préoccupations du point de vue de la santé publique.

### III.2.3.4- Exposition des personnes âgées

Le Tableau 34 présente l'exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées aux mycotoxines. Globalement, elle varie de 0,09 (petits consommateurs Littoral) à 1,1ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Ouest) pour ce qui est de l'AFT.

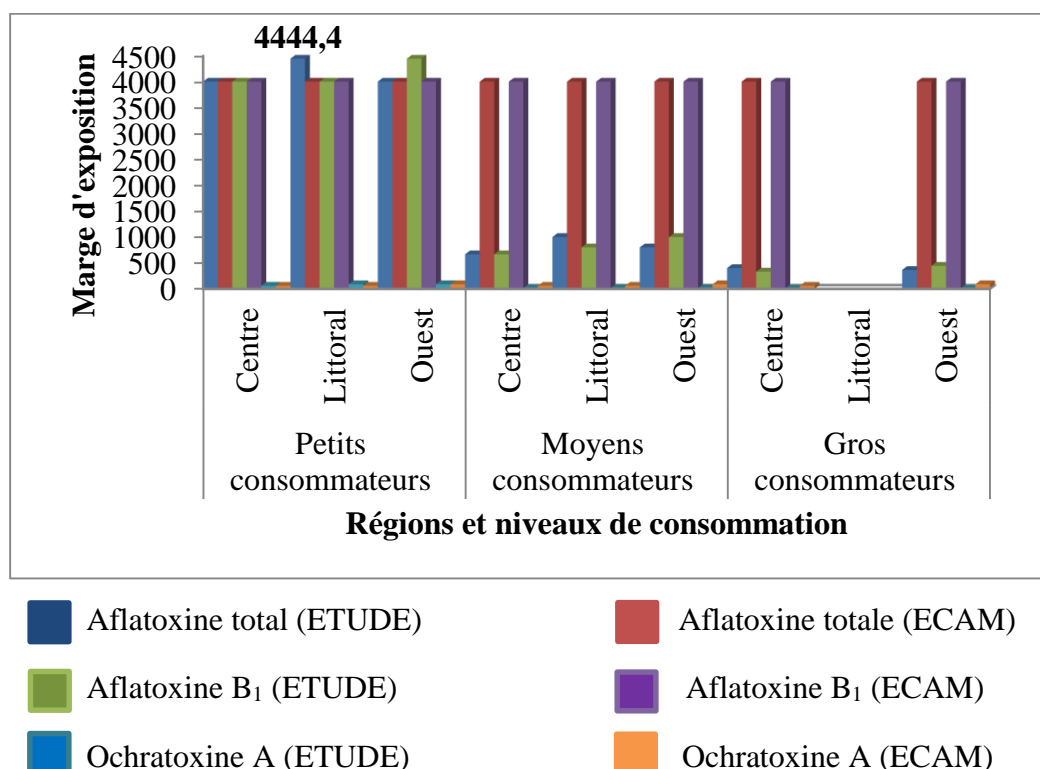
Pour ce qui est de l'AFB<sub>1</sub>, l'exposition alimentaire varie de 0,09 (petits consommateurs Ouest) à 1,2ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Centre). L'exposition alimentaire journalière (ECAM) est de 0,1ng/kg, mc/jour (Tableau 34).

L'exposition alimentaire journalière à l'AFT des gros consommateurs (Ouest) et à l'AFB<sub>1</sub> des gros consommateurs (Centre) représente respectivement 110% et 120% de 1ng/kg, mc/jour (SCF, 1994 ; JECFA, 2007). L'exposition alimentaire à l'OTA est comprise entre 0,2 et 2,0ng/kg, mc/jour. Ces valeurs d'exposition sont toutes inférieures à l'exposition alimentaire hebdomadaire tolérable provisoire.

**Tableau 34:** Exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées aux mycotoxines

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (EAJM) (ng/kg, mc/jour)					
		Aflatoxine totale (AFT)		Aflatoxine B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )		Ochratoxine A (OTA)	
		ETUD	ECA	ETUD	ECAM	ETUDE	ECAM
		E	M	E			
Petits consommateurs	Centre	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
	Littoral	0,09	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
	Ouest	0,1	0,1	0,09	0,1	0,2	0,2
Moyens consommateurs	Centre	0,6	0,1	0,6	0,1	1,2	0,3
	Littoral	0,4	0,1	0,5	0,1	1,1	0,3
	Ouest	0,5	0,1	0,4	0,1	1,0	0,2
Gros consommateurs	Centre	1,0	0,1	1,2	0,1	2,0	0,3
	Littoral						
	Ouest	1,1	0,1	0,9	0,1	2,0	0,2

La figure XV présente les marges d'exposition aux mycotoxines associées à la consommation des œufs (ETUDE et ECAM). Les marges d'exposition sont inférieures à 10000. Ceci veut dire que toutes les personnes âgées ne sont pas en marge des effets néfastes que pourraient avoir l'AFT, l'AFB<sub>1</sub> et l'OTA présents dans les œufs qu'ils consomment.



**Figure XV:** Marges d'exposition associées à la consommation des œufs contenant des mycotoxines par les personnes âgées

---

Il a été rapporté des expositions à l'AFB<sub>1</sub> à travers la consommation du maïs et des arachides faibles par rapport à la valeur sanitaire de référence en Indonésie (Ananditya *et al.*, 2008). Le Centre International des Recherches sur Cancer (CIRC) a classé les aflatoxines comme les composés cancérigène de groupe 1 (CIRC, 2016). L'exposition alimentaire à ces toxines doit donc être réduite au maximum, car tout niveau d'exposition est dangereux (Luzardo *et al.*, 2016). Ainsi, l'exposition alimentaire aux mycotoxines (AFT à l'AFB<sub>1</sub> et OTA) des différents consommateurs pourrait avoir des effets néfastes sur leur organisme (EFSA, 2020). En effet, l'AFB<sub>1</sub> est absorbée dans l'intestin grêle et distribuée au foie où il subit un métabolisme de premier passage. Le métabolisme de l'AFB<sub>1</sub> chez l'homme a été caractérisé avec les cytochromes P1A2, 2B6, 3A4, 3A5, 2A13 et GSTM1, tous catalysant le métabolisme des aflatoxines chez l'homme. L'AFB<sub>1</sub> est convertit en ses époxydes qui se lient de manière covalente à l'ADN et aux protéines (EFSA, 2020). L'activité du CYP3A et du CYP1A2 est importante pour la génotoxicité de l'AFB<sub>1</sub>. En effet, lors de l'époxydation, des adduits d'ADN tels qu'AFB<sub>1</sub>-N7-gua et AFB<sub>1</sub>-FAPY se forment et peuvent conduire à des transversions G - par T. En plus de la formation d'adduits d'ADN, un large spectre d'effets cellulaires a été rapporté en réponse à l'exposition à AFB<sub>1</sub> (EFSA, 2020). Il a été rapporté que chez les enfants, les mycotoxines sont associées à des anomalies du développement, telles que des troubles du neuro-développement (Chilika et Mally, 2020).

L'OTA est rapidement absorbée et distribuée, mais lentement éliminée et excrétée. Ce qui entraîne une accumulation potentielle dans le corps, principalement dû à sa liaison aux protéines plasmatiques et au faible taux de métabolisme. Il a été rapporté que les demi-vies plasmatiques de l'OTA sont de plusieurs semaines chez les humains. La principale voie métabolique de l'OTA est l'hydrolyse en Ochratoxine alpha (OT alpha), suivie d'une conjugaison avec de l'acide glucuronique (EFSA, 2020).

De manière générale, la prise alimentaire de ces toxines est importante à travers la consommation du poulet et des œufs (MDE < 10000). Cette situation n'est pas surprenante puisque d'après le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable), au regard des effets cancérigènes susceptibles d'être provoqués par les aflatoxines et l'ochratoxine A, leur teneur dans les aliments devrait être la plus faible possible comme le stipule le principe ALARA. Les marges d'exposition obtenues inférieures à 10000 dans le cadre de cette étude démontrent la présence d'importantes préoccupations du point de vue de la santé publique. Des expositions à l'AFB<sub>1</sub> faibles (par rapport à la valeur sanitaire de référence de 1ng/kg mc/jour) en lien avec la consommation du maïs et des arachides mais des marges d'exposition inférieures à 10000 ont été rapporté en Indonésie (Ananditya *et al.*, 2008). La marge d'exposition étant le moyen le

plus utilisé pour évaluer l'exposition aux composés génotoxiques et cancérigènes, elle est pour le moment strictement limitée aux études animales qui peuvent souvent tromper car les animaux pourraient être plus résistants que les humains (Al-Jabir *et al.*, 2019).

### III.2.4- Exposition alimentaire journalière globale

L'exposition alimentaire globale aux mycotoxines (Tableau 35) en lien avec la consommation du poulet et des œufs des enfants, des adolescents et des adultes varie de 1,4 à 21ng/kg (ETUDE), mc/jour et de 3,7 à 6,9ng/kg, mc/jour (ECAM). Chez les personnes âgées, cette exposition alimentaire globale est comprise entre 0,6 et 13,4ng/kg, mc/jour (ETUDE) et entre 0,7 et 1,5ng/kg, mc/jour (ECAM).

Globalement, l'exposition est plus élevée chez les gros consommateurs (enfants, adolescents, adultes et personnes âgées) des différents groupes de consommateurs.

L'exposition alimentaire globale (1,4 à 21,0ng/kg, mc/jour), des enfants, des adolescents, et des adultes représente entre 140 et 2100% de 1ng/kg, mc/jour qui est la valeur de référence limite d'exposition aux aflatoxines (SCF, 1994) et entre 8,9 et 133,8% de 14,3 et de 17,1ng/kg mc/jour qui sont les valeurs de l'exposition alimentaire tolérable provisoire à l'ochratoxine A (JECFA, 2007). Cette importante exposition alimentaire journalière globale suggère une exposition non négligeable aux effets néfastes des aflatoxines et de l'ochratoxine A dans l'organisme humain.

**Tableau 35** : Exposition alimentaire journalière globale des différents consommateurs

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière globale en ng/kg, mc/jour							
		Enfant		Adolescent		Adulte		Personne âgée	
		ET	ECA	ET	ECA	ET	ECA	ET	ECA
Petits consommateurs	Centre	1,4	3,7	1,4	3,7	1,4	3,7	0,9	1,5
	Littoral	1,6	3,3	1,6	3,3	1,6	3,3	0,8	1,2
	Ouest	2,0	5,0	2,0	5,0	2,0	5,0	0,6	1,0
Moyens consommateurs	Centre	6,2	3,7	6,2	3,7	6,2	3,7	3,8	1,5
	Littoral	5,3	3,3	5,3	3,3	5,3	3,3	3,1	1,2
	Ouest	6,9	5	6,9	5,0	6,9	5,0	2,6	1,0
Gros consommateurs	Centre l	17,0	3,7	17,0	3,7	17,0	3,7	13,2	1,5
	Littoral	18,0	3,3	18,0	3,3	18,0	3,3	12,0	0,7
	Ouest	21,0	5,0	21,0	5,0	21,0	5,0	13,4	1,0

ET : Etude et ECA : ECAM (INS, 2002)



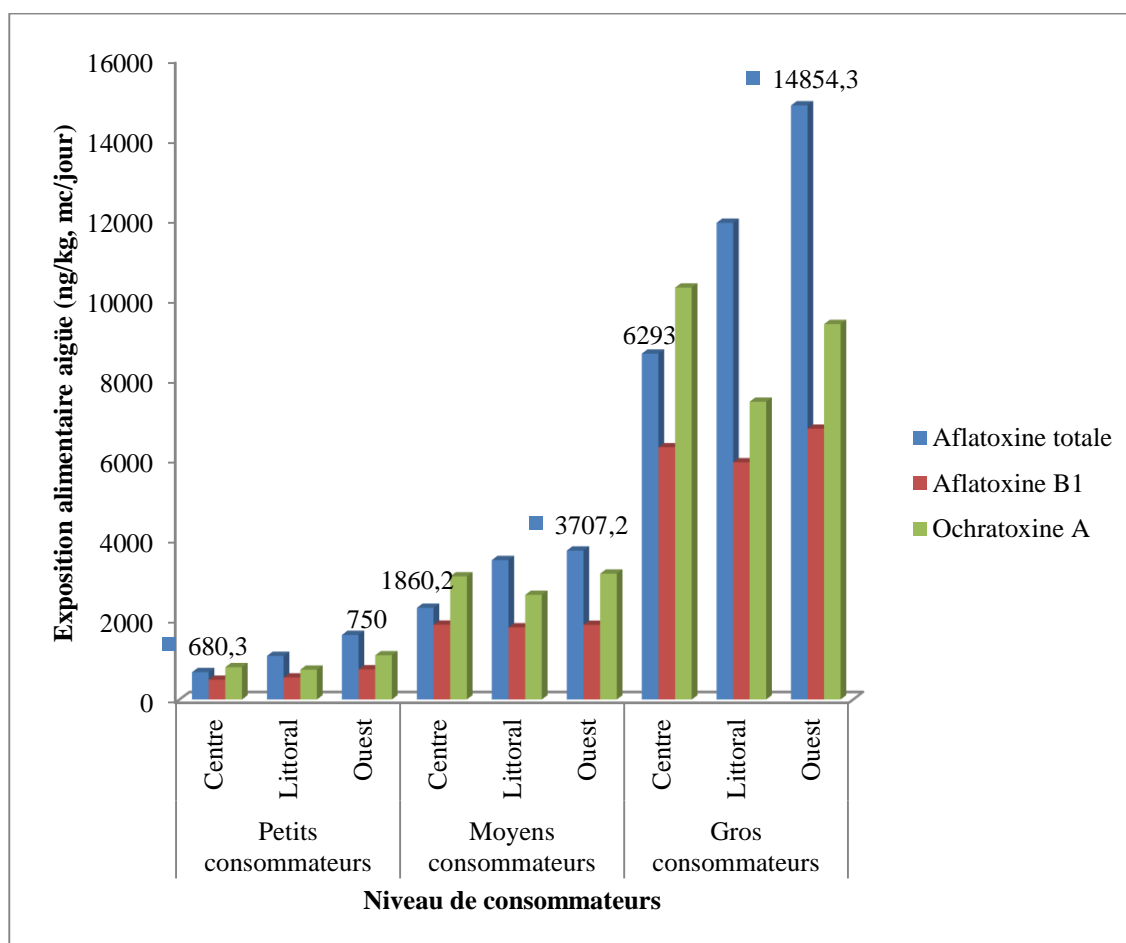
### III.2.5- Exposition alimentaire journalière aigüe

En toxicologie, la toxicité aigüe est la caractérisation d'un effet qui se fait ressentir dans un temps relativement court tandis que la toxicité chronique est la caractérisation d'un effet qui ne se manifeste qu'après un temps d'exposition relativement long et de façon permanente (CSST, 2004).

#### III.2.5.1- Exposition des enfants

La figure XVI présente l'exposition alimentaire journalière aigüe (EAJA) des enfants aux mycotoxines. Elle varie de 680,3 (petits consommateurs) à 14854,3ng/kg, mc/jour (gros consommateurs).

La contribution globale à l'exposition aigüe varie de 34,4 à 47,8% (AFT), de 19,0 à 24,9% (AFB<sub>1</sub>) et de 33,2 à 40,7% (OTA). L'EAJA est plus élevée à l'AFT.

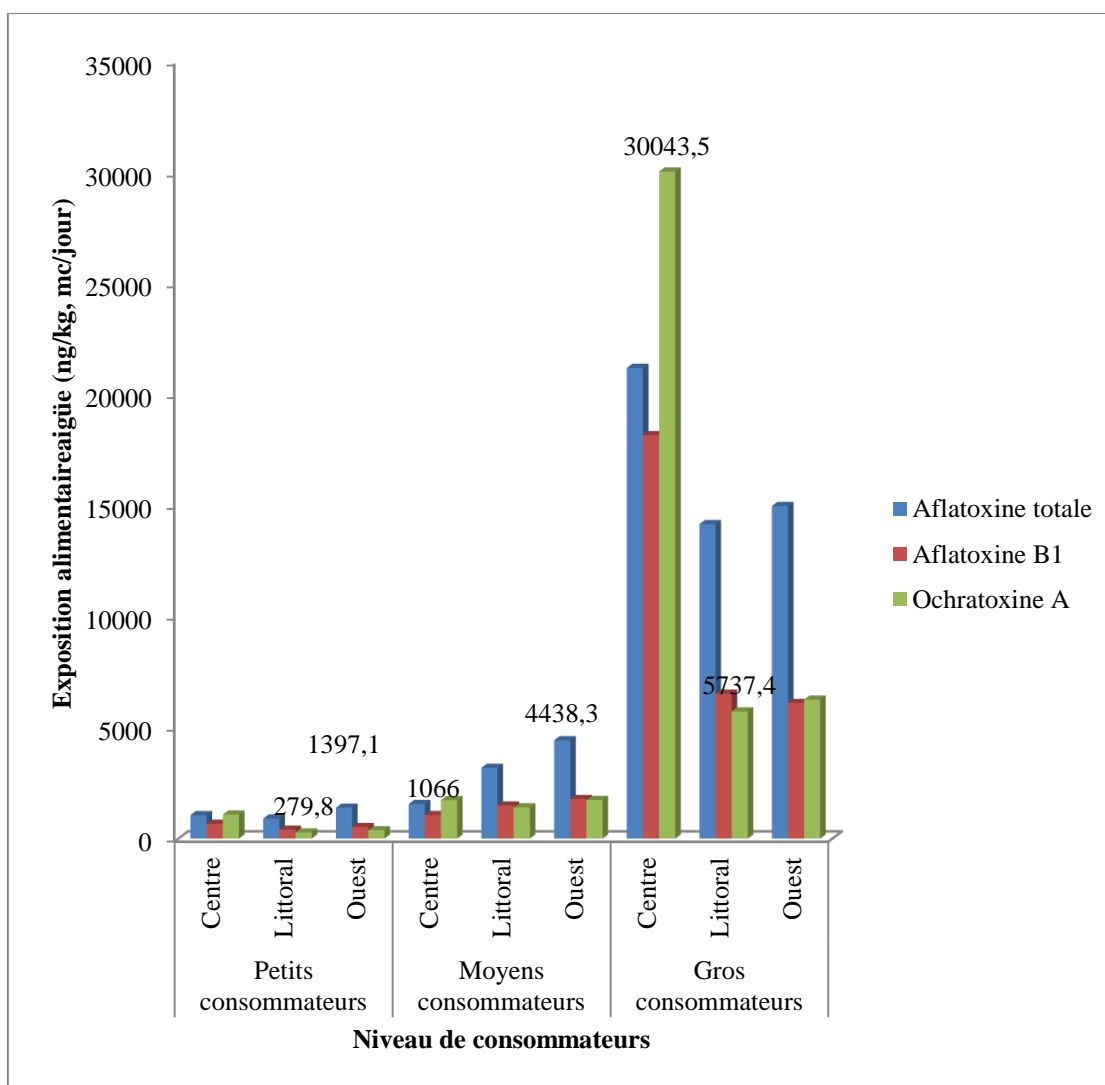


**Figure XVI:** Exposition alimentaire journalière aigüe des enfants aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs

### III.2.5.2- Exposition des adolescents

L'exposition alimentaire journalière aigüe (EAJA) aux mycotoxines des adolescents (figure XVII) varie globalement de 279,8 (petits consommateurs) à 30043,5 ng/kg, mc/jour (gros consommateurs).

Les gros consommateurs (Centre) semblent faire face à une EAGA à l'OTA élevée. L'EAJA est supérieure à 1ng/kg, mc/jour, à 14,3 et à 17,1ng/kg, mc/jour qui sont les valeurs tolérables des aflatoxines et de l'ochratoxine A respectivement. De manière globale, la contribution à l'EAJA totale est de 30,5 à 57,0% (AFT), de 25,4 à 26,2% (AFB<sub>1</sub>) et de 17,6 à 43,3% (OTA).

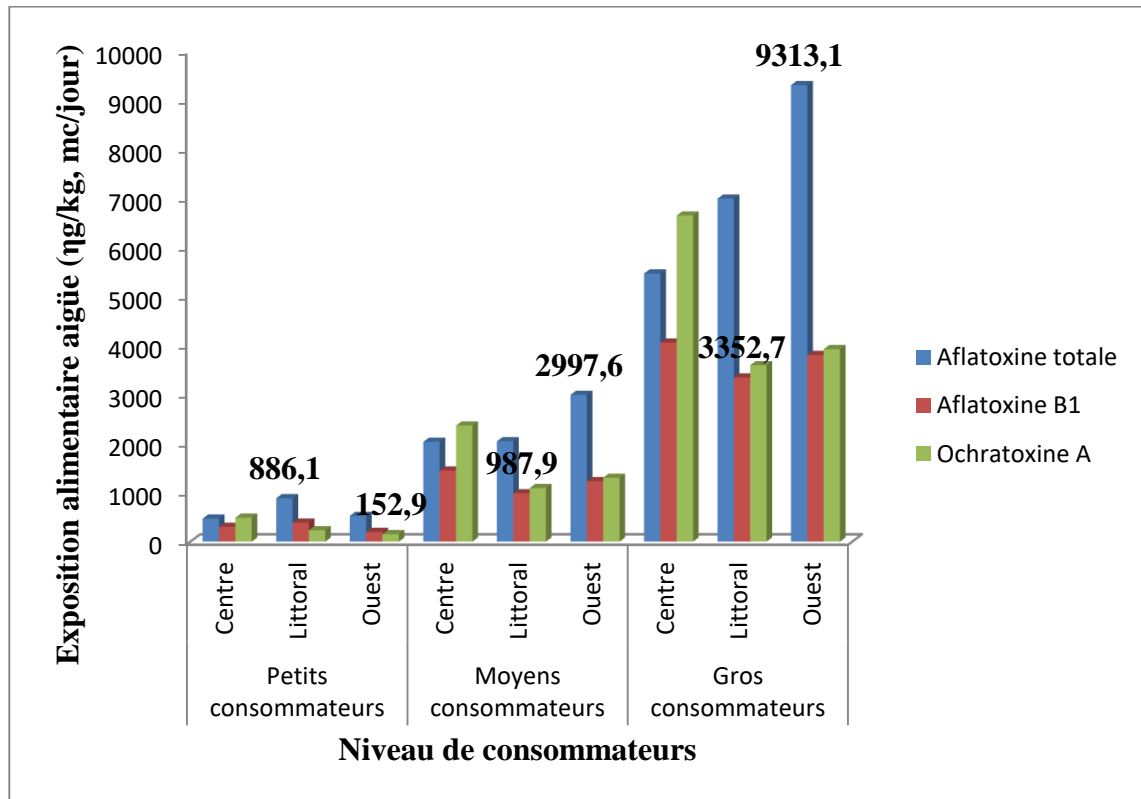


**Figure XVII:** Exposition alimentaire journalière aigüe des adolescents aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs

### III.2.5.3- Exposition des adultes

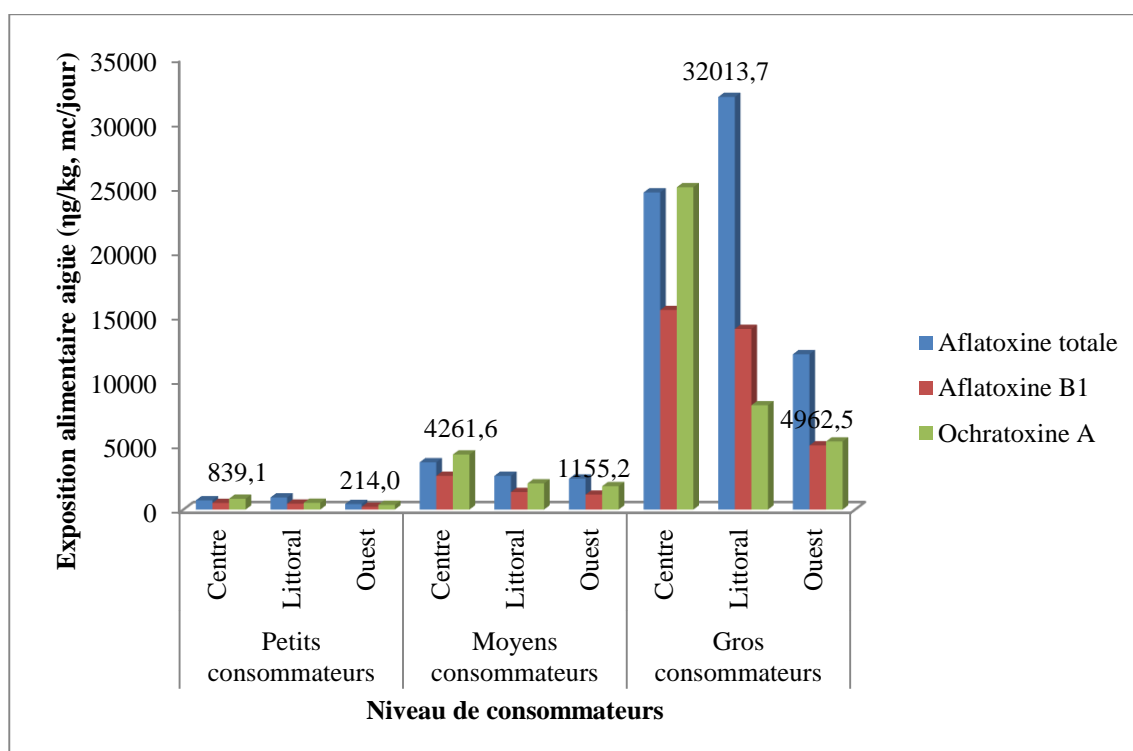
L'exposition alimentaire journalière aigüe (EAJA) des adultes aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet et des œufs est représentée par la figure XVIII. Elle varie de 886,1 à 9313,1ng/kg, mc/jour (petits et gros consommateurs Ouest).

L'EAJA à AFT est globalement élevée et supérieure dans tous les cas à 1ng/kg, mc/jour (aflatoxines), à 14,3 et à 17,1ng/kg, mc/jour (ochratoxine A). La contribution à l'EAJA varie de 47,1 à 50,8% (AFT), de 19,5 à 32,7% (AFB<sub>1</sub>) et de 16,5 à 33,6% (OTA).



**Figure XVIII:** Exposition alimentaire journalière aigüe des adultes aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs

### III.2.5.4- Exposition des personnes âgées



**Figure XIX :** Exposition alimentaire journalière aigüe des personnes âgées aux mycotoxines associée à la consommation du poulet et des œufs

La figure XIX représente l'EAJA des personnes âgées aux mycotoxines en lien avec la consommation du poulet et des œufs. Elle varie de 214,0 (petits consommateurs Ouest) à 32013,7ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Littoral).

Globalement, l'EAJA est plus élevée chez les gros consommateurs et reste supérieure à 1ng/kg, mc/jour (Aflatoxines), à 14,3 et à 17,1ng/kg (OTA) chez les différents consommateurs. Cependant, la contribution à l'EAJA totale est de 36,7 à 45,1% (AFT), de 18,5 à 19,7% (AFB<sub>1</sub>) et de 35,2 à 44,7% (OTA).

Les valeurs de l'EAJA obtenues en ce qui concerne l'AFT et l'AFB<sub>1</sub> sont très alarmantes probablement à cause du fait de leurs teneurs dans les tissus et les œufs de poulet analysés qui n'obéissent pas le principe ALARA (Gargees et Shareef, 2009). Les EAJA à l'OTA sont supérieures aux limites maximales permises de l'OTA (14ng/kg/jour et de 17,1ng/kg/jour) (EFSA, 2006 ; JECFA, 2007).

### III.2.6- Exposition alimentaire journalière chronique

L'exposition alimentaire journalière chronique (EAJC) (Tableau 36) des différents consommateurs aux mycotoxines est comprise entre 0,1 - 33,0ng/kg, mc/jour (enfants), entre

0,3 - 21,0ng/kg, mc/jour (adolescents), entre 0,3 - 11,0ng/kg, mc/jour (adultes) et entre 0,2 - 27,0ng/kg, mc/jour (personnes âgées).

**Tableau 36:** Exposition alimentaire journalière chronique aux mycotoxines des différents consommateurs

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière chronique (EAJC) en ng/kg, mc/jour			
		Enfant	Adolescent	Adulte	Personne âgée
Petits consommateurs	Centre	0,4	0,4	0,3	0,3
	Littoral	0,3	0,3	1,0	0,4
	Ouest	0,1	0,3	0,2	0,2
Moyens consommateurs	Centre	3,4	2,9	0,5	1,8
	Littoral	0,5	1,1	0,5	1,0
	Ouest	0,8	1,1	0,9	0,7
Gros consommateurs	Centre	33,0	15	11,0	27,0
	Littoral	33,0	21,0	7,3	10,0
	Ouest	3,1	1,1	0,9	0,7

Le Tableau 36 montre que les enfants du groupe des gros consommateurs (Centre et Littoral) sont plus exposés, tandis que chez les petits et moyens consommateurs, ce sont les adultes et les adolescents qui sont respectivement plus exposés.

Il a été rapporté que l'aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) induit un stress oxydatif, y compris la modulation des systèmes de défense antioxydants qui pourrait compromettre les voies critiques de désintoxication de l'AFB<sub>1</sub> comme le glutathion (GSH) et / ou induire des lésions supplémentaires de l'ADN (EFSA, 2020). L'AFB<sub>1</sub> est métabolisée au niveau du foie sous l'action des CYP450, notamment le cytochrome P1A2 (CYP1A2) et donne par hydroxylation l'AFM<sub>1</sub>. Par époxydation, l'AFM<sub>1</sub> donne l'AFB<sub>1</sub>-8,9-époxyde qui est un métabolite très toxique et d'autres métabolites dangereux (Brochard et Le Bacle, 2009). L'AFB<sub>1</sub> peut également subir un métabolisme pulmonaire par l'intermédiaire d'enzymes oxydantes : la lipo-oxygénase et la prostaglandine-H-synthétase (EFSA, 2020). Cette métabolisation de l'AFB<sub>1</sub> active sa toxicité qui peut se manifester par des effets chroniques comme la formation des adduits à l'ADN (AFSSA, 2009). Au regard des résultats obtenus, les consommateurs de la présente étude ne sont donc pas à l'abri des effets chroniques des aflatoxines particulièrement l'AFB<sub>1</sub>.

Les aflatoxines sont des substances génotoxiques et leur effet critique sur le cancer du foie, s'explique par le fait qu'après absorption, elles subissent un métabolisme de premier passage dans le foie où elles exercent leur toxicité en raison de la formation de métabolites toxiques (EFSA, 2020). De plus, il a été rapporté que la co-exposition aux virus de l'hépatite a une forte influence sur le risque carcinogène des aflatoxines pour l'homme (FAO/WHO, 2018).

---

L'ochratoxine A est connue comme étant néphrotoxique, cancérogène, immunotoxique et tératogène. Ses trois principaux mécanismes de toxicité sont des inhibitions (respiration mitochondriale, ARNt-synthétase et peroxydases lipidiques) (Holher, 1998). L'exposition à l'OTA comme observée dans la présente étude n'exclurait pas l'exposition des consommateurs aux effets carcinogènes de l'OTA.

### **III.2.7- Conclusion partielle**

L'objectif de cette partie était de déterminer le risque sanitaire lié à la contamination des aliments, des tissus et des œufs de poulets par les mycotoxines (AFT, AFB<sub>1</sub> et OTA) de différents consommateurs. Il en ressort que :

Les aliments de poulets de chair et de pondeuses des trois régions sont contaminés par l'AFT, l'AFB<sub>1</sub> et l'OTA. Les teneurs en AFB<sub>1</sub> des aliments de poulets (11,4µg/kg et 19,3µg/kg) de la région du Centre sont supérieures à la limite maximale tolérable.

Les tissus et les œufs de poulets sont contaminés par l'aflatoxine totale, l'aflatoxine B<sub>1</sub> et l'ochratoxine A. Les gésiers de poulet des régions du Centre (2,2µg/kg) et du Littoral (2,5µg/kg) ont présenté des teneurs en AFB<sub>1</sub> supérieures à 2µg/kg.

Les consommateurs de poulet et d'œufs des trois régions sont exposés à l'aflatoxine, l'aflatoxine B<sub>1</sub> et à l'ochratoxine A. Cette exposition entraîne des marges d'exposition inférieures à 10000 pour les différents consommateurs sauf les personnes âgées du groupe de petits consommateurs de poulet de la région de l'Ouest. Ces faibles marges d'exposition suggèrent une préoccupation importante du point de vue de la santé publique.

## **III.3- Teneurs en métaux lourds des aliments, des tissus, des œufs et exposition alimentaire associée**

### **III.3.1-Teneurs en métaux lourds des aliments, des tissus et des œufs**

#### **III.3.1.1-Métaux lourds dans les aliments**

Ici sont présentées les teneurs en quelques métaux lourds (Tableau 37) des aliments produits localement pour les poulets de chair et les pondeuses.

Les teneurs en Zn et en Cu des deux types d'aliments varient de 51789,4 à 82829,4µg/kg et de 7963,4 à 17769,2µg/kg respectivement. Ces teneurs sont supérieures aux teneurs maximales acceptables de zinc et de Cu qui sont respectivement de 3000 µg/kg et 2000 µg/kg dans les aliments d'animaux (OMS, 2011). Le zinc et le cuivre sont des oligo-éléments essentiels requis pour de nombreux processus biologiques (fonctions enzymatiques, influence positive sur la croissance et la reproduction). En raison de la variation de leur biodisponibilité,

---

une supplémentation en zinc et en cuivre est recommandée pour la plupart des espèces animales (EC, 2003). Des teneurs en Zn et en Cu supérieures aux teneurs maximales dans les aliments ont été rapportées au Nigéria (Okoye *et al.*, 2011).

Les teneurs en métaux lourds varient globalement dans les deux types d'aliments de 5 à 10µg/kg (Pb), de 6942,4 à 22525µg/kg (Ni), de 2000 à 2688,8µg/kg (As), de 2,4 à 3,6µg/kg (Cd), de 1867,8 à 4176,7µg/kg (Cr) et de 4,0 à 5,6µg/kg (Hg).

L'aliment de poulet de chair est plus contaminé au Ni, tandis que l'aliment de pouleuse l'est plus au Cr. Les teneurs en As sont proches dans les deux aliments (Tableau 35). Les teneurs recommandées dans les aliments sont 10µg/kg (Pb), 70µg/kg (Ni), 500µg/kg (As), 3µg/kg (Cd), 50µg/kg (Cr) et 100µg/kg (Hg) (CE, 2005 ; Zelenka et Hedbavny, 2007 ; OMS, 2011 ; Nachman, 2013). Les teneurs en Ni, en As et en Cr des différents aliments sont plus de 100% supérieures à leurs teneurs recommandées. Ceci s'explique par le fait que les aliments de poulets sont un mélange de plusieurs ingrédients (maïs, arachide soja, concentré, os...) contenant des métaux lourds à différentes teneurs (Shahidul *et al.*, 2007).

Ces métaux ne peuvent pas être métabolisés ni détruits. Par conséquent, les animaux qui consomment des aliments contaminés par ces métaux, comme observé dans la présente étude, pourraient accumuler ces contaminants dans leurs tissus au fil du temps. Les animaux contaminés pourraient alors transférer le métal à leur progéniture, à la chaîne alimentaire animale, aux aliments d'origine animale. Même des traces de certains contaminants métalliques peuvent entraîner des résidus inacceptables dans les aliments destinés à la consommation humaine (viande ou œufs). De plus, les aliments contenant des charges métalliques élevées présentent un danger pour la santé humaine (ACIA, 2017).

**Tableau 37:** Teneurs moyennes en métaux lourds des aliments de poulets collectés dans les régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest

Métaux lourds	Région	Métaux lourds ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	
		Aliment local de poulets de chair	Aliment local de pondeuses
Cu	Centre	17760,2 $\pm$ 0,5 <sup>c</sup>	7963,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
	Littoral	17737,5 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	8370,8 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>
	Ouest	17000,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	8346,3 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>
Zn	Centre	82791,7 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	51789,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
	Littoral	82829,4 $\pm$ 6,9 <sup>c</sup>	54537,4 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>
	Ouest	79445,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	54648,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>
Pb	Centre	10,0 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>	10,0 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
	Littoral	7,5 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	9,9 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>
	Ouest	5,0 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	8,0 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>
Ni	Centre	22525,0 $\pm$ 35,4 <sup>c</sup>	6942,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
	Littoral	22522,3 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	7349,3 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>
	Ouest	21654,3 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	7312,8 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>
As	Centre	2188,5 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	2200,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>
	Littoral	2819,4 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>	2000,0 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
	Ouest	2688,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	2300,0 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>
Cd	Centre	2,8 $\pm$ 0,07 <sup>c</sup>	2,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
	Littoral	2,7 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	3,3 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>
	Ouest	2,5 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3,6 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
Cr	Centre	1867,8 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	3957,2 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>
	Littoral	1882,2 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	4150,5 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>
	Ouest	2266,3 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>	4176,7 $\pm$ 0,8 <sup>c</sup>
Hg	Centre	4,6 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>	5,6 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
	Littoral	4,3 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	5,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>
	Ouest	4,0 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	4,9 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>

*Différences significatives pour les lettres différentes au seuil de 5%, test statistique : ANOVA à un facteur,  $\mu\text{g}$  : microgramme, kg : kilogramme*

### III.3.1.2-Métaux lourds dans les tissus de poulet

Les métaux lourds présents dans les aliments sont aussi retrouvés dans la chair, le foie et le gésier de poulet (Tableau 38). Globalement les teneurs moyennes en Cu et en Zn des différents tissus varient de 146,4 (chair Centre) à 3211,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (foie Centre) et de 23742,3 (chair Ouest) à 59160,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (gésier Centre) respectivement. La présence des mêmes métaux dans les tissus pourrait s'expliquer par le phénomène de bioaccumulation à travers la consommation des aliments contaminés. Les teneurs élevées en Cu et en Zn des différents tissus peuvent s'expliquer par le fait que le zinc et le cuivre sont des éléments minéraux naturellement présents dans les organismes vivants. Les teneurs en zinc et en cuivre sont toujours plus importantes



parce que ce sont les éléments essentiels qui entrent dans la constitution des organismes vivants au sein desquels ils jouent plusieurs rôles (Hameed *et al.*, 2013).

Les teneurs en Hg et en Cr sont plus élevées dans le foie, les teneurs Cd et en As dans le gésier et la teneur en Pb dans la chair (Tableau 38).

**Tableau 38:** Teneurs moyennes en métaux lourds de la chair, du foie et du gésier de poulets provenant de quelques fermes avicoles du Centre, du Littoral et de l'Ouest

Métaux lourds	Région	Métaux lourds ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
		Chair	Foie poulet	Gésier
Cu	Centre	146,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3211,4 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>	2211,5 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>
	Littoral	147,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	3099,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	2276,8 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>
	Ouest	169,5 $\pm$ 0,7 <sup>c</sup>	3013,3 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	2276,3 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>
Zn	Centre	29680,3 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	55061,3 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>	59160,0 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
	Littoral	29975,5 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	52736,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	56919,8 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>
	Ouest	23742,3 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>	51554,3 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	56913,2 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
Pb	Centre	7,5 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>	3,6 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	3,5 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>
	Littoral	3,1 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	3,5 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	3,2 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
	Ouest	5,5 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3,5 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3,2 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
Ni	Centre	0,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	2,1 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
	Littoral	0,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	2,1 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
	Ouest	0,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	2,1 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
As	Centre	0,8 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	1,8 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>	3,6 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>
	Littoral	0,8 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	0,8 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	3,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
	Ouest	1,4 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	1,4 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	3,6 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>
Cd	Centre	27,3 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3,1 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	32,5 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
	Littoral	27,6 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	2,6 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	29,3 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>
	Ouest	29,6 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>	3,9 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>	29,1 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>
Cr	Centre	57,2 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	15,0 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>	442,0 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>
	Littoral	53,7 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	14,1 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	406,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>
	Ouest	60,4 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	13,7 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	406,3 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>
Hg	Centre	1,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	845,5 $\pm$ 0,0 <sup>c</sup>	243,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>
	Littoral	1,4 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	813,5 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	215,3 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
	Ouest	2,3 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	798,3 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	215,3 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>

*Différences significatives pour les lettres différentes au seuil de 5%*

Les limites maximales de résidus sont 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Pb), 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (As et Cd), et 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Hg) dans les produits animaux ou tissus (Codex, 2006). Les teneurs maximales permises du Ni varient de 300-500 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (NRC, 1994) et la limite maximale de Cr est de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Roychowdhury *et al.*, 2003). Les teneurs en Cd de la chair et de gésier de poulet sont plus de 100% supérieures à la limite maximale (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Les teneurs de Cr des différents tissus sont plus de 100% supérieures à 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$  qui est la limite maximale permise. De même, les teneurs en Hg du foie et du gésier sont plus de 1000% supérieures à la limite maximale permise

(10µg/kg). Ces teneurs supérieures aux limites maximales dans les tissus consommés poseraient un important problème de santé.

Les teneurs élevées de Hg du foie de poulet de la présente étude s'explique par le fait que le foie est reconnu comme l'organe d'accumulation par excellence du mercure (Li *et al.*, 2015). Les sources de contamination par les métaux lourds sont différentes d'un métal à un autre et dépendraient principalement du type de sol, des risques environnementaux, des différents ingrédients et de l'aire géographique (Mohamed *et al.*, 2020). Ce qui pourrait expliquer les teneurs plus élevées dans certains tissus comparées à celles des différents aliments analysés dans le cadre de cette étude.

### III.3.1.3-Métaux lourds dans les œufs

Les teneurs en métaux lourds des œufs sont présentées dans le Tableau 39.

**Tableau 39** : Teneurs en métaux lourds des œufs de poules issues de quelques fermes avicoles de poules des régions du Centre, du Littoral et de l'Ouest

Métaux lourds	Région	Métaux lourds (µg/kg)	Valeur de référence (µg/kg)
Cu	Centre	658,0±0,0 <sup>c</sup>	
	Littoral	575,5±0,7 <sup>a</sup>	
	Ouest	614,7±0,5 <sup>b</sup>	
Zn	Centre	28378,0±0,0 <sup>c</sup>	
	Littoral	25930,4±0,1 <sup>a</sup>	
	Ouest	27640,2±0,0 <sup>b</sup>	
Pb	Centre	3,6±0,0 <sup>b</sup>	100µg/kg (Codex, 2006)
	Littoral	4,6±0,1 <sup>c</sup>	
	Ouest	3,4±0,1 <sup>a</sup>	
Ni	Centre	0,5±0,0 <sup>a</sup>	300-500µg/kg (NRC, 1994)
	Littoral	0,5±0,0 <sup>a</sup>	
	Ouest	0,7±0,1 <sup>b</sup>	
As	Centre	3,7±0,0 <sup>c</sup>	10µg/kg (Codex, 2006)
	Littoral	3,2±0,1 <sup>a</sup>	
	Ouest	3,5±0,1 <sup>b</sup>	
Cd	Centre	9,9±0,0 <sup>c</sup>	10µg/kg (Codex, 2006)
	Littoral	9,2±0,1 <sup>a</sup>	
	Ouest	9,7±0,0 <sup>b</sup>	
Cr	Centre	1,2±0,0 <sup>c</sup>	2µg/kg (Roychowhury <i>et al.</i> , 2003)
	Littoral	0,8±0,1 <sup>a</sup>	
	Ouest	0,9±0,1 <sup>b</sup>	
Hg	Centre	3,4±0,0 <sup>b</sup>	3µg/kg (Codex, 2006)
	Littoral	3,3±0,1 <sup>a</sup>	
	Ouest	3,6±0,1 <sup>c</sup>	

*Différences significatives pour les lettres différentes au seuil de 5%*

Globalement, les teneurs en Pb, en Ni, en As, en Cd, en Cr et en Hg sont inférieures aux limites permises recommandées. Cependant, leur présence même en faibles teneurs pourrait avoir des effets néfastes sur la santé (Bindu *et al.*, 2016). Le Zn et le Cu, le Cd et le Pb sont présents dans les œufs en Arabie Saoudite (Mohamed *et al.*, 2020). Ces contaminations soulignent l'importance de la détermination l'exposition alimentaire.

### III.3.2- Exposition alimentaire réelle aux métaux lourds

Pour évaluer l'exposition alimentaire en lien avec la consommation du poulet et des œufs, les teneurs moyennes en métaux lourds des différents tissus de poulet et des œufs ont été utilisées (Tableau 40). Celles-ci ont été calculées en faisant la moyenne des teneurs de chaque métal lourd dans la chair, le foie et le gésier de poulet. Pour les œufs les teneurs moyennes sont celles issues des analyses de la présente étude. L'évaluation de l'exposition a pris en compte les données de consommation de l'enquête de la présente étude et celles de l'enquête nationale de consommation auprès des ménages camerounais de 2001 (ECAM4).

**Tableau 40:** Teneurs moyennes des différents métaux lourds utilisées pour l'évaluation de l'exposition alimentaire

Matrice	Région	Teneurs moyennes (ng/kg)					
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg
Poulet	Centre	4900	1000	2100	21000	171400	363300
	Littoral	3300	1000	1700	19800	158200	343400
	Ouest	4100	1000	2100	20900	160100	338600
Œufs	Centre	3600	500	3700	9900	1200	3400
	Littoral	4600	500	3200	9200	800	3300
	Ouest	3400	700	3500	9700	900	3600

#### III.3.2.1- Exposition alimentaire journalière

##### III.3.2.1.1- Exposition des enfants aux métaux lourds

En lien avec la consommation de poulet, l'exposition alimentaire journalière varie globalement de 0,1 (Ni) à 813,7ng/kg, mc/jour (Hg) (ETUDE). Pour l'ECAM l'exposition varie de 0,3 (Ni) à 169,5ng/kg, mc/jour (Hg). L'exposition alimentaire totale (ETUDE et ECAM) et les gros consommateurs sont les plus exposés aux métaux lourds (Tableau 41).

En lien avec la consommation des œufs, l'exposition au Hg est toujours plus élevée et de manière globale, elle augmente avec la quantité d'œufs consommés (Tableau 41). Tous ces métaux lourds étant présents à la fois dans les œufs, il est important de déterminer l'exposition alimentaire totale.

**Tableau 41:** Exposition alimentaire journalière moyenne des enfants aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	Total
Poulet								
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,6	0,1	0,3	2,7	22,4	47,4	73,5
	Littoral	0,6	0,2	0,3	3,5	27,9	60,5	93,0
	Ouest	1,0	0,2	0,5	5,0	38,4	81,2	126,3
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	1,6	0,3	0,7	6,9	56,2	119,1	184,8
	Littoral	1,4	0,4	0,7	8,4	67,3	146,0	224,3
	Ouest	2,0	0,5	1,0	10,2	78,4	165,8	258,0
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	6,9	1,4	3,0	29,6	241,9	512,8	795,6
	Littoral	6,7	2,0	3,4	39,9	318,8	692,1	1062,9
	Ouest	9,9	2,4	5,0	50,2	384,7	813,7	1265,9
ECAM	Centre	1,6	0,3	0,7	6,9	56,2	119,2	184,9
	Littoral	1,2	0,4	0,6	7,4	59,5	129,1	198,2
	Ouest	2,1	0,5	1,1	10,5	80,1	169,5	263,7
Œufs								
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,5	0,1	0,5	1,3	0,2	0,4	2,8
	Littoral	0,6	0,1	0,4	1,3	0,1	0,5	3,0
	Ouest	0,6	0,1	0,7	1,8	0,2	0,7	4,1
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	3,3	0,5	3,4	9,2	1,1	3,1	20,7
	Littoral	3,7	0,4	2,6	7,3	0,6	2,6	17,2
	Ouest	3,6	0,7	3,7	10,2	0,9	3,8	22,9
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	6,1	0,9	6,3	16,9	2,0	5,8	38,0
	Littoral	8,4	0,9	5,9	16,8	1,5	6,0	39,6
	Ouest	7,6	1,6	7,8	21,7	2,0	8,1	48,8
ECAM	Centre	0,9	0,1	0,9	2,4	0,3	0,8	5,3
	Littoral	1,3	0,1	0,9	2,5	0,2	0,9	5,9
	Ouest	1,2	0,3	1,3	3,5	0,3	1,3	8,0

### III.3.2.1.2- Exposition alimentaire des adolescents

L'exposition alimentaire journalière moyenne et totale des adolescents aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs est présentée dans le Tableau 42.

Globalement, en lien avec la consommation du poulet l'exposition à chaque métal est inférieure aux apports journaliers moyens tolérables provisoires (AJMTP) sauf chez les gros consommateurs pour l'exposition au Hg. En effet, chez les adolescents de ce groupe, l'exposition est plus de 100% supérieure aux AJMTP de l'As et du Cd (420ng/kg, mc/jour). L'exposition totale des petits et moyens consommateurs est inférieure aux différents AJMTP (Tableau 42). Les adolescents du groupe des gros consommateurs sont plus exposés.

**Tableau 42:** Exposition alimentaire journalière moyenne des adolescents aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	Total
		Poulet						
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,8	0,2	0,3	3,3	26,9	57,0	88,5
	Littoral	0,5	0,2	0,3	3,0	24,4	52,9	81,2
	Ouest	0,8	0,2	0,4	3,8	29,4	62,2	96,8
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	2,7	0,6	1,2	11,6	95,0	201,4	312,4
	Littoral	2,1	0,6	1,1	12,3	98,5	213,8	328,3
	Ouest	3,0	0,7	1,5	15,2	116,1	245,6	382,1
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	8,4	1,7	3,6	36,2	295,3	625,9	971,2
	Littoral	6,3	1,9	3,3	38,0	303,6	658,9	1012,0
	Ouest	9,0	2,2	4,6	45,7	350,0	740,1	1151,5
ECAM	Centre	0,8	0,2	0,3	3,4	28,1	59,5	92,3
	Littoral	0,5	0,2	0,3	3,2	25,7	55,8	85,7
	Ouest	0,8	0,2	0,4	4,1	31,7	67,1	104,4
		Œufs						
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,1	0,01	0,1	0,3	0,03	0,1	0,6
	Littoral	0,02	0,002	0,02	0,05	0,004	0,02	0,1
	Ouest	0,03	0,01	0,03	0,1	0,01	0,03	0,2
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	0,9	0,1	0,9	2,5	0,3	0,9	5,6
	Littoral	0,8	0,1	0,6	1,6	0,1	0,6	3,8
	Ouest	0,8	0,2	0,8	2,4	0,2	0,9	5,3
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	3,2	0,4	3,3	8,7	1,1	3,0	19,7
	Littoral	3,4	0,4	2,4	6,9	0,6	2,5	16,2
	Ouest	3,3	0,7	3,4	9,5	0,9	3,5	21,3
ECAM	Centre	0,4	0,1	0,4	1,2	0,1	0,4	2,7
	Littoral	0,5	0,1	0,4	1,1	0,1	0,4	2,6
	Ouest	0,5	0,1	0,5	1,4	0,1	0,5	3,1

### III.3.2.1.3- Exposition alimentaire des adultes

Les expositions alimentaires journalières moyennes et totales des adultes aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs pour les différents groupes de consommateurs (Tableau 43) varient globalement de 0,03 (petits consommateurs) à 129,7ng/kg, mc/jour (gros consommateurs). Que ce soit en lien avec la consommation du poulet ou des œufs, les expositions alimentaires à chaque métal sont inférieures aux AJMTP, de même que les valeurs de l'exposition totale aux différents métaux lourds.

**Tableau 43:** Exposition alimentaire journalière moyenne des adultes aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	Total
		Poulet						
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,2	0,03	0,07	0,7	5,7	12,1	18,8
	Littoral	0,1	0,03	0,05	0,6	5,1	11,1	17,0
	Ouest	0,1	0,03	0,06	0,6	4,4	9,3	14,5
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	0,5	0,1	0,2	2,1	17,4	36,9	57,3
	Littoral	0,3	0,1	0,2	1,9	15,5	33,7	51,8
	Ouest	0,6	0,1	0,3	3,0	23,3	49,2	76,6
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	1,1	0,2	0,5	4,8	39,4	83,6	129,7
	Littoral	0,6	0,2	0,3	3,7	29,8	64,7	99,4
	Ouest	0,6	0,1	0,3	2,9	21,9	46,2	72,0
ECAM	Centre	0,8	0,2	0,3	3,4	28,0	59,4	92,2
	Littoral	0,4	0,1	0,2	2,6	20,9	45,3	69,6
	Ouest	0,5	0,1	0,3	2,6	19,7	41,6	64,8
		Œufs						
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,05	0,01	0,06	0,1	0,02	0,05	0,3
	Littoral	0,02	0,003	0,02	0,05	0,004	0,02	0,1
	Ouest	0,03	0,01	0,03	0,09	0,01	0,03	0,2
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	0,9	0,1	1,0	2,6	0,3	0,9	5,8
	Littoral	0,8	0,08	0,5	1,5	0,1	0,5	3,6
	Ouest	0,6	0,1	0,6	1,8	0,2	0,7	4,0
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	3,5	0,5	3,6	9,7	1,2	3,3	21,8
	Littoral	2,9	0,3	2,0	5,8	0,5	2,1	13,6
	Ouest	2,1	0,4	2,2	6,1	0,6	2,2	13,6
ECAM	Centre	0,4	0,1	0,4	1,2	0,1	0,4	2,7
	Littoral	0,4	0,0	0,3	0,9	0,1	0,3	2,1
	Ouest	0,3	0,1	0,3	0,9	0,1	0,3	2,0

### III.3.2.1.4- Exposition alimentaire des personnes âgées

Chez les personnes âgées, l'exposition alimentaire aux métaux lourds (Tableau 44) varie de 0,1 à 767,0ng/kg, mc/jour en lien avec la consommation du poulet et de 0,4 à 4,2ng/kg, mc/jour en lien avec la consommation des œufs. L'exposition alimentaire journalière moyenne totale varie de 16,9 (petits consommateurs Ouest) à 1178,0ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Littoral) en lien avec la consommation de poulet et de 2,0 (ECAM Littoral) à 27,8ng/kg, mc/jour (gros consommateurs Centre). L'exposition alimentaire journalière moyenne au Hg est plus

élevée de manière globale. Les gros consommateurs présentent des expositions supérieures aux AJMTP de certains métaux lourds comme l'arsenic et le cadmium.

**Tableau 44** : Exposition alimentaire journalière moyenne des personnes âgées aux métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs

Groupe de consommateurs	Région	Exposition alimentaire journalière moyenne (ng/kg, mc/jour)						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	Total
Poulet								
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,3	0,1	0,1	1,1	9,2	19,5	30,3
	Littoral	0,2	0,1	0,1	1,4	11,4	24,7	37,9
	Ouest	0,1	0,03	0,1	0,7	5,1	10,9	16,9
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	3,4	0,7	1,5	14,7	120,1	254,5	394,9
	Littoral	3,7	1,1	1,9	22,4	178,7	387,9	595,8
	Ouest	4,4	1,1	2,3	22,6	173,0	366,0	569,4
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	6,0	1,2	2,6	25,8	210,8	446,7	693,2
	Littoral	7,4	2,2	3,8	44,2	353,4	767,0	1178,0
	Ouest	7,2	1,7	3,7	36,5	279,8	591,8	920,8
ECAM	Centre	0,7	0,1	0,3	3,0	24,4	51,8	80,4
	Littoral	0,4	0,1	0,2	2,5	19,9	43,2	66,4
	Ouest	0,5	0,1	0,2	2,4	18,7	39,5	61,4
Œufs								
Petits consommateurs (ETUDE)	Centre	0,5	0,1	0,5	1,4	0,2	0,5	3,2
	Littoral	0,5	0,1	0,4	1,1	0,1	0,4	2,5
	Ouest	0,4	0,1	0,4	1,0	0,1	0,4	2,3
Moyens consommateurs (ETUDE)	Centre	2,2	0,3	2,2	6,0	0,7	2,1	13,5
	Littoral	2,4	0,3	1,7	4,8	0,4	1,7	11,3
	Ouest	1,6	0,3	1,6	4,5	0,4	1,7	10,1
Gros consommateurs (ETUDE)	Centre	4,5	0,6	4,6	12,4	1,5	4,2	27,8
	Littoral							
	Ouest	3,3	0,7	3,4	9,5	0,9	3,5	21,4
ECAM	Centre	0,4	0,1	0,4	1,0	0,1	0,4	2,3
	Littoral	0,4	0,01	0,3	0,8	0,1	0,3	2,0
	Ouest	0,3	0,1	0,3	0,8	0,1	0,3	1,9

Les apports journaliers maximums tolérables provisoires (AJMTP) sont 3570ng/kg, mc/jour (Pb), 420ng/kg, mc/jour (As et Cd) et 100000ng/kg, mc/jour (Cr) (WHO, 2013). L'apport journalier tolérable du Ni est de 5000ng/kg masse corporelle (WHO, 1997). L'apport nutritionnel journalier du Hg est de 30000 ng/jour/personne (RDA, 1989 ; JECFA, 2009).

Pris individuellement, les expositions alimentaires journalières moyennes aux différents métaux lourds en lien avec la consommation du poulet et des œufs sont inférieures pour la plupart aux différents apports journaliers établis. Cependant, l'exposition alimentaire des gros consommateurs de poulet au Hg est supérieure aux AJMTP de l'As et du Cd et représente 122,1-



---

193,7% de ces valeurs d’AJMTP. L’exposition totale présente des valeurs inférieures aux AJMTP (sauf chez les gros consommateurs où les expositions alimentaires sont supérieures à 420ng/kg, mc/jour).

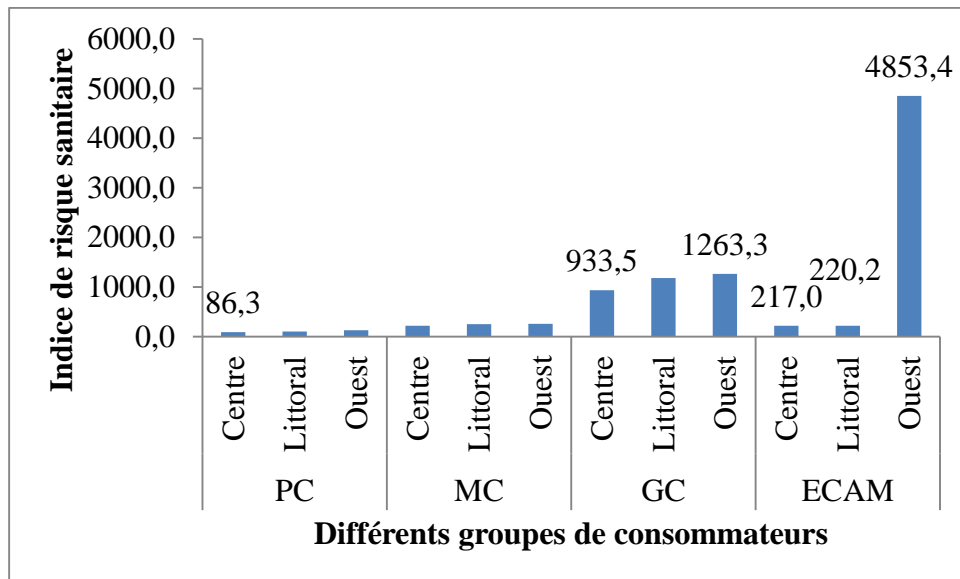
La viande de poulet et les œufs en plus d’être une source importante de phosphore, de zinc, de fer et de divers autres éléments (Bohrer, 2017), constituent aussi un réservoir important de métaux lourds (Burger et Gochfeld 1991) qui pourraient avoir de graves risques sur la santé des consommateurs (Paz-Ferreiro *et al.*, 2014).

La présence du Pb même à faible dose comme observé dans la présente étude influencerait la biologie de la cellule en perturbant plusieurs voies métaboliques et processus physiologiques (Olivier Chanel *et al.*, 1999). Le nickel est un cofacteur important pour diverses enzymes et agit comme catalyseur des réactions chimiques normales qui se produisent dans le corps humain (Acu-cell Nutrition, 2000). Cependant des ingestions au-delà de l’apport journalier tolérable peuvent aggraver l’eczéma vésiculaire de différentes parties du corps et induire des effets tératogènes ou génotoxiques (WHO, 1991). L’arsenic serait à l’origine des toxicités aiguë et chronique (Proust et Picot, 2019), sa présence même en faible dose constituerait un danger pour le consommateur. Le chrome est un élément essentiel qui aide le corps au métabolisme du sucre, des protéines et des graisses (WHO, 1988). Cependant, son ingestion (Cr) à des doses élevées entraîne des problèmes de santé, associés aux saignements gastro-intestinaux et nécrose des tubules proximaux et distal dans le rein (Ihedioha *et al.*, 2014).

### **III.3.2.2- Indice de risque sanitaire**

Le quotient de danger cible (QDC) de chaque métal lourd en lien avec la consommation moyenne du poulet et des œufs a été calculé à partir de sa teneur dans les tissus et les œufs de poulet (Annexes 9, 10, 11 et 12). Pour calculer le quotient de danger cible total ou indice de risque sanitaire (IRS), la somme du quotient du danger cible individuel des différents métaux a été effectuée. Les différents groupes de consommateurs sont représentés par PC : petits consommateurs, MC : moyens consommateurs, GC : gros consommateurs et ECAM : enquête camerounaise de consommation auprès des ménages. Ici, l’indice de risque présenté est celui qui concerne les enfants (figure XX) parce qu’ils semblent plus vulnérables. De plus, leur indice de risque n’est pas différent de celui des adolescents, des adultes et des personnes âgées (Annexes 10, 11 et 12).





**Figure XX:** Indice de risque sanitaire des enfants en lien avec la consommation du poulet et des œufs

L'indice de risque sanitaire ou somme des QDC individuels en lien avec la consommation du poulet et des œufs (figure XX) est globalement supérieur à 1 pour les différents groupes de consommateurs.

L'indice de risque sanitaire (IRS) permissible est de 1 (USEPA, 2010). La figure XXV indique que les IRS sont supérieurs à 1 pour les enfants des différents groupes de consommateurs. Ceci indique qu'il y a un risque sanitaire potentiel lié à la consommation du poulet et des œufs résultant d'une exposition à six métaux lourds à la fois. Dans cette étude, le principal contributeur au risque est le Hg avec 50,05%, suivi du Cr (27,46%), du Cd (21,55%), de l'As (0,86%), du Pb (0,05) et Ni (0,001%). Des résultats similaires ont été rapportés en ce qui concerne le quotient de danger cible individuel chez les petits et gros consommateurs de poisson au Bangladesh (Ullah *et al.*, 2017). En effet, dans leur étude, ces auteurs ont trouvé un indice de risque sanitaire supérieure à 1 à travers la consommation du poisson, montrant ainsi la présence des risques importants pour la santé liés à la consommation de plusieurs métaux lourds (As et Cd) présents dans le poisson.

### III.3.2.3- Risque incrémental de cancer à vie

Le risque incrémental de cancer à vie moyen (RICVM) est utilisé pour évaluer le risque carcinogène. Le RICVM a été calculé à partir des données du facteur d'ingestion de la pente du cancer des métaux (IFPCM) (Tableau 13) et de l'apport journalier chronique des métaux lourds (Annexes 10, 11, 12 et 13). Généralement, des valeurs de risque incrémental du cancer à vie (RICV) inférieures à  $10^{-6}$  sont considérées comme négligeables, des valeurs supérieures à  $10^{-4}$

sont jugées inacceptables et des valeurs comprises entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$  sont considérées être dans la plage acceptable (USEPA, 2010).

### III.3.2.3.1- Risque incrémental de cancer à vie des enfants

En lien avec la consommation du poulet, le risque incrémental de chaque métal lourd de même que le risque total est inférieur à 1 et varie de  $3,5 \times 10^{-6}$  à 0,1 (Tableau 45). Cependant ce risque est quelque fois en dehors de  $10^{-6}$ - $10^{-4}$  et supérieur à  $10^{-6}$  et à  $10^{-4}$ .

En lien avec la consommation des œufs, le risque incrémental de cancer à vie varie de  $4,2 \times 10^{-8}$  à 0,002. Le risque incrémental au Pb des petits consommateurs (trois régions), le risque au Ni (Littoral) et le risque au Cr (Littoral et Ouest) sont inférieurs à  $10^{-6}$  et compris dans l'intervalle  $10^{-6}$ - $10^{-4}$ .

**Tableau 45:** Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des enfants en lien avec la consommation du poulet et des œufs

Groupe de consommateur	Région	Risque incrémental de cancer à vie					
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Total
<b>Poulet</b>							
Petits consommateurs	Centre	3,5E-06	0,0001	0,0003	0,0007	0,007	0,008
	Littoral	3,5E-06	0,0002	0,0003	0,0009	0,01	0,01
	Ouest	7,4E-06	0,0004	0,0007	0,002	0,02	0,02
Moyens consommateurs	Centre	8,7E-06	0,0004	0,0007	0,002	0,02	0,02
	Littoral	8,5E-06	0,0005	0,0008	0,002	0,02	0,03
	Ouest	1,5E-05	0,0007	0,001	0,003	0,03	0,04
Gros consommateurs	Centre	3,7E-05	0,002	0,003	0,007	0,08	0,09
	Littoral	4,0E-05	0,002	0,004	0,01	0,1	0,1
	Ouest	7,4E-05	0,004	0,007	0,02	0,2	0,2
ECAM	Centre	8,7E-06	0,0004	0,0007	0,002	0,02	0,02
	Littoral	7,5E-06	0,0005	0,0007	0,002	0,02	0,02
	Ouest	1,5E-05	0,0007	0,001	0,003	0,04	0,04
<b>Œufs</b>							
Petits consommateurs	Centre	1,8E-07	4,9E-06	3,2E-05	2,2E-05	3,5E-06	6,0E-5
	Littoral	4,2E-08	9,1E-07	5,1E-06	3,7E-06	4,3E-07	1,0E-5
	Ouest	5,8E-08	2,4E-06	1,0E-05	7,4E-06	9,0E-07	2,0E-5
Moyens consommateurs	Centre	1,6E-06	4,3E-05	0,0003	0,0002	3,1E-05	6,0E-5
	Littoral	1,5E-06	3,2E-05	0,0002	0,0001	1,5E-05	4,0E-4
	Ouest	1,7E-06	7,1E-05	0,0003	0,0002	2,7E-05	6,0E-4
Gros consommateurs	Centre	5,5E-06	0,0002	0,001	0,0007	0,0001	0,002
	Littoral	6,3E-06	0,0001	0,0008	0,0006	6,4E-05	0,002
	Ouest	7,0E-06	0,0003	0,001	0,0009	0,0001	0,003
ECAM	Centre	4,6E-06	0,0001	0,0008	0,0006	9,1E-05	0,002
	Littoral	7,6E-06	0,0002	0,0009	0,0007	7,8E-05	0,002
	Ouest	9,3E-06	0,0004	0,002	0,001	0,0001	0,003

### III.3.2.3.2- Risque incrémental de cancer à vie des adolescents

En lien avec la consommation du poulet (Tableau 46), les consommateurs de l'ECAM du Littoral présentent un risque incrémental de cancer à vie moyen inférieur à  $10^{-6}$  ( $9,8 \times 10^{-7}$ ). Cependant le risque incrémental total est supérieur à  $10^{-4}$ .

Le risque incrémental de cancer à vie du Pb en lien avec la consommation des œufs est inférieur à  $10^{-6}$  (Tableau 46) pour tous consommateurs sauf chez les gros consommateurs (Centre et Littoral) et consommateurs de l'ECAM de l'Ouest. Le RICV du Cd (petits consommateurs Littoral et Ouest) et du Cr (petits consommateurs) est inférieure à  $10^{-6}$ . L'indice de risque total des petits et moyens consommateurs est compris entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$ . Ceci traduirait l'absence de risque carcinogène pour les adolescents de ces groupes en considérant uniquement la consommation d'œufs.

**Tableau 46** : Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des adolescents en lien avec la consommation du poulet et des œufs

Groupe de consommateur	Région	Risque incrémental de cancer à vie					
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Total
<b>Poulet</b>							
Petits consommateurs	Centre	1,3E-06	5,5E-05	0,0001	0,0003	0,003	0,003
	Littoral	9,3E-07	5,6E-05	8,4E-05	0,0002	0,003	0,003
	Ouest	1,5E-06	7,7E-05	0,0001	0,0004	0,004	0,004
Moyens consommateurs	Centre	4,7E-06	0,0002	0,0004	0,0009	0,009	0,01
	Littoral	3,7E-06	0,0002	0,0003	0,001	0,01	0,01
	Ouest	6,2E-06	0,0003	0,0006	0,001	0,01	0,02
Gros consommateurs	Centre	1,5E-05	0,0006	0,001	0,003	0,03	0,03
	Littoral	1,2E-05	0,0007	0,002	0,003	0,03	0,04
	Ouest	1,9E-05	0,0009	0,002	0,004	0,04	0,05
ECAM	Centre	1,4E-06	5,7E-05	0,0001	0,0003	0,003	0,003
	Littoral	9,8E-07	5,9E-05	8,9E-05	0,0003	0,003	0,003
	Ouest	1,7E-06	8,3E-05	0,0002	0,0004	0,004	0,005
<b>Œufs</b>							
Petits consommateurs	Centre	1,9E-08	5,2E-07	3,4E-06	2,3E-06	3,7E-07	7,0E-06
	Littoral	8,9E-09	1,9E-07	1,1E-06	8,0E-07	9,1E-08	2,0E-06
	Ouest	7,2E-09	3,0E-07	1,3E-06	9,2E-07	1,1E-07	3,0E-06
Moyens consommateurs	Centre	3,3E-07	9,0E-06	5,9E-05	4,0E-05	6,4E-06	0,0001
	Littoral	2,7E-07	5,9E-06	3,4E-05	2,4E-05	2,8E-06	7,0E-05
	Ouest	1,5E-07	6,1E-06	2,7E-05	1,9E-05	2,3E-06	5,0E-05
Gros consommateurs	Centre	1,2E-06	3,4E-05	0,0002	0,0001	2,4E-05	0,0004
	Littoral	1,0E-06	2,3E-05	0,0001	9,3E-05	1,1E-05	0,0003
	Ouest	5,1E-07	2,1E-05	9,3E-05	6,6E-05	8,0E-06	0,0002
ECAM	Centre	7,5E-07	2,1E-05	0,0001	9,2E-05	1,5E-05	0,0003
	Littoral	9,9E-07	2,2E-05	0,0001	8,9E-05	1,0E-05	0,0002
	Ouest	1,0E-06	4,2E-05	0,0002	0,0001	1,6E-05	0,0004

### III.3.2.3.3- Risque incrémental de cancer à vie des adultes

Le RICVM du Cr des adultes (moyens et gros consommateurs) en lien avec la consommation du poulet est inférieur à  $10^{-4}$ , mais le risque total est supérieur à  $10^{-4}$  (Tableau 47), sauf chez les petits consommateurs où il est égale et inférieur à  $10^{-4}$ .

En lien avec la consommation des œufs, le risque incrémental de cancer à vie moyen des adultes au Pb, au Ni, au Cd et au Cr, de même que le risque totale sont inférieurs à  $10^{-4}$  et compris entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$ . (Tableau 47). Cependant, chez les gros consommateurs (Centre (0,0002) et du Littoral (0,001)) le RICVM total est supérieur à  $10^{-4}$ .

**Tableau 47:** Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des adultes

Groupe de consommateur	Région	Risque incrémental de cancer à vie					
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Total
Poulet							
Petits consommateurs	Centre	5,6E-08	2,3E-06	4,3E-06	1,1E-05	0,0001	0,0001
	Littoral	3,8E-08	2,3E-06	3,5E-06	1,0E-05	0,0001	0,0001
	Ouest	2,7E-08	1,3E-06	2,5E-06	6,2E-06	6,3E-05	0,00007
Moyens consommateurs	Centre	1,7E-07	7,0E-06	1,3E-05	3,3E-05	0,0004	0,0004
	Littoral	1,2E-07	7,1E-06	1,1E-05	3,1E-05	0,0003	0,0004
	Ouest	1,4E-07	7,0E-06	1,3E-05	3,3E-05	0,0003	0,0004
Gros consommateurs	Centre	3,9E-07	1,6E-05	2,9E-05	7,5E-05	0,0008	0,0009
	Littoral	2,2E-07	1,4E-05	2,0E-05	6,0E-05	0,0006	0,0007
	Ouest	1,4E-07	6,6E-06	1,2E-05	3,1E-05	0,0003	0,0004
ECAM	Centre	2,8E-07	1,1E-05	2,1E-05	5,3E-05	0,0006	0,0007
	Littoral	1,6E-07	9,5E-06	1,4E-05	4,2E-05	0,0004	0,0005
	Ouest	1,2E-07	5,9E-06	1,1E-05	2,8E-05	0,0003	0,0003
Œufs							
Petits consommateurs	Centre	1,9E-08	5,2E-07	3,4E-06	2,3E-06	3,7E-07	0,00002
	Littoral	8,9E-09	1,9E-07	1,1E-06	7,8E-07	9,1E-08	0,00001
	Ouest	7,2E-09	3,0E-07	1,3E-06	9,2E-07	1,1E-07	0,00001
Moyens consommateurs	Centre	3,6E-07	9,0E-06	5,9E-05	4,0E-05	6,4E-06	0,00007
	Littoral	2,7E-07	5,9E-06	3,4E-05	2,4E-05	2,8E-06	0,00006
	Ouest	1,5E-07	6,1E-06	2,7E-05	1,9E-05	2,3E-06	0,00005
Gros consommateurs	Centre	1,2E-06	3,4E-05	0,0002	0,0001	2,4E-05	0,0002
	Littoral	1,0E-06	2,3E-05	0,0001	9,3E-05	1,1E-05	0,001
	Ouest	5,1E-07	2,1E-05	9,3E-05	6,5E-05	8,0E-06	0,0001
ECAM	Centre	1,5E-07	4,1E-06	2,7E-05	1,8E-05	2,9E-06	0,00005
	Littoral	1,6E-07	3,5E-06	2,0E-05	1,4E-05	1,6E-06	0,00004
	Ouest	7,4E-08	3,0E-06	1,3E-05	9,4E-06	1,1E-06	0,00003

### III.3.2.3.4- Risque incrémental de cancer à vie des personnes âgées

Le risque incrémental de cancer à vie moyen des personnes âgées aux métaux lourds est globalement inférieur à  $10^{-4}$  (Tableau 48). Le RICVM du Cd des gros consommateurs du Littoral (0,0002) est deux fois supérieur à  $10^{-4}$ . Le RICVM du Cr des moyens et gros consommateurs varie de 0,0007 à 0,002. Le RICVM total des petits consommateurs est inférieur à  $10^{-4}$  (0,00003 - 0,00008).

En lien avec la consommation des œufs, le risque incrémental du cancer à vie moyen du Pb, du Ni et du Cr est inférieur à  $10^{-4}$ . Le RICVM total des personnes âgées du groupe de gros consommateurs du Centre est supérieur à  $10^{-4}$  (0,0002).

**Tableau 48** : Risque incrémental du cancer à vie (RICV) des personnes âgées en lien avec la consommation du poulet et des œufs

Groupe de consommateur	Région	Risque incrémental de cancer à vie					
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Total
Poulet							
Petits consommateurs	Centre	2,5E-08	1,0E-06	1,9E-06	4,8E-06	5,2E-05	0,00006
	Littoral	2,5E-08	1,5E-06	2,2E-06	6,6E-06	6,9E-05	0,00008
	Ouest	1,2E-08	5,8E-07	1,1E-06	2,7E-06	2,7E-05	0,00003
Moyens consommateurs	Centre	3,3E-07	1,3E-05	2,5E-05	6,3E-05	0,0007	0,0008
	Littoral	3,9E-07	2,3E-05	3,5E-05	0,0001	0,001	0,001
	Ouest	4,0E-07	2,0E-05	3,6E-05	9,2E-05	0,0009	0,001
Gros consommateurs	Centre	5,9E-07	2,4E-05	4,4E-05	0,0001	0,001	0,001
	Littoral	7,6E-07	4,6E-05	6,9E-05	0,0002	0,002	0,002
	Ouest	6,5E-07	3,2E-05	5,9E-05	0,0001	0,001	0,002
ECAM	Centre	6,7E-08	2,7E-06	5,1E-06	1,3E-05	0,0001	0,0002
	Littoral	4,3E-08	2,6E-06	3,9E-06	1,2E-05	0,0001	0,0001
	Ouest	4,3E-08	2,1E-06	3,9E-06	9,9E-06	9,9E-05	0,0001
Œufs							
Petits consommateurs	Centre	4,9E-08	1,4E-06	8,9E-06	6,1E-06	9,7E-07	0,00002
	Littoral	5,4E-08	1,2E-06	6,7E-06	4,9E-06	5,6E-07	0,00001
	Ouest	3,2E-08	1,3E-06	5,9E-06	4,1E-06	5,0E-07	0,00001
Moyens consommateurs	Centre	2,1E-07	5,8E-06	3,8E-05	2,6E-05	4,1E-06	0,00007
	Littoral	2,5E-07	5,4E-06	3,1E-05	2,2E-05	2,6E-06	0,00006
	Ouest	1,4E-07	5,9E-06	2,6E-05	1,8E-05	2,2E-06	0,00005
Gros consommateurs	Centre	4,3E-07	1,2E-05	7,8E-05	5,3E-05	8,5E-06	0,0002
	Littoral						
	Ouest	3,0E-07	1,2E-05	5,5E-05	3,9E-05	4,7E-06	0,0001
ECAM	Centre	3,6E-08	9,9E-07	6,5E-06	4,4E-06	7,0E-07	0,00001
	Littoral	4,4E-08	9,5E-07	5,4E-06	3,9E-06	4,5E-07	0,00001
	Ouest	2,6E-08	1,1E-06	4,8E-06	3,3E-06	4,1E-07	0,000001

Des niveaux de risque acceptables pour les agents carcinogènes vont de  $10^{-4}$  (risque de développer un cancer durant la vie d'un homme est de 1 sur 10 000) à  $10^{-6}$  (risque de développer

---

un cancer par un être humain durant sa vie est de 1 sur 1000000). Des études réalisées au Bangladesh sur le poisson et les légumes ont rapporté la présence d'un risque de cancer due à l'exposition à l'arsenic (Ullah *et al.*, 2017). L'indice de risque supérieur à  $10^{-4}$  obtenu dans le cadre de cette étude traduit la présence d'un risque carcinogène associé à la consommation du poulet et des œufs. Les valeurs de RICV inférieures à  $10^{-6}$  sont considérées comme négligeables, jugées inacceptables lorsqu'elles sont supérieures à  $10^{-4}$  et considérée comme dans la plage acceptable (sans danger) lorsqu'elles sont comprises entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$  (Ullah *et al.*, 2017). Dans la présente étude, les valeurs de RICVM pour le Ni, l'As, le Cd et le Cr sont supérieures à la plage inacceptable, indiquant ainsi que le risque de cancer dû à l'exposition à ces métaux lourds surtout chez les enfants, les adolescent, certains groupes d'adultes et de personnes âgées à travers la consommation du poulet et des œufs est préoccupant.

### **III.3.3-Conclusion partielle**

Il était question dans cette partie de déterminer le risque sanitaire des différents consommateurs en lien avec la contamination des aliments, des tissus et des œufs de poulets par les métaux lourds (Pb, Ni, As, Cd, Cr et Hg). Il en ressort que :

Les métaux lourds sont présents dans les aliments, les tissus et les œufs de poulets. Le Ni ( $22525,5\mu\text{g}/\text{kg}$ ), l'As ( $2188,5\mu\text{g}/\text{kg}$ ) et le Cr ( $3957,2\mu\text{g}/\text{kg}$ ) présentent les teneurs les plus élevées dans les aliments, tandis que le Hg et Cd présentent les teneurs les plus élevées dans le foie ( $845,5\mu\text{g}/\text{kg}$ ) de poulet et les œufs de pondeuses ( $9,9\mu\text{g}/\text{kg}$ ) respectivement (région du Centre).

L'indice de risque sanitaire associé au risque non carcinogène est largement supérieur à 1 pour les individus des différents groupes de consommateurs (enfants, adolescents, adultes et personnes âgées) de poulets et d'œufs, signe de la présence potentiel d'un risque non carcinogène.

Les valeurs du RICVM du Ni, de l'As, du Cd et du Cr supérieures à la plage inacceptable ( $10^{-4}$ ) indiquent un risque la présence d'un risque carcinogène dû à l'exposition à ces métaux lourds chez les enfants, les adolescent, certains groupes d'adultes et de personnes âgées en lien avec la consommation du poulet et des œufs.

**CONCLUSION,  
RECOMMANDATIONS ET  
PERSPECTIVES**

---

## CONCLUSION GENERALE

Cette étude avait pour objectif général d'évaluer l'exposition alimentaire associée à la consommation du poulet et des œufs prélevés dans quelques fermes avicoles des principales régions de production du Cameroun (Centre, Littoral et Ouest). Il en ressort que la chaîne avicole fait face à de nombreuses défaillances comme le non-respect des dosages de médicaments vétérinaires et les mesures de biosécurité. Ceci engendrerait de graves risques économiques pour la filière avicole et sanitaires pour le consommateur.

Plusieurs familles de médicaments vétérinaires (antibiotiques, antihelminthiques, anticoccidiens) sont utilisées dans l'aviculture au même titre que certaines substances interdites (Furaltadone) avec un non-respect du délai d'attente qui varie de 0 à 14 jours par certains fermiers. Les fermes visitées appartiennent à deux niveaux de risque : modéré et élevé. Les résidus de chloramphénicol, de bêta-lactamines, de macrolides de sulfonamides et de tétracyclines sont présents au-delà des limites maximales de résidus dans certains échantillons d'aliments, de tissus et d'œufs de poulets. Cette présence pourrait avoir pour conséquences le développement des allergies, des cancers et la recrudescence du phénomène de résistance microbienne.

Les aliments locaux de poulets des trois régions sont contaminés par l'aflatoxine totale (AFT), l'aflatoxine B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) et l'ochratoxine A (OTA) ; ceux de la région du Centre ayant présenté des teneurs en aflatoxine B<sub>1</sub> supérieures à la limite maximale tolérable qui est de 10µg/kg. Les tissus (chair, foie et gésier) et les œufs de poulets sont contaminés par les mêmes toxines que les aliments, entraînant ainsi une prise alimentaire importante par les consommateurs. Ainsi, les consommateurs de poulet et d'œufs des trois régions sont tous exposés aux toxines analysées, mais ceux de la région du Centre le sont davantage avec des marges d'exposition à l'AFB<sub>1</sub> et à l'OTA inférieures à 10000 pour tous les consommateurs.

Les aliments de poulets sont contaminés par les métaux lourds analysés à des teneurs variables. Les tissus (chair, foie et gésier) de poulet de chair, de même que les œufs de pondeuses sont aussi contaminés par l'arsenic, le cadmium, le chrome, le nickel, le mercure et le plomb à des teneurs parfois supérieures aux teneurs maximales tolérables pour les produits destinés à la consommation humaine. L'exposition alimentaire à ces métaux entraîne des valeurs de l'indice de risque sanitaire et du risque incrémental de cancer à vie moyen anormales. Ces valeurs anormales traduisent la présence d'un risque potentiel à la fois non-carcinogène et carcinogène.



---

## RECOMMANDATIONS

A l'issue de ce travail, nous recommandons vivement :

- une sensibilisation des fermiers sur l'importance des mesures de biosécurité et les bonnes pratiques avicoles ;
- une sensibilisation des consommateurs sur les risques sanitaires liés à la consommation du poulets et des œufs issus d'une mauvaise pratique avicole ;
- une rédaction et un dépôt auprès des services vétérinaires locaux d'un rapport présentant l'état des lieux du secteur avicole ;
- une renforcement des capacités des acteurs directs du secteur avicole afin de leur permettre d'être à jour par rapport aux informations concernant le secteur avicole ;
- une sensibilisation des pouvoirs publics sur la nécessité de restructurer la stratégie d'accompagnement du secteur avicole au Cameroun car la santé du consommateur en dépend ;
- un renforcement du système d'inspection au Cameroun afin que les poulets et les œufs qui arrivent sur la table du consommateur soient de bonne qualité.

## PERSPECTIVES

Dans des travaux à venir, il est envisagé d'(e) :

- Etendre l'étude à d'autres mycotoxines comme les fumosines en plus des métaux lourds dans l'eau de boisson des poulets et dans la litière ;
- Confirmer l'exposition et le risque à travers une étude de l'alimentation totale prenant en compte les influences des pratiques culinaires locales ;
- Etudier les mécanismes par lesquels les mycotoxines, les résidus d'antimicrobiens et de métaux lourds se bioaccumulent dans les tissus et les œufs de poulet ;
- Rédiger un policy breif ;
- Examiner le mécanismes permettant de reduire les mycotoxines et les métaux lourds dans les aliments, les tissus et les œufs de poulets ;
- Promouvoir les visites médicales à l'endroit des fermiers.

# REFERENCES

---

## REFERENCES

Abdou, A. M. , Kim, M. and Sato, K. (2013). Functional Proteins and Peptides of Hen's Egg Origin. In: Bioactive Food Peptides in Health and Disease, Hernandez- Ledesma, B. and Hsieh, C., Eds., InTech, Croatia-European Union, 115-144. DOI: <http://dx.doi.org/10.1533/9780857093929.1.62>

Abdurrahman Hassan Jibril, Muhammad Bashir Bello, Sanusi Muhammad Bello, Yusuf Saheed, Fatima Muhammad Balla (2016). Biosecurity Measures and Constraints Among Rural Poultry Farmers in Zamfara State, Nigeria. *Animal and Veterinary Sciences* (Science Publishing Group), vol. 4(4): 47-51. DOI: 10.11648/j.av.s.20160404.11

Abia W. A., Simo G. N., Warth B., Suyolk M., Krska R., Tchana A., Moundipa P. F. (2013a). Determination of multiple mycotoxins levels in poultry feeds from Cameroon. *Japan Journal of Veterinary Research*, vol. 61(Suppl): S33–S39. DOI: <http://hdl.handle.net/2115/52353/10.14943/jjvr.61.suppl.s33>

Abiola F. A., M. M. Diop, A. Teko-Agbo1, B. Delepine, F. C. Biao, B. Roudaut, V. Gaudin et P. Sanders (2005). Résidus d'antibactériens dans le foie et le gésier de poulets de chair dans les régions de Dakar et de Thiès (Sénégal) *Revue Médecine Vétérinaire*, vol. 156 (5) : 264-268.

Academy of the Sciences of the United States of America (ACIA) (2017), vol. 111: 826-831. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1320412111>.

Acu-cell Nutrition (2000). Nickel and cobalt with vitamin C, E, B12, B15 [document on the Internet]; 2000 [updated 2014 Jan 15; cited 2014 Feb 8] Available from: [www/acu-cell.com/nico.html](http://www.acu-cell.com/nico.html).

Adams D. R., Jones A. M., Plopper C. G., Serabjit-Singh C. J. and Philpot R. M. (1991). Distribution of cytochrome P-450 monooxygenase enzymes in the nasal mucosa of hamster and rat. *American Journal of Anatomy*, vol. 190 (3): 291–298.

Adegunloye, D.V. and Adejumo, F.A. (2014). Microbial Assessment of Turkey (*Meleagris ocellata* L.) and Duck (*Anas platyrhynchos* L.) Faeces (Droppings) in Akure Metropolis. *Advances in Microbiology*, vol. 4: 774-779. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/aim.2014.412085>.

Adetunji, M. C., Aliko, O. P., Awa, N. P., Atanda, O. O., & Mwanza, M. (2018). Microbiological quality and risk assessment for aflatoxins in groundnuts and roasted cashew nuts meant for human consumption. *Journal of Toxicology*, vol. 2018 : 11 pages DOI : <https://doi.org/10.1155/2018/1308748>

---

Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) (2006). Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine. Rapport du groupe de travail “Antibiorésistance”. [En ligne]. Maisons-Alfort : AFSSA, 214 pages. Disponible sur : [www.anses.fr/Documents/SANT-Ra-ABR.pdf](http://www.anses.fr/Documents/SANT-Ra-ABR.pdf)

Agence française de sécurité sanitaire des aliments AFSSA (2009). Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale. Rapport final, Maison Alfort, 308 p.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ASTDR) (1993). ToxFAQs – Cadmium. US Department of Health and Human Services. Washington DC, USA; Available from: URL:<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts5.html>.

Ahokas J and Pelakonen O (2007). Pharmacokinetics: How Does The Body Handle Drugs? In UNESCO (ed) Pharmacology, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Oxford, UK, UNESCO Publishing-Eolss Publishers.

Ajewole, Oladele Charles and Akinwumi, Ayodele Adekunle (2014). Awareness and Practice of Biosecurity Measures in Small Scale Poultry Production in Ekiti State, Nigeria. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS), vol. 7(11): 24-29. DOI: <https://doi.org/10.9790%2F2380-071112429>.

Akinmusire OO, El-Yuguda AD, Musa JA, Oyedele OA, Sulyok M, Somorin YM, Ezekiel CN, and Krska R (2018). Mycotoxins in poultry feed and feeding ingredients in Nigeria. Mycotoxin Research, vol. 35(2): 149-155. DOI : <https://doi.org/10.1007/s12550-018-0337-y>

Alban Gauthier (2016). Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé. Sciences pharmaceutiques, ffdumas-01315198f

Aldridge D. C. and Turner W.B. (1983). Fungal metabolites II. London, New-York : Academic Press, 631p.

Al-Ghamdi M. S., Al-Mustafa Z. H., El-Morsy F., Alfaky A., Haider I., Essa H. (2000). Residues of tetracycline compounds in poultry products in the eastern province of Saudi Arabia. Public Health, vol. 114: 300-304.

Allen D. D., Caviedes R., Cárdenas A. M., Shimahara T., Segura-Aguilar J. and Caviedes P. A (2005). Cell lines as in vitro models for drug screening and toxicity studies. Drug Development and Industrial Pharmacy, vol. 31(8): 757.

Al-Nasser A., H. Al-Khalaifa, A. Al-Saffar, F. Khalil, M. Albahouh, G. Ragheb, A. Al-Haddad And M. Mashaly (2007). Overview of chicken taxonomy and domestication. World's Poultry Science Journal, vol. 63. DOI: 10.1017/S004393390700147X

---

Amal Al Omari, A. O., & Murry, D. J. (2007). Pharmacogenetics of the cytochrome P450 enzyme system: Review of current knowledge and clinical significance. *Journal of Pharmacy Practice*, vol. 20 (3): 206-218. DOI; <https://doi.org/10.1177/0897190007304821>

Ananditya N., Khotimah K. and Rietjens M. C. M. (2008). Risk assessment of aflatoxin B1 exposure from maize and peanut consumption in Indonesia using the margin of exposure and liver cancer risk estimation approaches. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 113: 134-144

Anderson, K. E. (2013). Comparison of Fatty Acid, Cholesterol, Vitamin A and E Composition, and Trans Fats in Eggs from Brown and White Egg Strains That Were Molted or Nonmolted. *Poultry Science*, vol. 92: 3259-3265. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03377>

Asseffa A., Smith S. J., Nagata K., Gillette J., Gelboin H.V. and Gonzalez F. J. (1989). Novel exogenous heme-dependent expression of mammalian cytochrome P450 using baculovirus. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, vol. 274(2): 481–490.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000). *Official methods of analysis*. 7th edition. USA, p. 25.

Austwick, P K C (1978). Mycotoxicoses in Poultry. pp 279-301. In: *Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses: An Encyclopedic Handbook*. Vol. 2: Mycotoxicoses of Domestic and Laboratory Animals, Poultry, and Aquatic Invertebrates and Vertebrates. Wyllie, T D and Morehouse, L G (eds). Marcel Dekker, Inc, New York, US.

Awuchi CG, Ondari EN, Nwozo S, Odongo GA, Eseoghene IJ, Twinomuhwezi H, Ogbonna CU, Upadhyay AK, Adeleye AO, Okpala COR (2022). Mycotoxins' Toxicological Mechanisms Involving Humans, Livestock and Their Associated Health Concerns: A Review. *Toxins (Basel)*, vol.14 (3): 167. DOI: 10.3390/toxins14030167.

Balamurugan A. N., Bottino R., Tse H., Thirunavukkarasu C., Ge X., Profozich J., Milton M., Ziegenfuss A., Trucco M. and Piganelli J. D. (2004). Response of human islets to isolation stress and the effect of antioxidant treatment. *Diabetes*, vol. 53(10):2559-68. DOI: 10.2337/diabetes.53.10.2559.

Baynes Ronald E., Keith Dedonder, Lindsey Kissell, Danielle Mzyk, Tara Marmulak, Geof Smith, Lisa Tell, Ronette Gehring, Jennifer Davis, Jim E. Riviere (2016). Health concerns and management of select veterinary drug residues. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 88: 112-122, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2015.12.020>.

Benard Estevez (2006). L'importance des éléments mineurs : des carences à la toxicité  
Une préoccupation en agriculture biologique ?  
<https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Elements%20mineurs%20FINA%20L2.pdf>. Consulté le 25 Juillet 2022

---

Bennett, J.W., Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Review*, vol. 16 : 497–516.

Benton J., Jr and Vernon W. Case (1990). Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In R.L. Westerman (ED) *Soil testing and plant Analysis* (3<sup>rd</sup> ed). SSSA Book Series No.3.

Beyene T (2016). Veterinary Drug Residues in Food-animal Products: Its Risk Factors and Potential Effects on Public Health. *Journal of Veterinary Science and Technology*, vol. 7: 285. doi:10.4172/2157-7579.1000285

Biagui C (2002). Utilisation des médicaments vétérinaires dans la région de Dakar à travers la recherche de résidus de substances à action antimicrobienne (antibiotiques). Th.: *Médecine Vétérinaire*, Dakar, n°8.

Bindu Kiranmayi Ch., N. Krishnaiah, M. Muthu Kumar, M. Shashi Kumar, N. Subhashini et T. Madhava Rao (2016). Multiresidue analysis of pesticides in beef and mutton samples and study on effect of cooking on residual levels of aldrin and dieldrin. *International Journal of Science, Environment and Technology*, vol. 5(1): 195–203 ISSN 2278-3687 (O) 2277-663X (P)

Bohrer, Benjamin M. (2017). Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 65: 103-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.016>

Bonvallet N. et F. Dor, (2002). Valeurs toxicologiques de référence : méthodes d'élaboration, Institut de Veille Sanitaire

Boultif L. (2009). Optimisation des paramètres de détection et de quantification des résidus d'antibiotiques dans le lait par chromatographie liquide haute performance (HPLC). Mémoire de magister en médecine vétérinaire. Université de Constantine, 125 pp

Brochard G, Le Bacle C (2009). Mycotoxines en milieu de travail. I. Origine et propriétés toxiques des principales mycotoxines. Document pour le médecin du travail, DMT n°129, Septembre 2009.

Brown, D.J. and Schrader, L.F. (1990). Cholesterol Information and Shell Egg Consumption. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 72: 548-555. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1243023>

Camakaris J., White A. R., Reyes R., Mercer J. F., Zheng H., Bush A. I., Multhaup G., Beyreuther K., Masters C. L., Cappai R. (1999). Copper levels are increased in the cerebral cortex and liver of APP and APLP2 knockout mice. *Brain Research*, vol. 25;842 (2): 439-44. DOI: 10.1016/s0006-8993(99)01861-2.

---

Centre de Lutte contre le Cancer Léon Benard (CLCLB) (2022). Département Prévention Cancer Environnement, sources rédactionnelles : InVS, INRS. <https://www.cancer-environnement.fr/fiches/expositions-environnementales/nickel-et-ses-composes/>. Consulté le 25 Juillet 2022

Chaddadi Ayoub (2013). Résistance bactérienne aux antibiotiques véhiculée par les aliments. Thèse de doctorat en médecine numéro 101. Université Mohammed V- Souissi Maroc, 165 pp.

Chalika Adaku Cynthia and Angela Mally (2020). Mycotoxin occurrence, exposure and health implications in infants and young children in Sub-Saharan Africa: A review. *Journal of foods*, vol. 9(11): 1585. DOI: 10.3390/foods9111585.

Chardon Helene et Brugere Hubert (2014). Usages des antibiotiques en élevage et filières viandes. Centre d'information des viandes, 34 p. [www.civ-viande.org](http://www.civ-viande.org).

Charm Sciences (2014). The Charm II radio receptor tests for detection of antimicrobials, Charm Sciences Inc, Lawrence, MA 01843-1032 USA.

Chien L-C, Hung T-C, Choang K-Y, Yeh C-Y, Meng P-J, Shieh M-J, Han B-C (2002) Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. *Science of the total environment*, vol. 285(1–3):177–185. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00916-0](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00916-0)

Codex Alimentarius (1995). Codex standard for contaminants and toxins in food and feed. Codex standard 193–195. Available at: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS\\_193e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf).

Codex Alimentarius Commission (2011). FAO/WHO, Joint Food Standards Programme, Codex Committee on Contaminants in Foods, Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the GSCTFF, List of Maximum Levels for Contaminants and Toxins in Foods, Part 1, March, CF/5 INF/1.

Codex Alimentarius Commission for Maximum Residue Limits (CAC/MRL) (2015). Maximum residue limits (MRLS) and risk management recommendations (rmrs) for residues of veterinary drugs in foods. Updated as at the 38th Session of the Codex Alimentarius Commission.

Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST) (2004). Deuxième édition revue et augmentée, 69 p. Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2004 ISBN 2-551-22538-8. [www.reptox.csst.qc.ca](http://www.reptox.csst.qc.ca).

Commission Européenne (CE) (2006). Règlement (CE) No 401/2006 de la Commission portant fixation des modes de prélèvement d'échantillons et des méthodes d'analyse pour le

---

contrôle officiel des teneurs en mycotoxines des denrées alimentaires. Journal officiel de l'Union européenne 9.3.

Commission européenne (CE) (2010). Règlement (UE) n° 37/2010 de la Commission du 22 décembre 2009 relatif aux substances pharmacologiquement actives et à leur classification en ce qui concerne les limites maximales de résidus dans les aliments d'origine animale. Journal officiel de l'Union européenne, L 15, 1–72.

Conan Anne, Flavie Luce Goutard, San Sorn and SirendaVong (2012). Biosecurity measures for backyard poultry in developing countries: a systematic review. BMC Veterinary Research, vol. 8:240 <http://www.biomedcentral.com/1746-6148/8/240>

Council Regulation 1442/95. Official Journal of the European Communities (1995). L143. 26. Available via [http://ec.europa.eu/health/files/mrl/regpdf/1995\\_06\\_26-1442\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/files/mrl/regpdf/1995_06_26-1442_en.pdf). Accessed 16 Feb 2016

Dawkins M. S. (1989). Time budgets in Red Jungle fowl as a baseline for the assessment of welfare in domestic fowl. Applied Animal Behaviour Science , vol. 24:77-80.

d'Errico A., Pasian S., Baratti A., Zanelli R., Alfonzo S., Gilardi L., Beatrice F., Bena A. and Costa G. (2009). A case-control study on occupational risk factors for sino-nasal cancer. Journal of Occupational and Environmental Medicine, vol. 66(7): 448-455. DOI: 10.1136/oem.2008.041277.

Donkor E. S., Newman M. J., Tay S. C. K., Dayie N. T. K. D., Bannerman E. and Olu-Taiwo M. (2011). Investigation into the risk of exposure to antibiotic residues contaminating meat and egg in Ghana. Food Control, vol. 22: 869–873.

Elson H. A. (2011). Housing and Husbandry of Laying Hens: Past, Present and Future. Lohmann Information, vol. 46: 16-24.

Eriksson J., Larson G., Gunnarsson U., Bed'hom B., Tixier-Boichard M., Strömstedt L., Wright D., Jungerius A., Vereijken A., Randi E., Jensen P. and Andersson L. (2008). Identification of the Yellow Skin Gene Reveals a Hybrid Origin of the Domestic Chicken. PLoS Genetics, 2, e1000010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1000010>

European Commission (EC) (2003). Opinion of the scientific committee on animal nutrition on the use of copper in feedstuffs. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate, Brussels, Belgium.

European Food Safety Authority (EFSA) (2005). Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food on a request from the Commission related to semicarbazide in food. (Question number EFSA-2003-235). The European Food Safety Agency Journal, vol. 219: 1-36.



---

European Food Safety Authority (EFSA) (2006). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to ochratoxin A in food. *European Food Safety Authority Journal*, vol. 365: 1–56.

European Food Safety Authority (EFSA) (2017). Risk assessment of mycotoxins: the EFSA approach. International conference: the burden of mycotoxins on animal and human health. Rome, 15 December 2017.

European Food Safety Authority (EFSA) (2020) Risk assessment of aflatoxins in food. *EFSA Journal*, vol. 18 (3): 640. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6040>.

European Food Safety Authority (EFSA) (2020). Risk assessment of Ochratoxin A in the food chain. *EFSA Journal*, vol. 18 (5): 6113. DOI : <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6113>

European Food Safety Authority (EFSA) (2021) EFSA’s expertise supports One Health policy needs. *EFSA Journal*, vol. 19(5): e190501. DOI : <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.e190501>.

European Union Commission (EUC) (2010). European Union Commission Regulations. *Official Journal of the European Union*, vol. 50: 8–12.

Ezenduka, E. V., Oboegbulem, S. I., Nwanta, J. A. and Onunkwo, J. I. (2011). Prevalence of antimicrobial residues in raw table eggs from farms and retail outlets in Enugu State, Nigeria. *Trop. Animal Health Products*, vol. 43(3): 557-9.

Fagbamila Idowu Oluwabunm, Junaid Kabir, Paul Abdu and Gabriel Omeiza (2010). Antimicrobial Screening of Commercial Eggs and Determination of Tetracycline Residue Using Two Microbiological Methods. *International Journal of Poultry Science*, 9(10): 959-962. DOI: 10.3923/ijps.2010.959.962.

Fagbamila Idowu Oluwabunm, Junaid Kabir, Paul Abdu and Gabriel Omeiza (2010). Antimicrobial Screening of Commercial Eggs and Determination of Tetracycline Residue Using Two Microbiological Methods. *International Journal of Poultry Science*, 9(10): 959-962. DOI: 10.3923/ijps.2010.959.962.

FAO/WHO (2006). Food standard programme, report of the thirty – eight food standards programme session of the codex committee on pesticide residues, Fortaleza, Brazil. Available at: [www.codexalimentarius.net](http://www.codexalimentarius.net). Accessed at April 08, 2006.

FDA Vet (1991) Nitrofurantoin approval withdrawn 6:1–2.

Food and Agricultural Organization (FAO) (2008). *Revue du secteur avicole*. 54 pages <https://www.fao.org/3/ai356f/ai356f.pdf>.

Food and Agricultural Organization (FAO) (2013). *Poultry development review*. 127 p. ISBN 978-92-5-108067-2 (PDF) <https://www.fao.org/3/i3531e/i3531e.pdf>.

---

Food and Agricultural Organization / World Health Organization (FAO/WHO) (2017). Joint FAO/WHO food standards programme Codex Committee on contaminants in foods. Rio De Janeiro, Brazil 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO) (2018). Aflatoxins. Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the eighty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Food Additives Series, No 74; 2-280.

Fouepe Fongang Guillaume Hensel, Jean Raphaël Kana, Geradine Marie Djiobou Kengmo, Abdoulay Mfewou (2017). Socioeconomic and Technical Characteristics of Broiler and Laying Hens Layers in Peri-urban and Urban Areas in the City of Dschang, West Cameroon. *International Journal of Agricultural Economics*, vol. 2(4): 110-121. DOI: 10.11648/j.ijae.20170204.13

Fraeye I., Bruneel C., Lemahieu C., Butse J., Muylaert K. and Foubert I. (2012). Dietary Enrichment of Eggs with Omega-3 Fatty Acids: A Review. *Food Research International*, vol. 48: 961-969. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.014>

Frazzoli C., P. Gherardi, N. Saxena, G. Belluzzi, A. Mantovani. (2017). The hotspot for (global) one health in primary food production: Aflatoxin M1 in dairy products. *Frontiers in Public health*, vol. 4:294.

Gargees M. T. Gargees and A. M. Shareef (2009). Reducing liver aflatoxin M1 residues in chicks with mycofix plus 3(R) during aflatoxicosis. *Iraqi journal of Veterinary Sciences*, vol. 23.

Gimou M.-M., Pouillot R., Charrondière U.R., Noel L., Guérin T., Leblanc J.-C., (2014). Dietary exposure and health risk assessment for 14 toxics and essential trace elements in Yaounde: the Cameroonian total diet study. *Food Additives & Contaminants. Part A Chemistry Analysis Control Exposure Risk Assess*, vol. 31:1064–1080.

Goetting V., Lee, K. A., Tell, L. A. (2011). Pharmacokinetics of veterinary drugs in laying hens and residues in eggs: a review of the literature. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics* doi: 10.1111/j. 1365-2885.2011.01287.x.

Gondam Mélanie Kamini, Fabrice Tatfo Keutchatang, Huguette Yangoua Mafo, Germain Kansci and Gabriel Medoua Nama (2016). Antimicrobial usage in the chicken farming in Yaoundé, Cameroon: a cross-sectional study. *International Journal of Food Contamination*, vol. 3:10 DOI 10.1186/s40550-016-0034-6.

---

Guengerich F. Peter and Tsutomu Shimada (1991). Oxidation of toxic and carcinogenic chemicals by human cytochrome P-450 enzymes. *Chemical Research in Toxicology*, vol. 4(4): 391-407. DOI: 10.1021/tx00022a001.

Guetiya Wadoum R. E., Zambou N. F., Anyangwe F. F., Njimou J. R., Coman M. M., Verdenelli M. C., Cecchini C., Silvi S., Orpianesi C., Cresci A. and Colizzi V. (2016). Abusive use of antibiotics in poultry farming in Cameroon and the public health implications. *British Poultry Science*, vol. 57:4: 483-493. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1180668>.

Haftu Kebede Sebho(2016). Exotic Chicken Status, Production Performance and Constraints in Ethiopia: A Review. *Asian Journal of Poultry Science*, vol. 10: 30-39.

Hameed ur Rehman, Ali Rehman, Fahim Ullah, Najeeb Ullah, Shan Zeb, Tahir Iqbal, Rohullah, Tahir Azeem, Naeem Ur, Rehman, Farhan (2013). Comparative Study of Heavy Metals in different Parts of Domestic and Broiler Chickens. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, vol. 23(2): 151-154 ISSN 0976 – 044X.

Hamid A., Yaqub G., Ahmed S. R. and Aziz N. (2017). Assessment of human health risk associated with the presence of pesticides in chicken eggs. *Food Science and Technology, Campinas*, vol. 37 (3):378-382.

Heike Höffler (2018). Poultry Production in Cameroon. How the import restriction affects the Cameroonian poultry sector. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Sector Project Agricultural Trade and Value Chains, p. 12. SNRD-Asia, Bangkok, Thailand.

Hershko C., Link G., Cabantchik I. (1998). Pathophysiology of iron overload. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 30(850): 191-201. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb10475.x.

Hohler, D. (1998). Ochratoxin A in Food and Feed: Occurrence, Legislation and Mode of Action. *Z Ernährungswiss*, vol. 37: 2-12.

Horiguchi H, Oguma E, Sasaki S, Miyamoto K, Ikeda Y, Machida M, et al.(2004). Dietary exposure to cadmium at close to the current provisional tolerable weekly intake does not affect renal function among female Japanese farmers. *Environmental Research*, vol.95:20–31.

Huong Mai, Bui Thi; Tuyen, Le Danh; Tuan, Do Huu; Brimer, Leon; Dalsgaard, Anders (2016). Dietary exposure to aflatoxin B<sub>1</sub>, ochratoxin A and fumonisins of adults in Lao Cai province, Viet Nam: A total dietary study approach. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 98(Part B): 127-133. DOI:10.1016/j.fct.2016.10.012.

---

Hussain Z., Khan M. Z., Khan A., Javed I., Saleemi M. K., Mahmood S., Asi M. R. (2010). Residues of aflatoxinB1 in broiler meat: Effect of age and dietary aflatoxin B1 levels. *Food Chemical Toxicology*, vol. 48: 3304–3307.[CrossRef] [PubMed].

Iannotti L. L., Lutter C. K., Bunn D. A. and Stewart C. P. (2014). Eggs: The Uncracked Potential for Improving Maternal and Young Child Nutrition among the World's Poor. *Nutrition Reviews*, vol. 72 : 355-368. DOI : <http://dx.doi.org/10.1111/nure.12107>.

Iannotti L. L., Lutter C. K., Stewart C. P. et al. (2017). Eggs in early complementary feeding and child growth: A randomized controlled trial. *Pediatrics*, vol. 140(1). DOI: e20163459.

Ihedioha JN, Okoye CO, Onyechi UA. (2014). Health risk assessment of zinc, chromium, and nickel from cow meat consumption in an urban Nigerian population. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, vol. 20(4):281-8. DOI: 10.1179/2049396714Y.0000000075.

Institut National de la Statistique (INS) (2002). Deuxième Enquête Camerounaise Auprès des Ménages (ECAM II). Available from: <http://nada.stat.cm/index.php/catalog/20>. 2002.

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) (2006). Rapport annuel [https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/rapport\\_annuel\\_xx.pdf](https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/rapport_annuel_xx.pdf).

International Agency for Research on Cancer (IARC) (1993). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; vol. 1-58. 1993, Lyon: IARC, 1972-1993.

International Agency for Research on Cancer (IARC) (2004). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Some Drinking-water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic. Vol. 84, 526 pages. <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono84.pdf>

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (2003), World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42849>.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (2007). Meeting (68th : 2007 : Geneva, Switzerland), World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). Evaluation of certain food additives and contaminants : sixty-eighth

---

report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43870>.

Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Food Additives (2008). Joint, F. Matters of interest arising from FAO and WHO and from the 68th meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 40th Session. China.

Joint food and agriculture organization of the United Nations and World Health Organization (JECFA) (2007). Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants: Sixty-eighth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive. WHO Technical Report Series No 947. WHO, Geneva, Switzerland, pp. 169-180.

Joint, F. A. O., World Health Organization, & WHO Expert Committee on Food Additives. (2011). Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second [72nd] report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization.

Kalonda Dominique Mudimbi, Arsène Kabamba Tshikongo, Fridolin Kodondi Kule Koto, Christian Kasongo Busambwa, Yves Kisunka Bwalya, Hervé Musola Cansa, Jean-Louis Kahambwe Tambwe, Zet Lukumwena Kalala, Albert Longanga Otshudi (2015). Profil des métaux lourds contenus dans les plantes vivrières consommées couramment dans quelques zones minières de la province du Katanga. *Journal of Applied Biosciences*, vol. 96:9049-9054. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v96i1.2>.

Kang'ethe, E.K., Aboge, Gabriel, Arimi, S.M., Kanja, L.aetitia, Omore, Amos and McDermott, J.J. (2004). Investigation of risk of consuming marketed milk with antimicrobial residues in Kenya. *Food Control*, vol. 16: 349-355. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.03.015.

Koc F.,and Karakus E. (2011). Determination of organochlorinated pesticide residues by gas chromatography-mass spectrometry after elution in a florisil column . *KafkasUniversitesiVeterinerFakûltestDergisi*, vol. 17 (1): 65-70.

Kouam M. K., Ngueguim F. D. and Kantzoura V. (2018). Internal Parasites of Pigs and Worm Control Practices in Bamboutos, Western Highlands of Cameroon. *Journal of Parasitology Research*. <https://doi.org/10.1155/2018/8242486>.

Kurwijila, Lusato, Omore, Amos, Staal, Steven and Mdoe, Ntengua. (2006). Investigation of the Risk of Exposure to Antimicrobial Residues Present in Marketed Milk in Tanzania. *Journal of food protection*, vol. 69: 2487-92. DOI: 10.4315/0362-028X-69.10.2487.

Laurentie M., Creff-Froger C., Gaudin V. (2002). Surveillance des résidus d'antibiotiques. Apport des méthodes de spectrométrie de masse à l'identification des contaminants. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, vol. 155: 283-294.

---

Leser, S. (2013). The 2013 FAO report on dietary protein quality evaluation in human nutrition: Recommendations and implications. *Nutrition Bulletin*, vol. 38(4), 421-428. [https://scholar.google.com/scholar?q=FAO,+2013&hl=fr&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.com/scholar?q=FAO,+2013&hl=fr&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart).

Li Q, Liu H, Alattar M, et al. (2015). The preferential accumulation of heavy metals in different tissues following frequent respiratory exposure to PM<sub>2.5</sub> in rats. *Scientific Reports*; vol. 5:16936. DOI: 10.1038/srep16936.

Linder M. C. and Hazegh-Azam M. (1996). Copper Biochemistry and Molecular Biology. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 63: 797S-811S. DOI: 10.1093/AJCN/63.5.797.

Love DC, Davis MF, Bassett A, Gunther A, Nachman KE (2011). Dose imprecision and resistance: free-choice medicated feeds in industrial food animal production in the United States. *Environmental Health Perspectives*, vol. 119: 279–83.

Luzardo, Octavio, Ruiz Suárez, Norberto, Henríquez-Hernández, Luis Alberto, Valerón, Pilar, Camacho, Maria, Zumbado, Manuel & Boada, Luis. (2014). Assessment of the exposure to organochlorine pesticides, PCBs and PAHs in six species of predatory birds of the Canary Islands, Spain. *Science of The Total Environment*, vol. 472: 146–153. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.021.

Maduka C. V, I. O. Igbokwe, and N. N. Atsanda (2016). Appraisal of Chicken Production with Associated Biosecurity Practices in Commercial Poultry Farms Located in Jos, Nigeria. *Hindawi Publishing Corporation Scientifica*, vol. 2016: 9 pages DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1914692>.

Magnin M., A. Travel , J.-D. Bailly et P. Guerre (2016). Effets des mycotoxines sur la santé et les performances des volailles ; *INRA Production Animal*, vol 29 (3): 217-232.

María Constanza Lozano and Mary Trujillo (2012). Chemical Residues in Animal Food Products: An Issue of Public Health, *Public Health - Methodology, Environmental and Systems Issues*, Prof. Jay Maddock (Ed.), ISBN: 978-953-51-0641-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/public-healthmethodology-environmental-and-systems-issues/chemical-residues-in-animal-food-products-an-issue-ofpublic-health>.

Marshall BM, Levy SB (2011). Food animals and antimicrobials: impacts on human health. *Clinical Microbiology Reviews*, vol. 24(4):718-33. DOI: 10.1128/CMR.00002-11.

Mensah Serge, Koudande Delphin, Sanders Pascal, Laurentie M, Mensah, Guy and Abiola, F. (2014). Antimicrobial residues in foods of animal origin in Africa: Public health risks. *Scientific and Technical Review*, vol. 33: 987-96.



---

Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries (MINEPIA) (2010). Rapport annuel 2010 ; Projet d'Appui au Développement des Petits Ruminants (PADPR) ; p.47.

Mohamed E. Zain (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, vol. 15 (2): 129-144.

Mokubedi SM, Phoku JZ, Changwa RN and Gbashi SPB (2019). Analysis of mycotoxins contamination in poultry feeds manufactured in selected provinces of South Africa using UHPLG-MS/MS. *Toxins*, vol. 11(8): 452. DOI: 10.3390/toxins11080452.

Morrison Donna M., Ledoux David R., Chester Lambert F. B. and Samuels Coretta A. N. (2017). A Limited Survey of Aflatoxins in Poultry Feed and Feed Ingredients in Guyana. *Veterinary Sciences* ,vol. 4:60.

Moundipa P. F., Tchana A. N., Tchouanguép, F. M. (2010). Aflatoxin contamination in food and body fluids in relation to malnutrition and cancer status in Cameroon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 7:178–188.

Mukota, A. K., Gondam, M. F. K., Tsafack, J. J. T., Sasanya, J., Reybroeck, W., Ntale, M., et al. (2020). “Primary Validation of Charm II Tests for the Detection of Antimicrobial Residues in a Range of Aquaculture Fish.” *Chemistry Central Journal*, vol. 14: 32. DOI: [org/10.1186/s13065-020-00684-4](https://doi.org/10.1186/s13065-020-00684-4).

Nachman, KE, graham, JP, Price Lb, and Silbergeld KL (2005). Arsenic: a roadblock to potential animal waste management solutions. *Environmental Health Perspectives*, vol 13(9): 1123–1124. DOI: 10.1289/ehp.7834.

National Institute of Statistics, Cameroon (NIS) ( 2015). Population and Housing Census of Cameroon. Cameroon Data Portal. <https://cameroon.opendataforafrica.org/rfdefze/census-data>.

National Research Council, NRC . Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. National Academy Press; Washington, DC, USA: 1994. pp. 58–60. 8. Toxicity of Certain Inorganic Elements. [Google Scholar].

Needleman Herbert L., M.D., Alan Schell, M.A., David Bellinger, Ph.D., Alan Leviton, M.D. and Elizabeth N. Allred, M.S. (1990). The Long-Term Effects of Exposure to Low Doses of Lead in Childhood — An 11-Year Follow-up Report. *New England Journal of Medicine*, vol. 322:83-88. DOI: 10.1056/NEJM199001113220203.

Negro-Calduch, E.; Elfadaly, S.; Tibbo, M.; Ankers, P.; Bailey, E. (2013). Assessment of biosecurity practices of small-scale broiler producers in central Egypt. *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 110(2): 253–262. DOI:10.1016/j.prevetmed.2012.11.014.

---

Nguegwouo Evelyne, Etame Sone Lucien, Tchuenchieu Alex, Mouafotene Hippolyte, Mouchigam Emile, Njyou Nico Frederic and Medoua Naman Gabriel (2018). Ochratoxin A in black pepper, white pepper and clove sold in Yaoundé (Cameroon) markets: contamination levels and consumers' practices increasing health risk. *International Journal of Food Contamination*, vol 5:1-7.

Nisha R (2008). Antibiotic residues –a global health hazard. *Veterinary World*, vol. 1(12): 375-7. DOI: 10.5455/vetworld.2008.375-377.

Nnana Noah A. (2010). Législation et réglementation de l'inspection des produits de la pêche au Cameroun: étude et proposition d'amélioration. Thèse numéro 20: Médecine Vétérinaire. Dakar- Sénégal.

Nonga H. E., Simon C., Karimuribo, E. D. and Mdegela, R. H. (2010). Assessment of antimicrobial usage and residues in commercial chicken eggs from small holder poultry keepers in Morogoro municipality, Tanzania. *Zoonoses Public Health*, vol 57 (5): 339-344.

Nonga H. E., Simon C., Karimuribo, E. D. and Mdegela, R. H. (2010). Assessment of antimicrobial usage and residues in commercial chicken eggs from small holder poultry keepers in Morogoro municipality, Tanzania. *Zoonoses Public Health*, vol 57 (5): 339-344.

Okoye COB, Ibeto CN & Ihedioha JN (2011). Assessment of heavy metals in chicken feeds sold in south eastern Nigeria. *Advances in Applied Science Research*, vol 2(3): 63-68. <https://www.primescholars.com/articles/assessment-of-heavy-metals-in-chicken-feeds-sold-in-south-eastern-nigeria.pdf>.

Olivier Chanel, Catherine Dollfus, Jean-Marie Haguenoer, Philippe Hartemann, Guy Huel, et al. (1999). Plomb dans l'environnement : quels risques pour la santé ?. [Rapport de recherche] Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), 451 p., graphiques, références bibliographiques disséminées. fihal-01571950f.

Omotayo O. P., Omotayo A. O., Mwanza M. and Babalola O. O. (2019). Prevalence of mycotoxins and their consequences on human health. *Toxicological Research Korean Society of Toxicology*. <https://doi.org/10.5487/TR.2019.35.1.001>.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (1999). Norme générale codex pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de consommation humaine et animale, Codex standard 193-1995, 43p.

Organisation Mondiale du Commerce (OMC) (1995). Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires du cycle d'Uruguay. Annexe 1 A, Accords multilatéraux sur le commerce des marchandises. OMC, Genève, 77 - 110.



---

Patel, T., Marmulak, T., Gehring, R., Pitesky, M., Clapham, M. O., and Tell, L. A. (2018). Drug Residues in Poultry Meat: A Literature Review of Commonly Used Veterinary Antibacterials and Anthelmintics Used in Poultry. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, vol. 41 (6): 761–789. DOI: 10.1111/jvp.12700.

Patrick L. (2002). Mercury toxicity and antioxidants: Part 1: role of glutathione and alpha-lipoic acid in the treatment of mercury toxicity. *Altern Med Rev*, vol. 7(6): 456–471.

Payot, Aurélie (2019). Pratiques de biosécurité en élevage avicole : analyse des bilans d'inspection à l'échelle nationale (2016-2018). Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 113 p.

Peraza MA, Ayala-Fierro F., Barber D. S., Casarez E., Rael L.T. (1998). Effects of micronutrients on metal toxicity. *Environ Health Perspect*, vol. 106 Supplement 1:203-216.

Pfohl-Leszkowicz A. (1999). Les mycotoxines dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque. Paris: Tec&Doc, 478p.

Poultry World (2020). Popularity of poultry continues globally. [Poultryworld.net/Meat/https://www.poultryworld.net/Meat/Articles/2020/7/Popularity-of-poultry-continues-globally-615517E/](https://www.poultryworld.net/Meat/Articles/2020/7/Popularity-of-poultry-continues-globally-615517E/) Consulté le 27 janvier 2022.

Prescott J. F. (2006). Beta-lactam antibiotics: penamphenicillins. In *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, pp. 121–137. Black well Publishing, Ames, IA.

Proust N and Picot A. (2019). Toxicologie de l'arsenic et de ses composés : importance de la spéciation. *EMC - Pathologie professionnelle et de l'environnement*;0(0):1-21 [Article 16-002-A-30].

Prudent use of antimicrobial agents: Revising concepts and estimating perspectives in a global world. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, vol. 28(8):487-8. DOI: 10.1016/j.eimc.2010.07.009.

Rachel R. E. (2021). Copper and Your Health. <https://www.webmd.com/vitamins-and-supplements/copper-your-health>. Consulté le 25 Juillet 2022.

Raters M. et Matissek R. (2008). Thermal stability of aflatoxin B1 and ochratoxin A. *Mycotoxin Research*, vol 24(3):130-4. DOI: 10.1007/BF03032339.

Rehman Z. U., Khan S., Qin K., Brusseau M. L., Shah M. T. and Din I. (2016). Quantification of inorganic arsenic exposure and cancer risk via consumption of vegetables in southern selected districts of Pakistan. *Science of the Total Environment*, vol. 550, 321–329.

Reig M. and F. Toldra (2008). Veterinary drug residues in meat: Concerns and rapid methods for detection. *Meat Science*, vol 78: 60-67. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.029>.

---

Rianatou Bada-Alambedji, Eric Cardinal, Chantal Biagui Et Ayayi Justin Akakpo (2004). Recherche de résidus de substances à activité antibactérienne dans la Chair de poulet consommée dans la région de Dakar (Sénégal). Bulletin de l'Académie Vétérinaire De France, vol. 157(1):67. DOI: 10.4267/2042/47704.

Rodrigues, Ines & Naehrer, .Karin. (2012). Prevalence of mycotoxins in feedstuffs and feed surveyed worldwide in 2009 and 2010. *Phytopathologia Mediterranea*. 51. 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-9693.

Sanders P. (2005). L'antibiorésistance en médecine vétérinaire : enjeux de santé publique et de santé animale Revue : Bulletin de l'académie vétérinaire de France, tome 158, n°2, p. 139-140.

Roychowdhury T., Tokunaga H., Ando M. (2003). Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic affected area of West Bengal, India. *Science of the Total Environment*, vol. 308(1- 3): 15-35.

Sathiavelu.A. (2012). Evaluation of heavy metals in medicinal plants growing in vellore district. *European Journal of Experimental Biology*. 2. 1457-1461.

Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare (2000). The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers). [www.ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out39\\_en.pdf](http://www.ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out39_en.pdf). Accessed May 19, 2010.

Scientific Committee on Food (SCF) (1994). Opinion of the Scientific Committee for Food on aflatoxins, ochratoxin A and Patuline – European Commission DGXXIV unit B3. Thirty-fifth report. [http:// ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf\\_reports\\_35.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_35.pdf).

Shamsudeen P., Shrivastava H. P., Ram Singh and Chandra Deo (2013). Effect of chelated and inorganic trace minerals on aflatoxin synthesis in maize. *Journal of Poultry Science and Technology*, vol. 1(1): 13-16.

Shane S. M. (2005). *Handbook of Poultry Diseases*, American Soybean Association, Singapore, 2nd edition.

Shankar, Manjunatha, Prabhu, Shivamallu Chandan, Ranjith, and Shivakumar, D. (2010). Rapid Methods for detection of Veterinary Drug residues in Meat. *Veterinary World*, vol.3(5): 241-246. [www.veterinaryworld.org](http://www.veterinaryworld.org).

Singh V. P., Pathak V. and Akhilesh K.V. (2012). Modified or Enriched Eggs: A Smart Approach in Egg Industry: A Review. *American Journal of Food Technology*, vol. 7: 266-277. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ajft.2012.266.277>.

---

Sirdar MM, Picard J, Bisschop S, Gummow B (2012) A questionnaire survey of poultry layer farmers in Khartoum State, Sudan, to study their antimicrobial awareness and usage patterns. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, vol. 79(1). DOI: 10.4102/ojvr.v79i1.361.

Smith P and Daniel C. (2000). *The Chicken Book* (Athens, GA: The University of Georgia Press, p. 13.

Sonaiya E. B. and S. E. J. Swan (2004). *Small-scale poultry production. Technical guide.* Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Stegemann M. R., Passmore C. A., Sherington J., Lindenman C. J., Papp G, Weigel D.J., Skogerboe T. L. (2006). Antimicrobial activity and spectrum of cefovecin, a new extended spectrum cephalosporin, against pathogens collected from dogs and cats in Europe and North America. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, vol. 50, 2286-2292.

Stohs S. J., Bagchi D. (1995). Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. *Free Radical Biology Medicine*, vol. 18(2): 321-36. DOI: 10.1016/0891-5849(94)00159-h.

Stoltz Remi (2008). *Les résidus d'antibiotiques dans les denrées d'origine animale: évaluation et maîtrise de ce danger.* Thèse de doctorat en médecine vétérinaire, Université Claude Bernard-Lyon 1, 102 pp.

Storey A. A., Ramíre J. M., Quiroz D., Burley D. V., Addison D. J., Walter R., Anderson A. J., Hunt T. L., Athens J. S., Huynen L. and Matisoo-Smith E. (2007). Radiocarbon and DNA Evidence for a Pre-Columbian Introduction of Polynesian Chickens to Chile. *Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America*, 104, 10335-10339. DOI: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0703993104>.

Tanquilut NC, Espaldon MVO, Eslava DF, Ancog RC, Medina CDR, Paraso MG, Domingo RD, Dewulf J. (2020). Quantitative assessment of biosecurity in broiler farms using Biocheck.UGent in Central Luzon, Philippines. *Poultry Science*, vol. 99(6):3047-3059. DOI: 10.1016/j.psj.2020.02.004.

Teleu Ngandeu Emil et Ngatchou, Alexandre (2006). *Première Evaluation Du Secteur Avicole Au Cameroun : Structure et importance du secteur avicole commercial et familial pour une meilleure compréhension de l'enjeu de l'Influenza aviaire.* Emergency assistance for the control and prevention of Avian Influenza. 1: 01-48.

The Agency for Toxic Substances and Disease Registry's Role in Development and Application of Biomarkers in Public Health Practice (ASTDR) (1993). *Toxicology and Industrial Health*, vol. 9(6):979-994. DOI: 10.1177/074823379300900601.

---

Uddh-Söderberg, T. E., Gunnarsson, S. J., Hogmalm, K. J., Boel, M. I., Lindegård, G., and Augustsson, A. L. M. (2015). An assessment of health risks associated with arsenic exposure via consumption of homegrown vegetables near contaminated glassworks sites. *Science of the Total Environment*, vol. 536: 189–197.

Ullah A. K. M. Atique, M. A. Maksud, S. R. Khan, L. N. Lutfu, Shamshad B. Quraishi (2017). Dietary intake of heavy metals from eight highly consumed species of cultured fish and possible human health risk implications in Bangladesh, *Toxicology Reports* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.10.002>.

United States Agency for International Development (USAID) (2009). Biosecurity for farms and markets. Manual for Stop AI in Nigeria, pp. 2-24. Available at: <http://www.usaid.gov>

United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2000) Risk characterization. *Science Policy Council Handbook*. 189 p.

United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2010). Integrated Risk Information System (IRIS). Cadmium (CASRN- 7440-43-9) <http://www.epa.gov/iris/subst/0141.html>.

United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2010). Toxicological review of inorganic arsenic. Draft document. EPA/635/R-10/001. USEPA, Washington, DC, USA, p. 575.

United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2012). Integrated risk information system (IRIS). Available at: <http://www.epa.gov/IRIS/> [accessed August 2012].

United States Food and Drug Administration (USFDA) (2000). Guidance for Industry: Action Levels for Poisonous or Deleterious Substances in Human Food and Animal Feed; United States Food and Drug Administration: Silver Spring, MD, USA, 2000.

Vijay J. Jadhav et Vikas S. Waskar (2011). Public Health Implications of Pesticide Residues in Meat, *Veterinary World*, vol. 4 (4): 178-182. [www.veterinaryworld.org](http://www.veterinaryworld.org).

Völkel Inger, Schröer-Merker Eva, Claus-Peter Czerny (2011). The Carry-Over of Mycotoxins in Products of Animal Origin with Special Regard to Its Implications for the European Food Safety Legislatio. *Food and Nutrition Science*, vol. 2: 852-867.

Vose D. (2002). Risk analysis: a quantitative guide. Deuxième édition. John Wiley and Sons, New York.

Wang, Lan, Qiaoyan Zhang, Zheng Yan, Yanglan Tan, Runyue Zhu, Dianshen Yu, Hua Yang, and Aibo Wu. (2018). "Occurrence and Quantitative Risk Assessment of Twelve Mycotoxins in Eggs and Chicken Tissues in China". *Toxins*, vol. 10(11): 477. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins10110477>.

---

World health organization (1998). Use of quinolones in food animals and potential impact on human health. Report of a WHO Meeting Geneva, Switzerland.

World Health Organization (WHO) (1991). Nickel, nickel carbonyl and some nickel compounds: health and safety guide no 62. Geneva, Switzerland.

World Health Organization (WHO) (1997). Guideline for drinking water quality, 2<sup>nd</sup> edition, Vol. 1, Recommendations; 1997.

World Health Organization Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology (WHOC) (2002). Guidelines for ATCvet Classification and DDD Assignment. Available via <http://www.whocc.no/atcvet>. Accessed 16 Feb 2016.

World Health Organization (WHO) (2013). Expert Committee on Biological Standardization; Meeting and World Health Organization. WHO Expert Committee on Biological Standardization: Sixtieth Report; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2013; Volume 977.

World Health Organization (WHO) (2017). What is 'One Health? Available online : <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/one-health2017>. Accessed 21 September 2017.

Yamane (1967). A simplified formula to calculate sample size. [https://www.researchgate.net/figure/A-simplified-formula-to-calculate-sample-size-Yamane-1967\\_fig4\\_281629128](https://www.researchgate.net/figure/A-simplified-formula-to-calculate-sample-size-Yamane-1967_fig4_281629128).

Yilmaz Aral, Erol Aydin, Pinar Demir, Ahmet Cumhuri, Yavuz Cevger, Çağla Yüksel Kaya Kuyululu, Mehmet Saltuk Arıkan (2013). Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara Province, Turkey. Turkish Journal of Veterinary And Animal Sciences, vol. 37: 582-587.

Zahoor UI Hassan, Muhammad Z Khan, Ahrar Khan, Ijaz Javed, Zahid Hussain (2012). Effects of individual and combined administration of ochratoxin A and aflatoxin B1 in tissues and eggs of White Leghorn breeder hens. Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 97 (7): 1540-1544. DOI :10.1002/jsfa.4740.

Zhang D. F., Sun B. B., Yue Y. Y., Yu H. J., Zhang H. L., Zhou A.J., Du Q. F. (2012). Anticoccidial effect of halofuginone hydrobromide against *Eimeria tenella* with associated histology. Parasitology Research, vol. 111: 695-701. DOI: 10.1007/s00436-012-2889-7. Pub Med Cross Ref Google Scholar.

Zinedine A. and Manes J. (2009). Occurrence and legislation of mycotoxins in food and feed from Morocco. Food Control, vol. 20:334–344.

# ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1: Autorisation du Délégué Régional du Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries Animales

MINISTÈRE DE L'ELEVAGE, DES PÊCHES ET DES INDUSTRIES ANIMALES

\*\*\*\*\*

SECRETARIAT GENERAL

\*\*\*\*\*

DELEGATION REGIONALE DU CENTRE

\*\*\*\*\*

BP 930, TEL : 22 31 09 28

\*\*\*\*\*



FATHERLAND - WORK - FATHERLAND

\*\*\*\*\*

MINISTRY OF LIVESTOCK FISHERIES AND ANIMAL INDUSTRIES

\*\*\*\*\*

GENERAL SECRETARIAT

\*\*\*\*\*

REGIONAL DELEGATION OF CENTER

\*\*\*\*\*

PO Box 930 Yaounde Phone 22 31 09 28

N° 000059 /L/MINEPIA/SG/DREPIA-CE

Yaoundé, le 20 JUL 2017

LE DELEGUE REGIONAL  
A  
MONSIEUR TATFO  
KEUTCHATANG FABRICE DE  
PAUL

**Objet:** Demande d'une autorisation de recherche dans le centre

Monsieur,

Faisant suite à votre Correspondance du 13 Juillet 2017 dont l'objet est repris en marge,

J'ai l'honneur de vous notifier par la présente l'autorisation de recherche dans la Région du Centre.

LE DELEGUE REGIONAL DE L'ELEVAGE,  
DES PÊCHES ET DES INDUSTRIES  
ANIMALES DU CENTRE  
LE Délégué Régional  
Georges M. A.  
Docteur Vétérinaire



Annexe 2: Fiche d'enquête auprès des fermes

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix-Travail-Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé

Tél : (237) 22 23 95 84

Ville / Town : .....

Localisation / Location.....

Code d'identification / Identification code.....



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace-Work-Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé

Phone number (237) 22 23 95 84

**II- Informations sur la ferme / Information on poultry farm**

1- Quels types de volaille existent-ils dans votre ferme ? / What types of poultry do you have on your farm ?

Cocher la case correspondante / Tick the suitable answer

Poulets de chair / Broilers  Autres / Others : .....

Pondeuses / layers  .....

2- Quel est le nombre de bâtiments dans votre ferme ? / Number of buildings on your farm? .....

3- Quelle est la capacité de chaque bâtiment ? / Capacity of each building

4- Quel est le nombre de poulets par bâtiment ? / Number of chickens per building

5- Quel est l'âge des poulets (en semaine) / Age of chickens (in weeks)

0-4  4-8  8-12  12-16

6- Quelle est la source de vos poussins? / What is the source for your chicks?

Certifiée/ Certified  Non certifiée/ Non-certified  Inconnue/ Unknown

Si elle est certifiée, quelle est son nom et sa localisation / If is certified source, what is his name and his localization : .....

7- Avez-vous des ouvriers dans votre ferme ?

Oui/ Yes  Non/No  non/ If not III →

Si oui, où vivent-ils? / If so, where do they live?

Dans les locaux de la ferme/ On the premises of the farm

A l'extérieur de la ferme/ Outside the farm

Au voisinage de la ferme / In the neighborhood of the farm

**III- Pratiques d'utilisation des médicaments vétérinaires et perception des risques de santé / Usage practices of veterinary drugs and perception of health**



---

1- A quelle âge vendez-vous vos poulets ?/ *At what age do you sell your chickens ?* \_\_\_\_\_

2- Les poulets de votre ferme ont-ils été victimes des maladies au cours des trois derniers mois ?/ *Have the chickens on your farm been affected by disease during the last three months?*

Oui / Yes  Non/ No  Si non/If not Q<sub>3</sub> →

Si oui lesquelles / *If so, which?*.....

.....

3- Utilisez-vous les médicaments vétérinaires dans votre ferme ?/ *Do you use veterinary drugs on your farm ?*

Oui/ Yes  Non / No  Si non/If not Q<sub>10</sub> →

Si oui quels sont les médicaments vétérinaires en cours d'utilisation ?/ *If so, what are the veterinary drugs in use ?*

1.....

2.....

3.....

4.....

4- Quelles sont les médicaments vétérinaires utilisés au cours des six derniers mois ?/ *What veterinary drugs have been used during the past six months ?*

1.....

2.....

3.....

4.....

5- Quelle est la source des médicaments que vous utilisez? / *What is the source of drugs that you use ?*

Pharmacie vétérinaire/ *Veterinary pharmacy*  Marché / *Market*

Inconnue/*Unknown*

6- Administrez-vous les médicaments aux poulets en bonne santé/ *Do you administer drugs to chickens in good health ?*

Oui/ Yes  Non / No

7- Quelles sont les raisons d'utilisation des médicaments vétérinaires dans votre ferme? / *What are the reasons for using veterinary drugs on your farm?*

Thérapeutique (traitement des maladies) / *Curative (treatment of disease)*

Prophylactique (prévention des maladies) / *Prophylactic (disease prevention)*

Thérapeutique + prophylactique/ *Both curative and prophylactic*

Autres / *Others*.....

---

8- Quelle est la méthode d'administration de ces médicaments vétérinaires ?/What is the administration method of these veterinary drugs ?

Eau / Water

Aliment / Food

Eau+aliment/ both water and food

Autre / Others.....

9- Quelle est la dose d'administration des médicaments vétérinaires? /What is the administration dose of veterinary drugs?

1.....

2.....

3.....

4.....

10- Selon vous les médicaments vétérinaires administrés aux poulets peuvent-ils contaminer leurs tissus et leurs œufs? / According to you, could the veterinary drugs administered to the chickens contaminate their tissues and eggs?

Oui/ Yes  Non / No

11- Ces médicaments vétérinaires contenus dans les tissus et dans les œufs peuvent-ils affecter l'être humain après consommation ? / Could these veterinary drugs found in the eggs and tissues affect humans after consumption ?

Oui /Yes  Non/ No

12- Les poulets et les œufs sont-ils commercialisés juste après le traitement aux médicaments vétérinaires ?/ Are the chickens and eggs sold immediately after the treatment with veterinary drugs?

Oui/ Yes  Non/ No

Si non après combien de temps ?/ If not, after what time duration ?.....

13- Où vendez-vous les poulets et/ou les œufs de votre ferme ?/Where do you sale chickens and/or eggs from your farm?.....

14- Utilisez-vous autres choses que les médicaments vétérinaires ?/ Do you use other substances different from veterinary drugs ?

Oui / Yes  Non / No  Si non / If not   $\rightarrow$

Si oui citez les / If yes named them

1.....2.....

3.....4.....

Si oui pour quelles raisons ? / If yes for what reasons ?

Thérapeutique (traitement des maladies) / Curative (treatment of disease)

Prophylactique (prévention des maladies) /Prophylactic (disease prevention)

---

Thérapeutique + prophylactique/ *Both curative and prophylactic*

Autres / *Others*.....

15- Pensez-vous que ces autres substances peuvent se retrouver dans les tissus et les œufs de poulets et avoir un impact sur la santé du consommateur ? / *Do you think that these other substances could be found in the tissues and eggs of chickens and have an impact on the consumer's health ?*

Oui/Yes  Non/ No

16- Pensez-vous que les fientes de poulets sont dangereuses pour l'être humain et leur environnement ? / *Do you think that chicken droppings are dangerous for humans and their environment ?*

Oui/ Yes  Non/ No

17- Comment ramassez-vous les fientes? / *How do you pick the droppings?*

Mains nues mains avec aucune autre protection / *Naked hands with other protection*

Mains recouvertes des gants avec protection supplémentaire du nez / *Hands recovered with gloves with supplementary protection*

Mains recouvertes de gants et sans protection du nez / *Hands covered with gloves and without supplementary protection*

18- Où utilisez-vous les fientes ? / *Where do you use droppings?*

Au champ / *At the farm*

Dans la pisciculture / *In fishfarming*

Dans l'élevage de d'autres animaux / *In the breeding of other animals*

#### IV- Etude de contrôle qualité/ *Quality control study*

1- Désinfection du poulailler est-elle réalisée ?/ *Do you disinfect the poultry house ?*

Oui / Yes  Non/ No

2- Existe-il un lieu de stockage des médicaments vétérinaires ?/ *Is there a storage place for the veterinary drugs ?*

Oui/ Yes  Non / No  Si non / *If no* Q<sub>3</sub> →

Si oui lequel ?/ *If yes which ?*

Chambre de stockage / *Storage room*

Réfrigérateur / *Fridge*

Maison d'élevage / *Poultry house*

Autres / *Others*.....

3- Le diagnostic des infections et des autres maladies est-il réalisé par une autorité compétente ?/ *Is the diagnosis of infections and other diseases carried out by a competent authority ?*

Oui/ Yes  Non / No  Si non / *If no* Q<sub>4</sub> →

---

Si oui laquelle ?/ *If yes which ?*

Docteur vétérinaire/ *Veterinary doctor*

Technicien vétérinaire/ *Veterinary technician*

4- Les médicaments vétérinaires sont-ils prescrits par un corps compétent ?/ *Are the veterinary drugs prescribed by a competent body ?*

Oui/ *Yes*  Non/ *No*  Si non / *If no* Q<sub>5</sub> →

Si oui lequel ?/ *If yes which ?*

Docteur vétérinaire/ *Veterinary doctor*

Technicien vétérinaire/ *Veterinary technician*

5- A quel moment consultez-vous un vétérinaire? / *At which time do you consult the veterinarian?*

En cas de problème grave / *In case of a grave matter*

En cas aucun cas / *In none case*

A tout moment / *At any time*

Quelquesfois / *Sometime*

6- Existe t-il un lieu de stockage des aliments? / *Is there a place where food are stored ?*

Oui/ *Yes*  Non/ *No*  Si non / *If no* Q<sub>7</sub> →

Si oui lequel ?/ *If yes which ?*

Chambre de stockage / *Storage room*

Maison d'élevage / *Poultry house*

Autres / *Others*.....

7- Quelle est la source des aliments ?/ *What is the source of food ?*

Commerciale certifiée / *Certified commercial*

Non commerciale certifiée/ *Non-certified commercial*

Inconnue / *Unknown*

#### V- Mesures de bioécurité/ *Biosecurity measures*

➤ Évènement à l'extérieur des fermes / *Events outside the premises*

1- Quelles sont les mesures de biosécurité ? / *What are biosecurity measures ?* Cocher les réponses justes / *Tick the right answers*

Les mesures de biosécurité consiste en:/ *Biosecurity measures consist to/*

La protection de la santé humaine et l'augmentation et la protection des produits agricoles par la prévention, le contrôle et la gestion des facteurs de risque biologiques. /*The protection of human health and to increase and protect agricultural produce through prevention, control and management of biological risk factors.*

Les médicaments vétérinaires devraient être utilisés avec beaucoup d'attention, en particulier par les agriculteurs, pour toujours avoir leur plus grande importance/ *Veterinary drugs should be used with great care particularly by farmers to still have their greatest importance.*

---

Les médicaments vétérinaires devraient être utilisés sous une prescription de vétérinaire, le délai de retrait devrait être respecté. /*Veterinary drugs should be used under a veterinarian prescription; the withdrawal period should be respected.*

Les médicaments vétérinaires doivent être stockés dans un endroit approprié et comme indiqué par le vétérinaire, les doses doivent également être respectées et d'autres mesures de sécurité. /*Veterinary drugs should be stored in an appropriate place and as indicated by the veterinarian, the doses also should be respected and others security measures.*

Les mesures de biosécurité concernent du fermier et de toute personne qui visite ou travaille dans la ferme. /*Biosecurity measures are the responsibility of the farmer and of every person visiting or working on the property.*

La biosécurité agricole est un ensemble de mesures visant à protéger une propriété de l'entrée et de la propagation des ravageurs, des maladies et des mauvaises herbes. /*Farm biosecurity is a set of measures designed to protect a property from the entry and spread of pests, diseases and weeds.*

La biosécurité permet également de préserver les opportunités commerciales existantes et de fournir des preuves pour soutenir l'accès aux marchés internationaux. /*Biosecurity allows also preserving existing trade opportunities and providing evidence to support access to international markets.*

2- Respectez-vous les mesures de biosécurité? / *Are you awarded of biosecurity measures?* Oui/Yes  Non/No

3- Quel est le nombre de ferme au voisinage de votre ferme? / *What is the number of neighbouring poultry farms?* 1 2 3 4 5 10 15 20

4- Existe-t-il un parking dans locaux de la ferme ? / *Is there a parking lot outside the farm premises ?* Oui / Yes  Non/ No

5- Quelle est la qualité de votre équipement? / *What is the quality of your equipment?*  
Neuf / New  Seconde main / *Second-hand*  Inconnue/ *Unknown*

➤ Évènement liés à la ferme / *Farm boundary events*

6- Réalisez-vous le lavage/ désinfection des voitures ? / *Do you wash / disinfect the vehicles ?*

Oui/ Yes  Non / No

7- Existe t-il un système de lavage des pieds au point d'entrée de la ferme? / *Is there a functional foot bath at the farm entry?* Oui / Yes  Non/No

8- Les visiteurs sont-ils permis dans les locaux ? / *Are visitors allowed into the premises ?*

Oui/Yes  Non/ No

➤ Evenements entre les limites de la ferme et le poulailler / *Events between farm boundary and poultry house*

9- Existe-t-il une disposition approprié des carcasses ? / *Do appropriate carcasses disposal exist ?*

Oui/Yes  Non/No

10- Réalisez-vous l'autopsie dans la ferme? / *Do you carry out an autopsy on the farm?*

Oui/Yes  Non/No

11- Existe-t-il des carnivores dans la ferme (chiens et chats) ? / *Do on-farm carnivores (dogs and cats) exist ?* Oui/ Yes  Non/No

12- Lavez-vous les mains / prenez-vous une douche avant et après la manipulation des oiseaux ? / *Do you wash your hands/shower before and after handling birds ?*

---

Oui/Yes  Non/No

13- Existe-t-il des rongeurs / *Do rodentsexist ?*

Oui/ Yes  Non/No

➤ Évènement à l'intérieur du poulailler/ *Events inside poultry house*

14- Les poulets sont-ils séparés en fonction de l'âge ? / *Are the poultry types of birds separated according to age ?* Oui/Yes  Non/No

15- Existe-t-il un système de ventilation approprié ? / *Does a proper ventilation system exist ?*

Oui/Yes  Non/No

16- Existe t-il une eau propre dans le poulailler ? / *Is there clean water within the poultry house ?*

Oui/Yes  Non/No

➤ Matériel approprié pour la litière / *Appropriate bedding material*

17- Procédez-vous à un changement fréquent de la litière ? / *Do you frequently change the bedding ?*

Oui/Yes  Non/No

18- Procédez-vous au changement de la litière pendant qu'une bande est en cours? / *Do you change the litter while a tapeis in progress ?*

Oui/Yes  Non/No

19- Les poulets sont-ils permis de se déplacer occasionnellement hors du poulailler ? / *Are the chickens occasionally allowed to move out of the poultry house ?*

Oui/Yes  Non/No

20- Réalisez-vous le lavage / Désinfection avant de relancer? / *Do you wash/disinfect the poultry house prior to restocking?*

Oui/Yes  Non/No

21- Existe t-il un bon système de gestion? / *Is there a good management system ?*

Oui/Yes  Non/No

22- Lavez-vous régulièrement les mangeoires / abreuvoirs? / *Do you regularly wash the feeding/drinking bowls?*

Oui/Yes  Non/No

23- Isolez-vous les poulets apparaissant malades ? / *Do you isolate the apparently sick chickens ?*

Oui/Yes  Non/No

## **VI- Réglementation sur les médicaments vétérinaires**

1- Savez-vous qu'il existe une réglementation sur les médicaments vétérinaires ? / *Do you know that there is a regulation on veterinary drugs ?*

Oui/Yes  Non /No  Si non/ If not Q2 →

Si oui, où avez-vous attendu parler de cela? / *If so, where did you expect to speak about this?*

Au marché / *At the market*  chez le vétérinaire / *To the veterinarian*

Chez un autre fermier / *To the another farmer*

Dans la lecture et les medias / *In the reading and the media*

---

2- Savez-vous qu'il existe une dose et un délai d'attente pour chaque médicament vétérinaire? / *Do you know that each veterinary drug has a dose and withdrawal period?*

Oui/Yes  Non/No  Si non/ If not  Q<sub>3</sub> →

Si oui, comment avez-vous fait pour le savoir? / *If so, how do you do to know it?*

A travers le marché / *Through the market*

A travers le vétérinaire / *Through the veterinarian*

A travers un autre fermier / *Through another farmer*

A travers la lecture et les médias / *Through the reading and the media*

3- Existe-t-il une loi sur la réglementation de la pharmacie vétérinaire au Cameroun? / *Is there a law on the regulation of veterinary pharmacy in Cameroon?*

Oui/Yes  Non/No  Si non/ If not  Q<sub>4</sub> →

Si oui, cochez la réponse juste / *If so, tick the right answer*



**Annexe 3: Autorisation du Gouverneur de la Région du Centre**

REPUBLICUE DU CAMEROUN PAIX – TRAVAIL – PATRIE ***** REGION DU CENTRE ***** SECRETARIAT GENERAL ***** DIVISION DES AFFAIRES ECONOMIQUES, SOCIALES ET CULTURELLES *****		REPUBLIC OF CAMEROON PEACE – WORK – FATHERLAND ***** CEONTRE REGION ***** SECRETARIAT GENERAL ***** DEPARTEMENT OF ECONOMIC, SOCIAL AND CULTURAL AFFAIRS *****
		- 7 AOUT 2017
		Yaoundé, le _____
N° 000000001 / L/SG/DAESC/CE3		
<b>LE GOUVERNEUR</b> A		
<b>Monsieur TAFO KEUTCHATANG Fabrice DE Paul</b> -Yaoundé- TEL : 677/949/817		
 <b>OBJET</b> : Autorisation de recherche auprès des ménages de la Région du Centre.		
<b>Monsieur,</b>		
En accusant bonne réception de votre lettre datée du 28 Juillet 2017 relative à l'objet porté en marge,		
J'ai l'honneur de vous marquer mon accord pour cette importante phase de votre travail.		
A cet effet, vous voudrez bien prendre l'attache des Autorités Administratives des circonscriptions concernées pour l'appui nécessaire.		
Je vous prie de croire, <b>Monsieur</b> , à l'assurance de ma considération distinguée. /-		
<b>LE GOUVERNEUR</b>		
Pour le Gouverneur et par Délégation Le Secrétaire Général		
 <b>Cyrille YVAN ABONDO</b> Administrateur Principal du Travail		
		



REPUBLIQUE DU CAMEROUN  
 PAIX – TRAVAIL – PATRIE  
 \*\*\*\*\*  
 REGION DU CENTRE  
 \*\*\*\*\*  
 SECRETARIAT GENERAL  
 \*\*\*\*\*  
 DIVISION DES AFFAIRES  
 ECONOMIQUES, SOCIALES ET  
 CULTURELLES  
 \*\*\*\*\*



REPUBLIC OF CAMEROON  
 Peace – Work – Fatherland  
 \*\*\*\*\*  
 CENTRE REGION  
 \*\*\*\*\*  
 SECRETARIAT GENERAL  
 \*\*\*\*\*  
 DEPARTEMENT OF ECONOMIC,  
 SOCIAL AND CULTURAL AFFAIRS  
 \*\*\*\*\*

**BORDEREAU RECAPITULATIF DES PIECES ADRESSEES**

000000118 /BE/J/SG/DAESC/CE3  
 N° 000118

A

TOUS LES PREFETS

N°	SOMMAIRE	NOMBRE DE PIECE	OBSERVATIONS
01	Autorisation de recherche de Monsieur TATFO KEUTCHATANG Fabrice DE Paul.	01	Pour appui nécessaire

Reçu à \_\_\_\_\_

Yaoundé le - 7 AOUT 2017.

Le \_\_\_\_\_



Pour le Gouverneur  
 et par Délégation  
 Secrétaire Général

Cyrille Yvan ABONDO  
 Administrateur Principal du Travail

Annexe 4: Fiche d'enquête de consommation

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

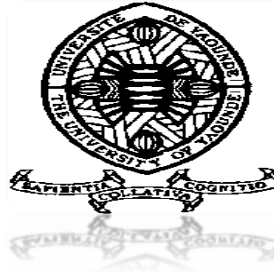
Paix-Travail-Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé

Tél : (237) 22 23 95 84



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace-Work-Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé

Phone number (237) 22 23 95 84

Fiche d'enquête sur la consommation du poulet et des œufs et identifications des risques associés au niveau des ménages/ *Chicken and egg consumption survey questionnaire and identification of associated risks at the household level*

Cette enquête a pour objectif d'estimer les quantités de poulet et d'œufs consommées par chaque catégorie d'individus au sein d'un ménage et d'avoir une opinion du ménage sur les risques de contamination du poulet et des œufs afin d'évaluer leur exposition alimentaire/ *The objective of this survey is to estimate the quantities of chicken and eggs consumed by each category of individuals within a household and to have a household's opinion on the risks of contamination of chicken and eggs in order to assess*

Date/ *Date*.....

Nom de l'enquêteur / *Name of investigator*:.....

**I- Données sociodémographiques/Socio-demographic data**

Age/ *Age*: \_\_\_\_\_

Genre/*Gender*: Male  Female

Niveau d'études/ *Level of studies*:  
\_\_\_\_\_

Profession: \_\_\_\_\_

Réligion/*Religion*:  
\_\_\_\_\_

Région/*Region*: \_\_\_\_\_

Langue d'expression/*Language of speaking*: Français/*French*  Anglais/*English*

Nombre de personne dans le ménage/*Number of person in household*

.....

Enfants (4-12 ans)/*Children (4-12 years old)*.....

Adolescents (13-19 ans)/*Teenager (13-19 years old)*.....

Adultes (20-59 ans)/*Adults (20-59 years old)*.....

---

Personnes âgées ( $\geq 60$  ans)/ *Elderly people* ( $\geq 60$  years old) .....

Quelles sont les masses corporelles des personnes vivantes dans le ménage?/What are the body weights of people living in the household?

Personnes âgées/*Elderly people*: \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg

Adultes/*Adults*: \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg

Adolescents/*Teenagers*: \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg

Enfants/*Children*: \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg, \_\_\_\_\_ Kg

## II- Consumption of chicken and eggs

1- Consommez-vous du poulet? /Do you eat chicken? Oui/Yes  Non/ No  Si non/If no  $\rightarrow$

Q4, III Q3 à/to 8 et/and IV Q2 et/and 3

Si oui, quel type de poulet?/If yes what type?

Poulet de chair/*Broiler*  Poulet pondeuse/*Layer*  Poulet du village/*Village chicken*

2- Quel est le prix d'achat d'un poulet?/What is the price of the chicken you buy? \_\_\_\_\_

3- Combien de poulet consommez-vous en moyenne par semaine/mois/ année?/How much chicken do you eat on average per week/month/year? \_\_\_\_\_

4- En combien de morceaux coupez-vous en moyenne un poulet/How many pieces on average do you cut a chicken ?.....

5- Sur le nombre total de morceaux d'un poulet consommé, combien consomme chaque catégorie d'individu du ménage ?/Of the total number of pieces of a chicken consumed, how much does each category of individual in the household eat?

Enfants (4-12 ans)/*Children* (4-12 years old).....

Adolescents (13-19 ans)/*Teenager* (13-19 years old).....

Adultes (20-59 ans)/*Adults* (20-59 years old).....

Personnes âgées ( $\geq 60$  ans)/ *Elderly people* ( $\geq 60$  years old) .....

6- Consommez-vous des œufs?/Do you eat eggs? Oui/Yes  Non/No

Si non/If no III Q1, 2 et/and 4 à/to 8, IV Q1 et/and 3

7- Si oui quel type d'œufs?/If yes what type?

Œufs de pondeuse/*Laying eggs*  Œufs du village/*Eggs of the village chicken*

5- Quel est le prix d'achat des œufs que vous consommez ?/How much do you buy an egg?

\_\_\_\_\_

6- Combien d'œufs consommez-vous en moyenne par semaine/ mois/an ?/How much egg do you consume on average per week/month/year? \_\_\_\_\_

---

7- Sur le nombre total d'œufs consommés, combine consommé chaque catégorie d'individu du ménage ?/Of the total number of eggs consumed, how much does each category of individual in the household eat?

Enfants (4-12 ans)/Children (4-12years old).....

Adolescents (13-19 ans)/Teenager (13-19 years old).....

Adultes (20-59 ans)/Adults (20-59 years old).....

Personnesâgées (≥60 ans)/ Elderly people (≥ 60years old) .....

**III- Perception des risques sanitaires au niveau du ménage/Perception of health risks at the level of the household**

1- Pensez-vous que la consommation du poulet et des œufs pourrait avoir des effets néfaste sur l'homme?/Do you think that consumption of chicken and eggs can have harmful effects on human ?

Oui/Yes  Non/No

2- Pensez-vous que le poulet et les œufs sont essentiels pour l'organisme ?/Do you think that chicken and /or eggs is / are essential for the body?

Oui/Yes  Non/No

3- Avez-vous déjà entendu parler des champignons microscopiques, des médicaments vétérinaires et de métaux lourds ?/Have you ever heard of microscopic fungi, veterinary drugs and heavy metals?

4- Oui/Yes  Non/No

5- Avez-vous déjà entendu parler de la contamination fongique, de la contamination par les mycotoxines, les métaux lourds et les médicaments vétérinaires du poulet et des œufs ?/Have you ever heard of fungal contamination, contamination by mycotoxins, heavy metals and veterinary drugs of chicken and eggs?

Oui/Yes  Non/No

6- Existe-t-il des risques liés à la consommation du poulet et des œufs contaminés par les mycotoxines, les métaux lourds et les médicaments vétérinaires ?/Are there any risks associated with eating chicken and eggs contaminated with mycotoxins, heavy metals and veterinary drugs?

Oui/Yes  Non/No

7- Où achetez-vous vos poulet et les œufs ?/ Where do you buy your chicken and eggs ?

Au marché/ At the market  A la ferme/At the farm

Dans la rue/ In the street  A la boutique/ At the shop

---

A la poissonnerie/ *At the fisherie*

8- Où plumez-vous vos poulets?/*Where do you pluck your chickens?*

A la maison / *At home*  Au marché/ *At te market*

9- Quel type de poulet préférez-vous ?/ *Wat type of chicken do you prefer ?*

Poulet de chair / *Broiler*  Poulet du village / *Village chicken*

Poulet cogné/ *Frozen chicken*

---

**Annexe 5: Aliments locaux de poulet**



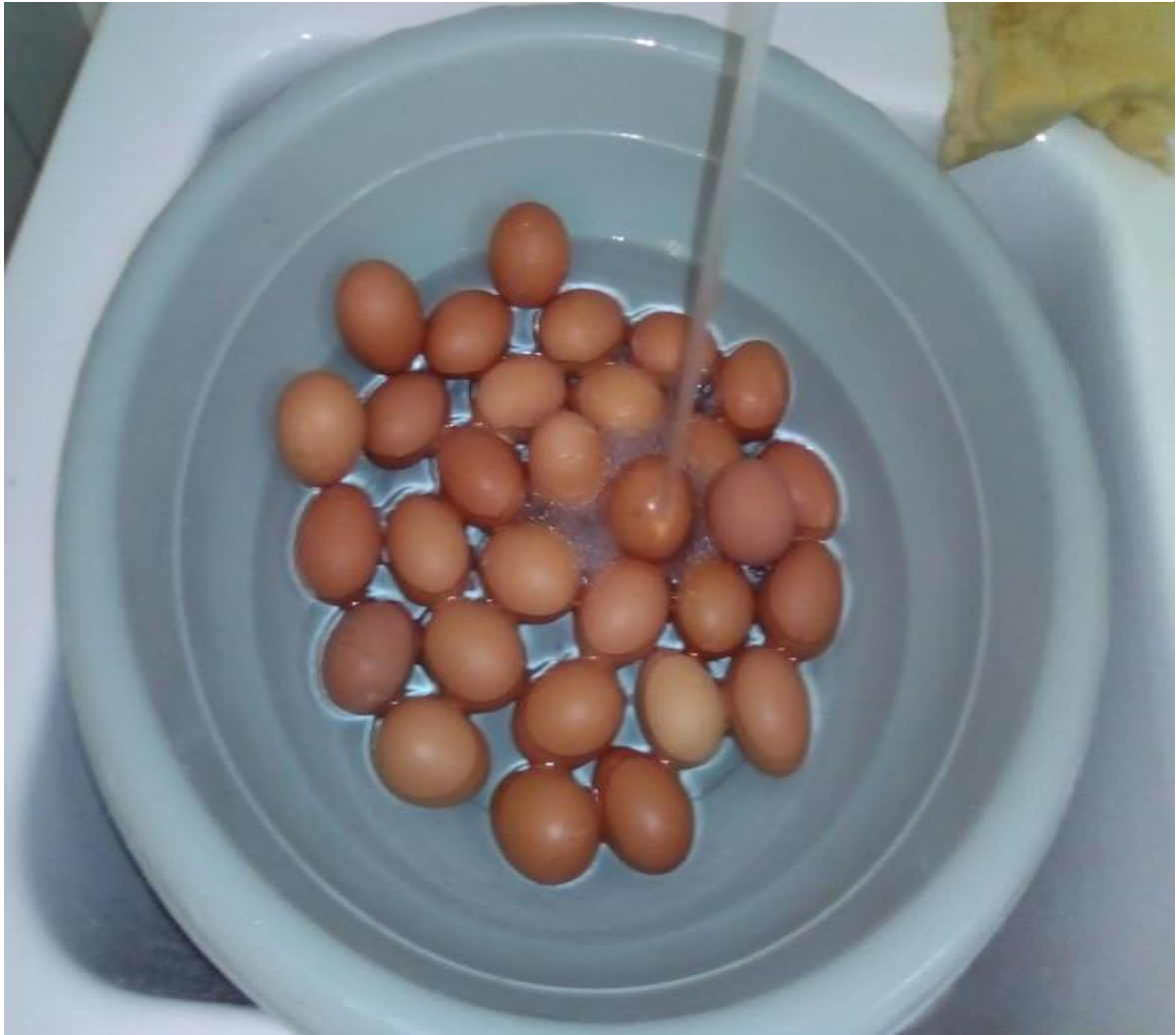
**Annexe 6: Muscle, foie et gésier de poulet de chair**





---

**Annexe 7: Œufs de poule**



---

**Annexe 8: Quantités estimatives de poulet et œufs consommés (97,5 percentiles) (g/jour)**

Niveau de consommateurs	Individu	Région	97,5 percentiles de la quantité consommée (g/jour)		
			Poulet	Œufs	
Petits consommateurs	Enfants	Centre	4,7	5,2	
		Littoral	5,2	5,9	
		Ouest	5,2	6,9	
	Adolescents	Centre	19,2	4,2	
		Littoral	13,3	1,5	
		Ouest	16,6	1,1	
	Adultes	Centre	8,4	2,5	
		Littoral	16,5	0,3	
		Ouest	9,9	1,1	
Personnes âgées	Centre	11,7	11,9		
	Littoral	14,9	10,6		
	Ouest	4,8	10,8		
Moyens consommateurs	Enfants	Centre	10,5	30,6	
		Littoral	15,7	21,8	
		Ouest	9,9	21,6	
	Adolescents	Centre	24,4	15,9	
		Littoral	42,8	17,7	
		Ouest	47,9	16,6	
	Adultes	Centre	29,4	28,5	
		Littoral	31,6	20,7	
		Ouest	50,3	23,1	
	Personnes âgées	Centre	60	59,6	
		Littoral	34,4	51,3	
		Ouest	30,7	51,1	
	Gros consommateurs	Enfants	Centre	58,4	69,2
			Littoral	60,1	55,8
			Ouest	50,9	56,1
Adolescents		Centre	149,3	671,3	
		Littoral	195,1	63,1	
		Ouest	158,2	65,6	
Adultes		Centre	70,5	97,4	
		Littoral	109,5	65,9	
		Ouest	158	67,1	
Personnes âgées		Centre	524	100,2	
		Littoral	628,7		
		Ouest	212,1	99,2	



**Annexe 9: Quotient du danger cible des enfants en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds**

Groupe de consommateurs	Région	Quotient danger cible						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	IRS
Poulet								
Petits consommateurs	Centre	0,03	0,001	0,0 2	0,5	12,4	15,8	28,8
	Littoral	0,02	0,001	0,0 2	0,6	14,7	19,1	34,4
	Ouest	0,03	0,002	0,0 2	0,7	18,2	23,1	42,0
Moyens consommateurs	Centre	0,1	0,003	0,0 4	1,1	31,3	39,8	72,3
	Littoral	0,1	0,003	0,0 4	1,3	35,5	46,2	83,1
	Ouest	0,1	0,003	0,0 5	1,5	37,1	47,1	85,9
Gros consommateurs	Centre	0,3	0,01	0,2	4,9	134,6	171,2	311,3
	Littoral	0,3	0,02	0,2	6,3	168,0	218,8	393,6
	Ouest	0,4	0,02	0,2	7,1	182,2	231,2	421,2
ECAM	Centre	0,07	0,003	0,0 4	1,2	31,3	39,8	72,4
	Littoral	0,05	0,003	0,0 3	1,2	31,3	40,8	73,4
	Ouest	0,07	0,004	0,0 5	1,5	38,0	48,2	87,7
Œufs								
Petits consommateurs	Centre	0,02	0,00 1	0,03	0,2	0,1	0,1	0,5
	Littoral	0,03	0,00 1	0,02	0,2	0,1	0,1	0,5
	Ouest	0,02	0,00 1	0,03	0,3	0,1	0,2	0,6
Moyens consommateurs	Centre	0,1	0,00 4	0,2	1,5	0,6	1,1	3,5
	Littoral	0,1	0,00 3	0,1	1,2	0,3	0,8	2,6
	Ouest	0,1	0,01	0,2	1,4	0,4	1,1	3,3
Gros consommateurs	Centre	0,3	0,01	0,4	2,8	1,1	1,9	6,5
	Littoral	0,3	0,01	0,3	2,7	0,8	1,9	6,0
	Ouest	0,3	0,01	0,4	3,1	1,0	2,3	7,0
ECAM	Centre	0,04	0,00 1	0,05	0,4	0,2	0,3	0,9
	Littoral	0,05	0,00 1	0,05	0,4	0,1	0,3	0,9
	Ouest	0,04	0,00 2	0,06	0,5	0,2	0,4	1,1

**Annexe 10: Quotient du danger cible des adolescents en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds**

Groupe de consommateurs	Région	Quotient danger cible						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	IRS
Poulet								
Petits consommateurs	Centre	0,1	0,002	0,03	1,0	26,4	33,6	61,1
	Littoral	0,01	0,002	0,03	0,9	23,4	30,4	54,7
	Ouest	0,1	0,002	0,03	1,0	26,3	33,4	60,8
Moyens consommateurs	Centre	0,2	0,01	0,1	3,4	93,4	18,7	215,9
	Littoral	0,1	0,01	0,1	3,5	94,5	123,0	221,3
	Ouest	0,2	0,01	0,1	4,1	103,8	131,7	239,9
Gros consommateurs	Centre	0,6	0,03	0,4	10,7	290,2	369,1	671,0
	Littoral	0,5	0,03	0,3	10,9	291,2	379,2	682,1
	Ouest	0,6	0,03	0,4	2,3	312,9	397,0	723,2
ECAM	Centre	0,06	0,002	0,03	1,0	27,6	35,1	63,8
	Littoral	0,04	0,002	0,03	0,9	24,6	32,1	57,7
	Ouest	0,05	0,003	0,04	1,1	28,4	36,0	65,6
Œufs								
Petits consommateurs	Centre	0,01	0,0002	0,01	0,08	0,03	0,06	0,2
	Littoral	0,002	4,0E-5	0,002	0,01	0,004	0,01	0,03
	Ouest	0,002	0,0001	0,003	0,02	0,01	0,02	0,05
Moyens consommateurs	Centre	0,07	0,002	0,09	0,7	0,3	0,5	1,7
	Littoral	0,06	0,001	0,05	0,5	0,1	0,3	1,0
	Ouest	0,06	0,002	0,08	0,6	0,2	0,5	1,4
Gros consommateurs	Centre	0,2	0,01	0,3	2,6	1,0	1,8	6,0
	Littoral	0,25	0,01	0,2	2,0	0,6	1,4	4,5
	Ouest	0,2	0,01	0,3	2,5	0,8	1,9	5,7
ECAM	Centre	0,03	0,001	0,04	0,3	0,1	0,2	0,8
	Littoral	0,04	0,001	0,04	0,3	0,1	0,2	0,7
	Ouest	0,03	0,001	0,05	0,4	0,1	0,3	0,9

**Annexe 11: Quotient du danger cible des adultes en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds**

Groupe de consommateurs	Région	Quotient danger cible						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	IRS
Poulet								
Petits consommateurs	Centre	0,03	0,001	0,02	0,5	12,6	16,0	29,1
	Littoral	0,02	0,001	0,01	0,4	11,0	14,4	25,9
	Ouest	0,02	0,001	0,02	0,5	11,6	14,8	26,9
Moyens consommateurs	Centre	0,08	0,003	0,05	1,4	38,4	48,8	88,7
	Littoral	0,05	0,003	0,04	1,3	33,6	43,7	78,7
	Ouest	0,1	0,006	0,08	2,4	61,3	77,8	141,7
Gros consommateurs	Centre	0,2	0,008	0,1	3,2	86,8	110,4	200,7
	Littoral	0,1	0,006	0,07	2,4	64,4	83,9	150,9
	Ouest	0,1	0,005	0,08	2,3	57,6	73,1	133,2
ECAM	Centre	0,1	0,005	0,08	2,3	61,7	78,5	142,7
	Littoral	0,07	0,004	0,05	1,7	45,1	58,8	105,7
	Ouest	0,1	0,005	0,07	2,0	51,9	65,8	119,9
Œufs								
Petits consommateurs	Centre	0,009	0,0002	0,01	0,1	0,04	0,07	0,2
	Littoral	0,004	0,0001	0,004	0,03	0,009	0,02	0,07
	Ouest	0,006	0,0002	0,008	0,1	0,02	0,05	0,2
Moyens consommateurs	Centre	0,2	0,004	0,2	1,7	0,7	1,2	4,0
	Littoral	0,1	0,003	0,1	1,0	0,3	0,7	2,2
	Ouest	0,1	0,005	0,2	1,4	0,4	1,0	3,2
Gros consommateurs	Centre	0,6	0,02	0,8	6,4	2,6	4,4	14,8
	Littoral	0,5	0,01	0,4	3,7	1,1	2,7	8,4
	Ouest	0,4	0,02	0,6	4,8	1,5	3,6	10,8
ECAM	Centre	0,07	0,002	0,1	0,8	0,3	0,5	1,8
	Littoral	0,07	0,002	0,07	0,6	0,2	0,4	1,3
	Ouest	0,06	0,002	0,08	0,7	0,2	0,5	1,6

**Annexe 12: Quotient du danger cible des personnes âgées en lien avec la consommation du poulet et des œufs contaminés par quelques métaux lourds**

Groupe de consommateurs	Région	Quotient danger cible						
		Pb	Ni	As	Cd	Cr	Hg	IRS
Poulet								
Petits consommateurs	Centre	0,08	0,003	0,05	1,4	38,5	49,0	89,1
	Littoral	0,07	0,004	0,05	1,7	45,8	59,6	107,3
	Ouest	0,04	0,002	0,03	0,9	22,1	28,0	51,1
Moyens consommateurs	Centre	1,1	0,04	0,6	18,4	501,9	638,3	1160,5
	Littoral	1,1	0,07	0,8	27,0	719,5	937,1	1685,6
	Ouest	1,4	0,07	1,0	29,1	743,8	943,9	1719,3
Gros consommateurs	Centre	1,9	0,08	1,1	2,4	881,0	1120,4	2036,8
	Littoral	2,2	0,1	1,5	53,4	1422,6	1852,9	3332,8
	Ouest	2,3	0,1	1,6	47,1	1202,9	1526,4	2780,4
ECAM	Centre	0,2	0,009	0,1	3,8	102,2	129,9	236,2
	Littoral	0,1	0,008	0,09	3,0	80,2	104,5	187,9
	Ouest	0,2	0,008	0,1	3,1	80,3	101,9	185,5
Œufs								
Petits consommateurs	Centre	0,2	0,004	0,2	1,8	0,7	1,2	4,1
	Littoral	0,2	0,003	0,1	1,3	0,4	0,9	2,86
	Ouest	0,1	0,005	0,2	1,3	0,4	1,0	2,96
Moyens consommateurs	Centre	0,7	0,02	0,9	7,5	3,0	5,2	17,4
	Littoral	0,7	0,02	0,7	5,8	1,7	4,2	13,1
	Ouest	0,5	0,02	0,7	5,8	1,8	4,3	13,1
Gros consommateurs	Centre	1,4	0,04	1,9	15,5	6,3	10,6	35,8
	Littoral	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ouest	1,1	0,04	1,5	12,3	3,8	9,1	27,8
ECAM	Centre	0,1	0,003	0,2	1,3	0,5	0,9	3,0
	Littoral	0,1	0,003	0,1	1,0	0,3	0,7	2,3
	Ouest	0,09	0,004	0,1	1,1	0,3	0,8	2,4

**Annexe 13: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque incrémental de cancer à vie des enfants**

Groupe de consommateurs	Région	Apport chronique journalier moyen (ng/kg, mc/jour)				
		Pb	Ni	As	Cd	Cr
		Poulet				
Petits consommateurs	Centre	0,0004	8,3E-05	0,0002	0,002	0,01
	Littoral	0,0004	0,0001	0,0002	0,002	0,02
	Ouest	0,0009	0,0002	0,0004	0,004	0,03
Moyens consommateurs	Centre	0,001	0,0002	0,0004	0,004	0,04
	Littoral	0,001	0,0003	0,0005	0,006	0,05
	Ouest	0,002	0,0004	0,0009	0,009	0,07
Gros consommateurs	Centre	0,004	0,0009	0,002	0,02	0,2
	Littoral	0,005	0,001	0,002	0,03	0,2
	Ouest	0,009	0,002	0,004	0,04	0,3
ECAM	Centre	0,001	0,0002	0,0004	0,004	0,04
	Littoral	0,0009	0,0003	0,0005	0,005	0,04
	Ouest	0,002	0,0004	0,0009	0,009	0,07
		Œufs				
Petits consommateurs	Centre	2,1E-05	2,3E-06	2,1E-05	5,7E-05	7,0E-06
	Littoral	4,9E-06	5,3E-07	3,4E-06	9,8E-06	8,5E-07
	Ouest	6,8E-06	1,4E-06	7,0E-06	1,9E-05	1,8E-06
Moyens consommateurs	Centre	0,0002	2,6E-05	0,0002	0,0005	6,1E-05
	Littoral	0,0002	1,8E-05	0,0001	0,0003	3,0E-05
	Ouest	0,0002	4,2E-05	0,0002	0,0006	5,4E-05
Gros consommateurs	Centre	0,0006	9,0E-05	0,0007	0,002	0,0002
	Littoral	0,0007	8,0E-05	0,0005	0,001	0,0001
	Ouest	0,0008	0,0002	0,0008	0,002	0,0002
ECAM	Centre	0,0005	7,6E-05	0,0006	0,002	0,0002
	Littoral	0,0009	9,7E-05	0,0006	0,002	0,0002
	Ouest	0,001	0,0002	0,001	0,003	0,0003

**Annexe 14: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque incrémental de cancer à vie des adolescents**

Groupe de consommateurs	Région	Apport chronique journalier moyen (ng/kg, mc/jour)				
		Pb	Ni	As	Cd	Cr
Poulet						
Petits consommateurs	Centre	0,0002	3,2E-05	6,7E-05	0,0007	0,005
	Littoral	0,0001	3,3E-05	5,6E-05	0,0007	0,005
	Ouest	0,0002	4,5E-05	9,5E-05	0,0009	0,007
Moyens consommateurs	Centre	0,0006	0,0001	0,0002	0,002	0,02
	Littoral	0,0004	0,0001	0,0002	0,003	0,02
	Ouest	0,0007	0,0002	0,0004	0,004	0,03
Gros consommateurs	Centre	0,002	0,0004	0,0007	0,007	0,06
	Littoral	0,001	0,0004	0,0007	0,008	0,07
	Ouest	0,002	0,0005	0,001	0,01	0,09
ECAM	Centre	0,0002	3,3E-05	7,0E-05	0,0007	0,006
	Littoral	0,0001	3,5E-05	5,9E-05	0,0007	0,006
	Ouest	0,0002	4,9E-05	0,0001	0,001	0,008
Œufs						
Petits consommateurs	Centre	2,2E-06	3,1E-07	2,3E-06	6,0E-06	7,3E-07
	Littoral	1,0E-06	1,1E-07	7,3E-07	2,1E-06	1,8E-07
	Ouest	8,5E-07	1,7E-07	8,7E-07	2,4E-06	2,2E-07
Moyens consommateurs	Centre	3,8E-05	5,3E-06	3,9E-05	0,0002	1,3E-05
	Littoral	3,2E-05	3,5E-06	2,2E-05	6,4E-05	5,6E-06
	Ouest	1,8E-05	3,6E-06	1,8E-05	5,0E-05	4,6E-06
Gros consommateurs	Centre	0,0001	1,9E-05	0,0001	0,0004	4,8E-05
	Littoral	0,0001	1,3E-05	8,5E-05	0,0002	2,1E-05
	Ouest	6,0E-05	1,2E-05	6,2E-05	0,0002	1,6E-05
ECAM	Centre	8,8E-05	1,2E-05	9,0E-05	0,0002	2,9E-05
	Littoral	0,0001	1,3E-05	8,1E-05	0,0002	2,0E-05
	Ouest	0,0001	2,5E-05	0,0001	0,0003	3,2E-05

**Annexe 15: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque  
incrémental de cancer à vie des adultes**

Groupe de consommateurs	Région	Apport chronique journalier moyen (ng/kg, mc/jour)				
		Pb	Ni	As	Cd	Cr
Poulet						
Petits consommateurs	Centre	6,6E-06	1,4E-06	2,8E-06	2,8E-05	0,0002
	Littoral	4,5E-06	1,4E-06	2,3E-06	2,7E-05	0,0002
	Ouest	3,2E-06	7,8E-07	1,6E-06	1,6E-05	0,0001
Moyens consommateurs	Centre	2,0E-05	4,1E-06	8,7E-06	8,7E-05	0,0007
	Littoral	1,4E-05	4,2E-06	7,1E-06	8,2E-05	0,0007
	Ouest	1,7E-05	4,1E-06	8,7E-06	8,6E-05	0,0007
Gros consommateurs	Centre	4,6E-05	9,4E-06	2,0E-05	0,0002	0,002
	Littoral	2,6E-05	7,9E-06	1,4E-05	0,0002	0,001
	Ouest	1,6E-05	3,9E-06	8,21E-06	8,1E-05	0,0006
ECAM	Centre	3,3E-05	6,7E-06	1,4E-05	0,0001	0,001
	Littoral	1,8E-05	5,6E-06	9,5E-06	0,0001	0,0008
	Ouest	1,4E-05	3,5E-06	7,3E-06	7,3E-05	0,0006
Œufs						
Petits consommateurs	Centre	2,2E-06	3,0E-07	2,3E-06	6,0E-06	7,3E-07
	Littoral	1,0E-06	1,1E-07	7,3E-07	2,1E-06	1,8E-07
	Ouest	8,5E-07	1,7E-07	8,7E-07	2,4E-06	2,2E-07
Moyens consommateurs	Centre	3,8E-05	5,3E-06	3,9E-05	0,0001	1,3E-05
	Littoral	3,2E-05	3,5E-06	2,2E-05	6,4E-05	5,6E-06
	Ouest	1,8E-05	3,6E-06	1,8E-05	5,0E-05	4,6E-06
Gros consommateurs	Centre	0,0001	1,9E-05	0,0001	0,0004	4,8E-05
	Littoral	0,0001	1,3E-05	8,5E-05	0,0002	2,1E-05
	Ouest	6,0E-05	1,2E-05	6,2E-05	0,0002	1,6E-05
ECAM	Centre	1,7E-05	2,4E-06	1,8E-05	4,8E-05	5,8E-06
	Littoral	1,9E-05	2,0E-06	1,3E-05	3,7E-05	3,3E-06
	Ouest	8,7E-06	1,8E-06	8,9E-06	2,5E-05	2,3E-06



**Annexe 16: Apport chronique journalier des métaux lourds pour le calcul du risque  
incrémental de cancer à vie des personnes âgées**

Groupe de consommateurs	Région	Apport chronique journalier moyen (ng/kg, mc/jour)				
		Pb	Ni	As	Cd	Cr
Poulet						
Petits consommateurs	Centre	3,0E-06	6,1E-07	1,3E-06	1,3E-05	0,0001
	Littoral	2,9E-06	8,8E-07	1,5E-06	1,7E-05	0,0001
	Ouest	1,4E-06	3,4E-07	7,2E-07	7,2E-06	5,5E-05
Moyens consommateurs	Centre	3,9E-05	7,9E-06	1,7E-05	0,0002	0,001
	Littoral	4,5E-05	1,4E-05	2,3E-05	0,0003	0,002
	Ouest	4,7E-05	1,2E-05	2,4E-05	0,0002	0,002
Gros consommateurs	Centre	6,8E-05	1,4E-05	2,9E-05	0,0003	0,002
	Littoral	8,9E-05	2,7E-05	4,6E-05	0,0005	0,004
	Ouest	7,7E-05	1,6E-05	3,9E-05	0,0004	0,003
ECAM	Centre	7,9E-06	1,6E-06	3,4E-06	3,4E-05	0,0003
	Littoral	5,1E-06	1,5E-06	2,6E-06	3,0E-05	0,0002
	Ouest	5,1E-06	1,2E-06	2,6E-06	2,6E-05	0,0002
Œufs						
Petits consommateurs	Centre	5,8E-06	8,0E-07	5,9E-06	1,6E-05	1,9E-06
	Littoral	6,4E-06	6,9E-07	4,5E-06	1,3E-05	1,1E-06
	Ouest	3,8E-06	7,8E-07	3,9E-06	1,1E-05	1,0E-06
Moyens consommateurs	Centre	2,5E-05	3,4E-06	2,5E-05	6,8E-05	8,2E-06
	Littoral	2,9E-05	3,2E-06	2,0E-05	5,9E-05	5,1E-06
	Ouest	1,7E-05	3,4E-06	1,7E-05	4,8E-05	4,4E-06
Gros consommateurs	Centre	5,1E-05	7,1E-06	5,2E-05	0,0001	1,7E-05
	Littoral					
	Ouest	3,6E-05	7,4E-06	3,7E-05	0,0001	9,5E-06
ECAM	Centre	4,2E-06	5,9E-07	4,3E-06	1,2E-05	1,4E-06
	Littoral	5,1E-06	5,6E-07	3,6E-06	1,0E-05	8,9E-07
	Ouest	3,1E-06	6,4E-07	3,2E-06	8,8E-06	8,2E-07

# PUBLICATIONS



## Biosecurity Practices and Characteristics of Poultry Farms in Three Regions of Cameroon

Fabrice De Paul Tatfo Keutchatang<sup>1</sup>, Isabelle Sandrine Bouelet Ntsama<sup>2\*</sup>, Gabriel Medoua Nama<sup>3</sup>, and Germain Kansci<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biochemistry, Laboratory for Food Science and Metabolism, Faculty of Sciences, University of Yaoundé 1, PO box 812, Yaoundé, Cameroon

<sup>2</sup>Advanced Teacher's Training College for Technical Education, University of Douala, PO box 1872, Douala, Cameroon

<sup>3</sup>Centre for Food and Nutrition Research, IMPM, PO Box 6163, Yaoundé, Cameroon

\*Corresponding author's Email: [ibouelet@yahoo.fr](mailto:ibouelet@yahoo.fr); ORCID: 0000-0003-3638-8142

Received: 04 Jan. 2021

Accepted: 19 Feb. 2021

### ABSTRACT

The outbreak of diseases is the main factor affecting poultry production in Cameroon. The implementation of biosecurity measures in poultry farms is essential to reduce disease outbreaks. This study aimed to assess biosecurity practices in poultry farms in three regions of Cameroon. The study was carried out using a structured questionnaire on 90 randomly selected poultry farms. Most of the farmers were men (85%) with deep litter (77.8%), battery cage (2.2%), and both deep litter and battery cage (20.0%) housing systems. Amongst the farms surveyed, 9/30 (30.0%) in the Centre; 8/30 (26.7%) in the Littoral; and 13/30 (43.3%) in the West were aware of biosecurity measures. The biosecurity score (BS) of surveyed farms ranged between 2 and 3. The findings indicated that 39 farms (12 in the Centre, 14 in the Littoral, and 13 in the West) were at moderate risk, and 51 farms (18 in the Centre, 16 in the Littoral, and 17 in the West) were at high risk. Reasons for keeping chickens and the number of chickens per farm did not significantly influence BS, while the farm category could significantly affect it. The outbreak of diseases correlated with BS, showing a tendency of increase in the outbreak of diseases with increasing BS. This study underlines the fact that biosecurity practices in Cameroon have not been well implemented by chicken farmers. This leads to disease outbreaks, and consequently, important economic losses as well as massive use of drugs that may be unsafe for human consumption. Therefore, the effective monitoring of biosecurity in chicken farming should be encouraged by extension of training to the farmers to support the efficient production of chickens by respecting biosecurity that drastically reduces the risk of disease outbreaks and provides good quality chicken products for human consumption.

**Keywords:** Assessment, Biosecurity practices, Biosecurity scores, Cameroon, Poultry farms

### INTRODUCTION

Chicken farming is a growing sector in Cameroon that creates income generation in rural and urban areas (Guetiya et al., 2016), representing a good source of essential nutrients. Amongst food animals, chicken production is quicker and cheaper than other meat sources. In addition, chicken products gain more attention in Islamic countries due to religious rules forbidding the consumption of some animal meats, such as pork, and therefore, play an important role in public nutrition (Paryad and Mahmoudi, 2008; Melesse, 2014; Sambo et al., 2015). The necessity of securing the food supply in terms of quality and quantity, consumers' awareness, and tendency to maintain a healthy and balanced diet, have all made the poultry sector a significant industry throughout the world (Aral et al., 2013).

Some infectious diseases, such as Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) are zoonotic, resulting in a range of mild to serious diseases having fatal consequences in both poultry and humans (Beeckman and Vanrompay, 2009; WHO, 2011). The unprecedented widespread outbreaks of HPAI, which has occurred in many countries in Asia, Europe, and Africa since 2003, call for rapid and active response at regional, national, and international levels. Biosecurity is a key strategy to reduce the incidence of outbreak diseases, such as HPAI, by applying technical recommendations at the farm or poultry house (DAFF, 2011; Newell et al., 2011). Biosecurity measures are necessary to prevent the negative consequences of infectious diseases during chicken farming because they reduce the introduction, persistence, or dissemination of infectious agents (Loth et al., 2011), and minimize the direct and indirect negative economic effect of infections

on stakeholders (farmers, customers, and suppliers) (Can and Altuğ, 2014). Furthermore, biosecurity measures are vital for better performance and quality of chicken production in the competitive world.

Various assessment studies have highlighted substantial weaknesses in the implementation of biosecurity measures in chicken farms (Abdurrahman et al., 2016; Maduka et al., 2016; Yitbarek et al., 2016). In Cameroon, few studies have assessed biosecurity practices. Kouam and Moussala (2018) studied the level of implementation of biosecurity measures on small-scale broiler farms in the Western Highlands of Cameroon and found that level of implementation was poor and there was a significant relationship between farm biosecurity score (BS) and farm production system.

The HPAI H5N1 virus has caused widespread mortality in the poultry sector among many African countries (Egypt, Ethiopia, and Nigeria). This situation of disease outbreaks, particularly in Cameroon has raised a concern about the level of implementation of biosecurity measures on chicken farms (MINEPIA, 2009). The present article outlines the biosecurity practices implementation on chicken production with the aim of contributing to improving chicken management practices in resource-limited conditions, specifically in Cameroon. The current study had three objectives of appraising the chicken production system, assessing the level of biosecurity practices, and examining any relationship between the biosecurity practices and the socio-technical characteristic of farms and farmers in three regions of Cameroon.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Study areas**

The study was conducted in three regions of Cameroon, including the center, the littoral, and the west regions (Figure 1). The central region covers 68926 km<sup>2</sup> and is composed of rolling hills on a vast plain with a mean altitude of 700–800 m, with lowered mounds. The climate has two wet seasons. The population density is low, with about 36 inhabitants/km<sup>2</sup> (NIS, 2006; BUCREP, 2010). The littoral region has an area of 20239–km<sup>2</sup> with more than 2,202,340 inhabitants. The population density is 124 inhabitants/km<sup>2</sup>. The west region represents an area of 13872 km<sup>2</sup> characterized by highlands with a mean altitude of 1600 m and narrow valleys with catchments separating them. The population density is estimated at 143 inhabitants/km<sup>2</sup> (BUCREP, 2010).

### **Study design and data collection**

Study areas were selected as they could represent a high potential for chicken production due to favorable conditions (Teleu Ngandeu and Ngatchou, 2006). Data were collected using structured questionnaires. The data were collected from governmental authorities and poultry farmers by data collector/field assistants. The research team worked in partnership with local veterinary agencies to recruit participants since most of them are scared of sanitary control by governmental authorities. The farms were randomly selected; 30 farms in the center, 30 farms in the littoral, and 30 farms in the western regions. The objective of the study was explained to the farmers and their verbal informed consent was obtained before administering the questionnaire. Chicken farms were evaluated for biosecurity practices and scored. Biosecurity measures were grouped according to some indicators of biosecurity events (events outside the premises, events at the farm boundary, events between farm boundary and poultry house, events inside poultry house).

### **Questionnaire design**

A set of preliminary questionnaires were prepared and tested with 10 farmers in Yaoundé, Cameroon for biosecurity practices a few months after the avian influenza outbreak. Thus, necessary modifications were made based on the feedback and the final questionnaire was prepared based on the pilot survey. The structured questionnaire with both open-ended and closed questions was applied to 90 chicken farmers or farm employees by a team of two persons, the interview lasted for 45-60 minutes. The questionnaire had three parts: 1) socio-demographic characteristics of farmers, 2) information about poultry farming systems, 3) inquiry into biosecurity measure implementation.

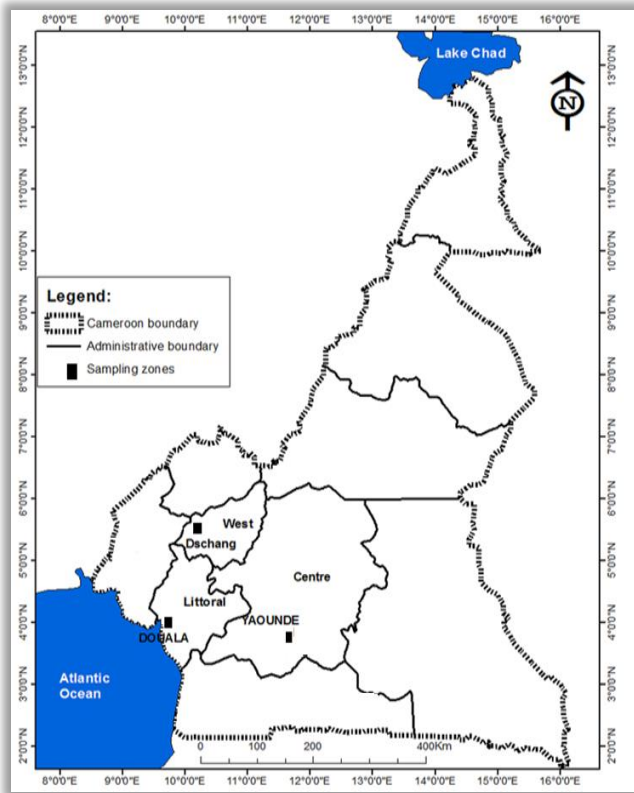
### **Biosecurity scoring system**

The scoring system used in this study was developed from the biosecurity indicators observed in the evaluation of biosecurity practices on the farm as previously reported with scores of 0-3. Criteria used for scoring biosecurity practices were adopted from USAID (2009). Thirty-three biosecurity indicators were recorded and characterized with scores of 0-3 (3.00 for the worst incorrect practice, 2.00 for the occasional respect of biosecurity measures, 1.00 for average compliance with biosecurity measures of biosecurity measures, and 0.00 for the best correct practice). The BS of each farm was the average of

the scores of the biosecurity indicators. Accordingly, a low mean BS value indicates a higher level of biosecurity.

**Statistical analysis**

Data were analyzed by SPSS software, version 20.0. Categorical variables were expressed using frequencies and percentages while continuous variables, such as BS of farms, were expressed as means and standard deviations. The associations and relationships were assessed using the Chi-square test and Pearson’s correlation, respectively, and variations in means were assessed by one-way ANOVA followed by Tukey post hoc test. The difference was considered significant for a p-value <0.05 with a confidence interval of 95%.



**Figure 1.** The map of Cameroon showing study areas marked by small black squares.

**RESULTS**

**General characteristics of the studied farms**

The participating farmers were mostly men (85%), and most of the farmers (74.4%) had no formal training in chicken production and 60% of farmers had more than three years of experience (Figure 2). Diseases were the most constraint faced by chicken farmers (100.0%), followed by financial constraints (93.3%). Some farmers (13.3%) produced chickens for only family consumption, while others (20.0%) produced for family consumption and also sold the surplus. The higher percentage of

farmers (66.7%) who own the majority of chickens (97.5%) produced chickens for only commercial purposes. Farms make income from the sale of live chickens and table eggs to fecal droppings to crop farmers and carcasses of dead chickens to breeders. The flock size in the surveyed farms ranged from 50-10,000 chickens. About ten (12.2%) of farms hosted 200-500 chickens, followed by 501-1000 birds (15.6% of farms), and 1001-2000 chickens (13.3% of farms). Regarding the age of the chickens, 33.3% were < 4 weeks, 38.9% were between 4 to 8 weeks and 27.8% were ≥ 8 weeks. The three main types of chicken were broiler (55%), layer (43%), and backyard chickens (2%). Three housing systems of chicken farming were deep litter system (77.8%), combination of the deep litter with battery cages (20.0%), and battery cages (2.2%). The deep litter housing system hosted 97.9% of the total chicken population (TCP). Ninety-three percent of farms affirmed using veterinary drugs for disease control. The veterinary drugs used were obtained from veterinary pharmacies, markets, and uncertified/unknown sources. Reasons for production, flock size, age of birds, housing system, as well as sources of day-old chicks, feed, and veterinary drugs are presented in Table 1.

**Table 1.** Characterization of different poultry farms surveyed

Variables	Number of farms (%)	Number of birds (%)
<b>Reason for keeping birds</b>		
Commercial	60 (66.7)	107100 (97.5)
Family consumption	12 (13.3)	140 (0.1)
Both (semicommercial)	18 (20.0)	2590 (2.4)
<b>Number of birds per farm</b>		
<200	11 (12.2)	7930 (7.2)
200-500	16 (17.8)	6900 (6.3)
501-1000	14 (15.6)	29000 (26.4)
1001-2000	12 (13.3)	35800 (32.6)
2001-10000	37 (41.1)	30200 (27.5)
<b>Age of birds at study time</b>		
< 4 weeks	30 (33.3)	45170 (41.1)
4-8 weeks	35 (38.9)	33450 (30.5)
≥ 8 weeks	25 (27.8)	31210 (28.4)
<b>Housing system</b>		
Deep litter	70 (77.8)	107490 (97.9)
Battery cage	2 (2.2)	2000 (1.8)
Both	18 (20.0)	340 (0.3)
<b>Source of day-old chicks and feed</b>		
AGROCAM	5 (5.6)	7500 (6.8)
ALIVET	5 (5.6)	3000 (2.7)
BELGOCAM	6 (6.7)	10000 (9.1)
NAPCAM	5 (5.6)	3000 (2.7)
SPC	18(20.0)	36900 (33.5)
ALIVET/SPC	5 (5.6)	1400 (1.2)
SOCAVE	6 (6.7)	4500 (4.1)
NAPCAM/SPC	5 (5.6)	4000 (3.6)
SPC/AGROCAM	9 (10.0)	16000 (14.6)
Unknown	26 (28.6)	23530 (21.4)
<b>Source of veterinary drugs</b>		
Veterinarypharmacy	52 (57.8)	89980 (82.1)
Market	22 (24.4)	7300 (6.7)
Unknown	16 (17.8)	12280 (11.2)

Total number of farms questioned = 90 Total number of chickens in farms questioned = 109830.

**Biosecurity implementation in farms surveyed**

Positive responses on biosecurity indicators for each region are presented in Table 2. Biosecurity indicators with more than 80% of positive responses in all three regions were concerning appropriate carcass disposal, rodent-proof, disinfecting feeders/drinkers regularly, prophylactic chemotherapy to healthy chickens, usage of veterinary drugs, and presence of diseases in the past three months. Biosecurity indicators with less than 50% positive responses in all three regions included awareness of biosecurity practices, washing/disinfecting of vehicles, on-farm necropsy, separation of chicken according to types and age, chickens occasionally allowed to move out of the poultry house. The mean BS ranged between 2 and 2.8 (Table 3). The difference was significant among the mean BS of Centre, Littoral, and West regions ( $p < 0.001$ ). Regarding the obtained data, 12 chicken farms in the Centre region, 14 chicken farms in the Littoral region, and

13 chicken farms in the West region were at moderate risk (BS=2), while 18 chicken farms in the Centre, 16 chicken farms in the Littoral regions, and 17 in the West region were at high risk (BS=3). The BS means varied with the reason of keeping chickens as well as with the flock size (Table 3). The BS was significantly influenced by the farmer category ( $p = 0.004$ ). Table 4 shows that the flock size did not significantly ( $p > 0.05$ ) affect the BS and disease outbreaks. However, variations of mean BS amongst farms were significant ( $F = 4.171, p = 0.046$ ) and the highest mean BS was in farms with  $\leq 1,000$  chickens. Disease outbreaks did not correlate with BS, showing a tendency to increase disease outbreaks with increasing BS. The reason for keeping chickens did not significantly ( $p > 0.05$ ) affect disease outbreak within the last three months. In general, chicken farms with low flock size were more at risk than high flock size farms and had disease outbreaks as a major constraint.

**Table 2.** Percentage of poultry farms with positive responses on indicators of biosecurity events

Indicators of biosecurity events	Number (%) of farms with "yes" response		
	Centre	Littoral	West
<b>Events outside the premises</b>			
Awareness of biosecurity practices	9 (30.0)	8 (26.7)	13 (43.3)
Certified sources of quality chicks and feeds	19 (63.3)	8 (26.7)	23 (76.7)
Acquisition of second-hand equipment	7 (23.3)	20 (66.7)	13 (43.3)
Purchase of veterinary drugs in veterinary pharmacy	18 (60.0)	14 (46.7)	13 (43.3)
<b>Farm boundary events</b>			
Visitors allowed into premises	11 (36.7)	14 (46.7)	5 (16.7)
Washing/disinfecting of vehicles	12 (40.0)	4 (13.3)	8 (26.7)
<b>Events between farm boundary and poultry house</b>			
Presence of good feed storage facility	27 (90.0)	15 (50.0)	24 (80.0)
Appropriate carcass disposal	22 (73.3)	4 (13.3)	9 (50.0)
On-farm necropsy	14 (46.7)	0 (0.0)	11 (36.7)
Certified commercial feed sources only	19 (63.3)	8 (26.7)	15 (50.0)
On-farm carnivores (dogs and cats)	19 (63.3)	8 (26.7)	13 (43.3)
Washing hands/shower before and after handling chickens	19 (63.3)	10 (33.3)	22 (73.3)
Rodent-proof	25 (83.3)	28 (93.3)	27 (90.0)
Residence of farm workers within premises	18 (60.0)	28 (93.3)	11 (36.7)
Functional footbath at the entrance of poultry house	12 (40.0)	8 (26.7)	17 (56.7)
<b>Events inside the poultry house</b>			
Separation of chicken according to types and age	27 (90.0)	22 (73.3)	19 (63.3)
Proper ventilation	15 (50.0)	11 (36.7)	19 (63.3)
Availability of clean water	15 (50.0)	14 (46.7)	22 (73.3)
Frequent changing of bedding with dry ones	22 (73.3)	14 (46.7)	17 (56.7)
Chickens occasionally allowed to move out of the poultry house	15 (50.0)	1 (3.3)	5 (16.7)
Washing/disinfecting poultry house prior to restocking	30 (100.0)	30 (100.0)	30 (100.0)
Washing feeders/drinkers regularly	30 (100.0)	27 (90.0)	27 (90.0)
Disinfecting feeders/drinkers regularly	30 (100.0)	26 (86.7)	8 (26.7)
Isolation of apparently sick chickens	30 (100.0)	25 (83.3)	25 (83.3)
Prophylactic chemotherapy to apparently healthy chickens	30 (100.0)	30 (100.0)	30 (100.0)
Usage of veterinary drugs	30 (100.0)	5 (16.7)	27 (90.0)
Consultation of veterinarians only in case of problems	30 (100.0)	25 (83.3)	11 (36.7)
Presence of diseases in the past three months	30 (100.0)	30 (100.0)	30 (100.0)

Total number of farms surveyed = 90

**Table 3.** Mean biosecurity score of poultry farms classified according to different parameters

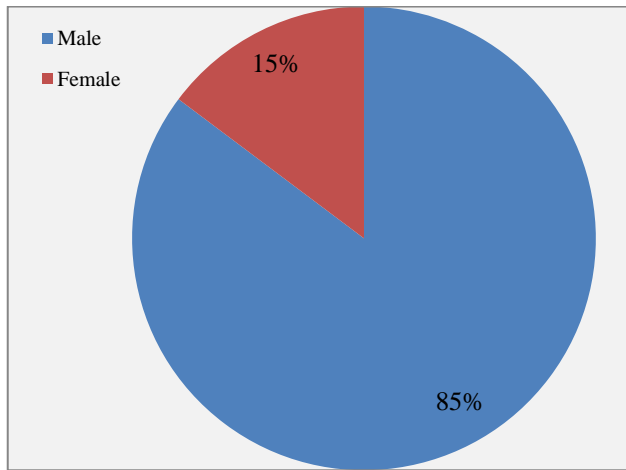
Parameter	Mean biosecurity score (Number of farms)
<b>Reason for keeping chickens</b>	
Commercial	2.3 ± 0.2 (60)
Semi-commercial	2.6 ± 0.1 (12)
Family use only	2.8 ± 0.1 (18)
<b>Number of chickens per farm</b>	
<200	2.7 ± 0.2 (11)
201-500	2.6 ± 0.1 (16)
501-1000	2.5 ± 0.1 (14)
1001-2000	2.4 ± 0.1 (12)
>2000	2.0 ± 0.2 (37)
<b>Farmer category</b>	
Trained	2.2 ± 0.2 (23)
Untrained	2.6 ± 0.1 (67)

Total number of farms surveyed = 90

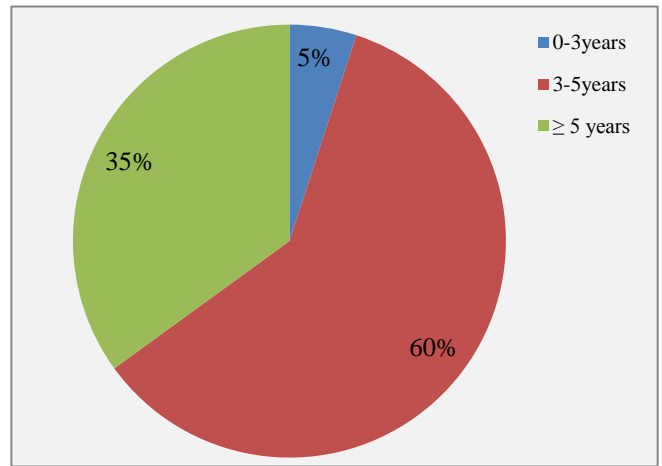
**Table 4.** Mean biosecurity scores in poultry farms in three regions of Cameroon

Study areas	Mean biosecurity scores	Number of farms (%)	Number of farms with the disease outbreak	Flock size
<b>Center</b>	2	12 (40.0)	5 (16.7)	>1000
	3	18 (60.0)	6 (20.0)	≤1000
<b>Littoral</b>	2	14 (46.7)	4 (13.3)	>1000
	3	16 (53.3)	6 (20.0)	≤1000
<b>West</b>	2	13 (43.3)	4 (13.3)	>1000
	3	17 (56.7)	8 (26.7)	≤1000

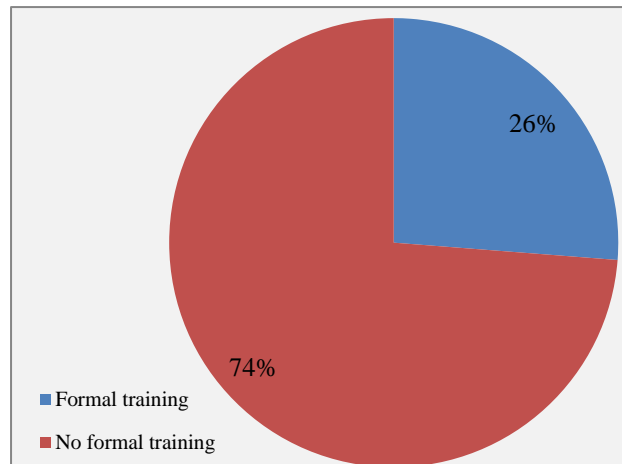
Total number of farms surveyed = 90



(a) Gender



(b) Work experience



(c) Qualifications in poultryfarming

**Figure 2.** Characteristics of participating poultry farmers (n = 90) in the present study



## DISCUSSION

The present study assessed the level of implementation of biosecurity practices in chicken farming and their possible impacts on poultry quality in three regions of Cameroon. Poultry farmers were mostly males and most of them were not trained in poultry production or biosecurity measures. Similar to the present study, previous studies have also shown that poultry farming is male dominant. Women are usually more involved in activities, such as trade, and growing crops (Abdurrahman et al., 2016; Fongang Fouepe et al., 2017). The level of farmer training significantly influenced biosecurity scores. Farms surveyed were using three main systems of production, but the main production system was the commercial system. This production system is mainly used because of its high productivity and incomes. Semi-commercial and family production systems also contribute to the provision of chicken and eggs as well as income generation but at a low level.

Unfortunately, during the present study, disease outbreaks were still the main constraint faced by all the farmers (100.0 %) as earlier reported by Fongang Fouepe et al. (2017). This constraint could be responsible for the uncontrolled usage of veterinary antibiotics as previously mentioned by Gondam et al. (2016) and Guetiya et al. (2016). In the present study, the flock size of most farms ranged from 200 to 2000 chickens and the chicken population was more concentrated in this range. Abdurrahman et al. (2016) reported a different situation in poultry farms of Zamfara State, Nigeria, where the total chicken population was represented by flock sizes of < 200 chickens and 2001-10000 chickens. The same common flock size was reported by Maduka et al. (2016) in Jos state, Nigeria. Flock size less than 200 chickens was found in family farms, while flock size of 200-500 was found in farms with both semi-commercial and strictly commercial production systems. In fact, family farms in this study were used for only family consumption purposes, and normally, the flock size should be small. Previous studies in Nigeria reported that flock size with less than 200 poultry was found in family farms (Geidam et al., 2011). However, flock sizes higher than 500 chickens were found in both family and commercial farms (Esiobu et al., 2014). A report in Cameroon on the traditional poultry sector revealed the flock size within the range of 4,000-10,000 broilers and 2,000 to 5,000 layers per farm (Ekue et al., 2000; Fongang Fouepe et al., 2017). Broilers were more representative in TCP, followed by

layers, while backyard chickens were less. The high representativity of broilers could be explained by the short time of production (six weeks) compared to the production times of the backyard (at least 4 months) and layer (at least 18 months). Muhammad et al. (2010) and Maduka et al. (2016) reported the presence of a higher number of broiler farms than layer farms but more layers represented the TCP in stocking capacity. Chickens were mainly housed on a deep litter during the survey and this could be explained by the fact that the litter is cheaper and available. This observation was reported in previous studies conducted in Nigeria (Muhammad et al., 2010; Geidam et al., 2011; Maduka et al., 2016).

Biosecurity is an important tool for the limitation of disease outbreaks and economic losses as earlier mentioned by Conan et al. (2012) but in the present study, the level of awareness on biosecurity amongst the surveyed chicken farmers was too low. This lack of awareness about biosecurity could be explained by the fact that the majority of chicken farmers were not trained in poultry farming. Poultry farms with trained farmers had a lower mean BS than farms with untrained farmers. During training on poultry production, farmers become aware of biosecurity measures and their importance to prevent the occurrence of some common diseases.

In fact, biosecurity involves a set of measures known as biosecurity measures that can be used for farm classification according to the biosecurity score system. In the present study, biosecurity was attributed to each biosecurity measure, leading to the classification of chicken farms surveyed in two groups according to the USAID (2009) biosecurity score system. These two groups include moderate and high-risk levels. This classification could be justified by the weak awareness of farmers on biosecurity as observed during the survey. Maduka et al. (2016) reported different results in Jos, Nigeria, where chicken farms were classified as good, very good, and excellent according to BS. Nigerian farmers had a good knowledge of the basic biosecurity measures needed for day to day running of poultry farms especially the ones dealing with sanitation of the farm (Ajewole and Akinwumi, 2014). Diseases were the major constraints in investigated farms as a result of a failure in biosecurity implementation. Small-scale chicken farms were at a high-risk level, probably because their flock sizes were small, they did not care about it and the economic loss could not be important. In addition, Negro-Calduch et al. (2013) reported that biosecurity measures are rarely applied in small-scale production units. In the



present study, the flock size and the training level of the farmer were major reasons for not complying with certain biosecurity measures. This observation can be justified by the simple fact that failure in biosecurity was remarkable in chicken farms of small flock sizes where farmers were not trained. Furthermore, chicken farms hosting small flock sizes were mostly classified at high risk.

It was also noted that farms located in the Centre were mainly in proximity to humans compared to those in the other two regions, but the movement of people and other animals as well as allowing vehicles inside the gate were observed in the three regions. Several studies identified the proximity of poultry sheds to humans, roads or water bodies, and the movement of objects people and other animals in and out of the sheds, allowing vehicles inside the gate as risk factors for H5N1 outbreaks (Ahmed *et al.*, 2012; Gilbert and Pfeiffer, 2012; Osmani *et al.*, 2014). Failure in biosecurity implementation was remarkable in isolation of apparently sick chickens and functional footbath at the entrance of poultry house in the west region. In the present study, the low percentages of positive responses on biosecurity measures, such as vehicles drove into farm premises without washing and disinfection, farmworkers living outside the farm premises in the majority of farms, separation of chickens according to the type and age, and the use of second-hand equipment, were important components of risk factors. The occurrence of disease outbreaks within the last three months of the present study was one of the consequences of this failure to comply with biosecurity measures. This consequence could be great as several chicken farmers in the three regions investigated affirmed to consult veterinarian only in case of a problem. Other risk factors associated with disease outbreaks were receiving visitors to the farms, rodent-proof, on-farm carnivores, absence of good storage facilities, and non-realization of on-farm necropsy. Receiving visitors to the farms and farm workers living outside the farm premises were risks reported in Nigeria by Fasina *et al.* (2011), Wakawa *et al.* (2012), and M'etras *et al.* (2013). These risks could have serious implications on the spread of contagious poultry diseases by people as well as being of public health importance regarding zoonoses such as avian influenza as reported by Abdurrahman *et al.* (2016). In this present study, it was observed that failure in biosecurity implementation was associated with the number of chickens in the farm, thus more important was the flock size, more attention was paid to the biosecurity although farms of all flock sizes were at risk. The mean BS was higher in the West region than that in the other regions.

Similarly, Kouam and Moussala (2018) revealed a higher BS for poultry farmers from the West region. A previous study reported that farmers have greater experience in the West (Ngandeu and Ngatchou, 2006). In addition, the capital city of the West region, Bafoussam, is the headquarter of the Cameroonian Association of poultry production professionals known under the acronym of IPAVIC. Thus, West region farmers are supposed to be more endowed with the latest information and innovations in poultry production compared to farmers in the other regions.

Poultry farming is a growing sector in Cameroon and contributes to income-generating (Esiobu *et al.*, 2014; Maduka *et al.*, 2016; Fongang Fouepe *et al.*, 2017), and its products constitute good sources of proteins of high quality and other nutrients for human nutrition (Altan *et al.*, 1993; Seuss-Baum and Nau, 2011). Failure in biosecurity measures could lead to disease outbreaks, causing mortality and important economic losses (Conan *et al.*, 2012). Moreover, disease outbreaks result in the improper use of veterinary drugs, leading to the occurrence of their residues in chicken products (Guetiya *et al.*, 2016; Gondam *et al.*, 2016). It could also lead to drug resistance and transmission of diseases from one farm to another, one animal species to another, and from animal to human.

## CONCLUSION

Three chicken farming systems, including family, semi-commercial, and commercial, are applied by chicken farmers in Cameroon. Chicken production generates both incomes and nutrients of high quality but biosecurity measures are not well-practiced and implemented, and this can lead to disease outbreaks and widespread use of veterinary drugs for disease control, resulting in drug resistance and residuals of veterinary drugs in chicken products. It is, therefore, urgent to put in place a good management system that will contribute to increase farm productivity and provide safer chicken products to consumers to fulfill the potential of chicken farming as an engine for the development of Cameroon.

## DECLARATIONS

### Authors' contributions

Fabrice De Paul Tatfo Keutchatang designed the research protocol, collect data, and drafted the manuscript under the guidance of Gabriel Medoua Nama and Germain Kansci. Data were analyzed by Fabrice De Paul Tatfo

Keutchatang and. Isabelle Sandrine Bouelet Ntsama All activities were coordinated by Gabriel Medoua Nama and Germain Kansci. Finally, all authors read and approved the final edition of the manuscript.

### Competing interests

The authors declare that there is no conflict of interest

### Acknowledgments

We acknowledge the cooperation of the chicken farmers who took part in this investigation because they believe that research and collaborations with scientists are an essential step to ensure the quality and safety of products consumed.

### REFERENCES

- Abdurrahman HJ, Muhammad BB, Sanusi MB, Yusuf S, and Fatima MB (2016). Biosecurity measures and constraints among rural poultry farmers in Zamfara State, Nigeria. *Animal and Veterinary Sciences*, 4(4): 47-51. DOI: <http://www.doi.org/10.11648/j.av.s.20160404.11>
- Ahmed SS, Ersbøll AK, Biswas PK, Christensen JP, Hannan AS, and Toft N (2012). Ecological determinants of highly pathogenic avian influenza (H5N1) outbreaks in Bangladesh. *PLoS One*, 7(3): e33938. DOI: <http://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0033938>
- Ajewole OC, and Akinwumi AA (2014). Awareness and practice of biosecurity measures in small scale poultry production in Ekiti State Nigeria. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7: 24-29. DOI: <https://doi.org/10.9790%2F2380-07112429>
- Altan O, Yalçın S, and Kocak C (1993). Egg consumption habits and factors affecting consumption in different segments of society. *International Poultry Congress, Istanbul*, 178-194. DOI: [10.3906/vet-1102-778](https://doi.org/10.3906/vet-1102-778)
- Aral Y, Aydin E, Demir P, Akin AC, Cevger Y, Kuyululu CYK, and Arikan MS (2013). Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara Province, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37(5): 582-587. DOI: <http://www.doi.org/10.3906/sag-1207-99>
- Beeckman DS, and Vanrompay DC (2009). Zoonotic *Chlamyphilapsittaci* infections from a clinical perspective. *Clinical Microbiology and Infection*, 15(1): 11-17. DOI: <http://doi.org/www.10.1111/j.1469-0691.2008.02669.x>
- Central Bureau of the Census and Population Studies (BUCREP) (2010). Censuses of the Cameroonian population. Presses du BUCREP. Available at: <http://ghdx.healthdata.org/organizations/central-bureau-census-and-population-studies-cameroon>
- Conan A, Goutard FL, Sorn S, and Vong S (2012). Biosecurity measures for backyard poultry in developing countries: a systematic review. *BMC Veterinary Research*, 8: Article number 240. DOI: <https://www.doi.org/10.1186/1746-6148-8-240>
- Can M, and Altuğ N (2014). Socioeconomic implication of biosecurity practices in small-scale dairy farms. *The Veterinary Quarterly*, 34: 1-7. DOI: <https://www.doi.org/10.1080/01652176.2014.951130>
- Department of Agriculture Forestry, and Fisheries (DAFF) (2011). Confidential discussion Paper (10th draft 2011 Republic of South Africa). Available at: <https://www.nda.agric.za>
- Ekue FN, Poné KD, Mafeni MJ, Nfi AN, and Njoya J (2002). Survey of the Traditional Poultry Production System in the Bamenda Area, Cameroon. *Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Animal Production and Health Section, Vienna (Austria)*, 205: 15-25. Available at: [https://www.inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:37062480](https://www.inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:37062480)
- Esiobu NS, Onubuogu GC, and Okoli VBN (2014). Determinants of income from poultry egg production in Imo State, Nigeria: an econometric model approach. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 3(7): 187-199. Available at: <http://www.garj.org/full-articles/determinants-of-income-from-poultry-egg-production-in-imo-state-nigeria-an-econometric-model-approach.pdf?view=download>
- Fasina FO, Rivas AL, Bisschop SP, Stegeman AJ, and Hernandez JA (2011). Identification of risk factors associated with highly pathogenic avian influenza H5N1 virus infection in poultry farms, in Nigeria during the epidemic of 2006-2007. *Preventive Veterinary Medicine*, 98: 204-208. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.11.007>
- Fongang Fouepe GH, Kana JR, Djiobou Kengmo GM, and Mfouwou A (2017). Socioeconomic and technical characteristics of broiler and laying hens layers in peri-urban and urban areas in the city of Dschang, West Cameroon. *International Journal of Agricultural Economics*, 2(4): 110-121. DOI: <https://www.doi.org/10.11648/j.ijae.20170204.13>
- Geidam YA, Gambo HI, Adamu SB, Grema HA, Dapchi AM, and Sanda KA (2011). An assessment of the biosecurity measures in poultry farms in Borno and Yobe States. *Sahel Journal of Veterinary Science*, 10(2): 83-86. DOI: <https://www.doi.org/10.1155/2016/1914692>
- Gilbert M, and Pfeiffer DU (2012). Risk factor modeling of the spatio-temporal patterns of highly pathogenic avian influenza (HPAIV) H5N1: a review. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 3(3): 173-183. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.sste.2012.01.002>
- Guetiya RE, Zambou NF, Anyangwe FF, Njimou JR, Coman MM, Verdenelli MC, Cecchini C, Silvi S, Orpianesi C, Cresci A et al. (2016). Abusive use of antibiotics in poultry farming in Cameroon and the public health implications. *British Poultry Science*, 57(4): 483-493. DOI: <https://www.doi.org/10.1080/00071668.2016.1180668>
- Gondam M, Tatfo Keutchatang F, Yangoua Mafo H, Kansci G, and Medoua Nama G (2016). Antimicrobial usage in the chicken farming in Yaoundé, Cameroon: a cross-sectional study. *International Journal of Food Contamination*, 3: Article number 10. DOI: <https://www.doi.org/10.1186/s40550-016-0034-6>
- Kouam MK, and Moussala JO (2018). Assessment of factors influencing the implementation of Biosecurity Measures on pig farms in the Western Highlands of Cameroon (Central Africa). *Veterinary medicine international*, Article ID 9173646. DOI: <https://www.doi.org/10.1155/2018/9173646>
- Loth L, Gilbert M, Wu J, Czarniecki C, Hidayat M, and Xiao X (2011). Identifying risk factors of highly pathogenic avian influenza (H5N1 subtype) in Indonesia. *Preventive Veterinary Medicine*, 102(1): 50-58. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.06.006>
- M'etras R, Stevens KB, and Abdu P (2013). Identification of potential risk factors associated with highly pathogenic avian influenza subtype H5N1 outbreak occurrence in Lagos and Kano States, Nigeria, during the 2006-2007 epidemics. *Transboundary and Emerging Diseases*, 60(1): 87-96. DOI: <https://www.doi.org/10.1111/j.1865-1682.2012.01322.x>
- Maduka CV, Igboke IO, and Atsanda NN (2016). Appraisal of chicken production with associated biosecurity practices in commercial poultry farms located in Jos, Nigeria. *Scientifica*, Article ID 1914692. DOI: <http://www.dx.doi.org/10.1155/2016/1914692>

- Melesse A (2014). Significance of scavenging chicken production in the rural community of Africa for enhanced food security. *World's Poultry Science Journal*, 70: 593-606. DOI: <https://www.doi.org/10.1017/S0043933914000646>
- Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries (MINEPIA) (2009). Master Plan for the Development of Livestock Industries in Cameroon. Cartography of the Paths, 2: 82. Available at: [https://www.reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/health\\_profile\\_cameroon\\_2016\\_eng.pdf](https://www.reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/health_profile_cameroon_2016_eng.pdf)
- Muhammad ML, Muhammad U, Ambali AG, and Mani AU (2010). A survey of early chick mortality on small-scale poultry farms in Jos, central Nigeria. *International Journal of Poultry Science*, 9: 446-449. DOI: <https://www.doi.org/10.3923/ijps.2010.446.449>
- Newell DG, Elvers KT, Dopfer D, Hansson I, Jones P, James S, and Pearson D (2011). Biosecurity-based interventions and strategies to reduce *Campylobacter* spp. on poultry farms. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(24): 8605-8614. DOI: <https://www.doi.org/10.1128/AEM.01090-10>
- Negro-Calduch E, Elfadaly S, Tibbo Ankers MP, and Bailey E (2013). Assessment of biosecurity practices of small-scale broiler producers in central Egypt. *Preventive Veterinary Medicine*, 110(2): 253-262. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.11.014>
- National Institute of Statistics (NIS) (2006). Cameroon. Available at: <https://www.statistics-cameroon.org>
- Osmani M, Thornton R, Dhand N, Hoque M, Milon S, and Kalam M (2014). Risk factors for highly pathogenic avian influenza in commercial layer chicken farms in Bangladesh during 2011. *Transboundary and Emerging Diseases*, 61(6): 44-51. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12071>
- Paryad A, and Mahmoudi M (2008). Effect of different levels of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, blood constituents and carcass characteristics of broiler chicks. *African Journal of Agricultural Research*, 3: 835-842. Available at: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-stat/AD3847E38476>
- Seuss-Baum I, and Nau F (2011). The nutritional quality of eggs. In *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. Woodhead Publishing, pp. 201-236. Available at: <https://www.hal.archives-ouvertes.fr/hal-01454200>
- Sambo E, Bettridge J, Dessie T, Amare A, Habte T, Wigley P, and Christley RM (2015). Participatory evaluation of chicken health and production constraints in Ethiopia. *Preventive Veterinary Medicine*, 118(1): 117-127. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.10.014>
- Telegu Ngandeu E, and Ngatchou A (2006). First Assessment of the Poultry Sector in Cameroon: Structure and importance of the commercial and family poultry sector for a better understanding of the issue of Avian Influenza. Emergency assistance for the control and prevention of Avian Influenza. National Consultants Report. Food and Agricultural Organization, Project OSRO/GLO/MUL, FAO representation Yaoundé, Cameroon, pp. 1-46. Available at: [http://www.fao.org/docs/eims/upload/213743/agal\\_poultrysector\\_cameroon\\_may06\\_fr.pdf](http://www.fao.org/docs/eims/upload/213743/agal_poultrysector_cameroon_may06_fr.pdf)
- United States Agency for International Development (USAID) (2009). Biosecurity for farms and markets. Manual for Stop AI in Nigeria, pp. 2-24. Available at: <http://www.usaid.gov>
- Wakawa AM, Oladele SB, Abdu PA, Saidu L, and Mohammed SB (2012). Risk factors for the occurrence and spread of highly pathogenic avian influenza H5N1 in commercial poultry farms in Kano, Nigeria. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, 10(2): 40-51. Available at: <https://docplayer.net/30525474-A-study-on-awareness-attitudes-and-practices-related-to-avian-influenza-among-poultry-workers-in-dawakin-tofa-local-government-kano-state-nigeria.html>
- World health organization (WHO) (2011). Influenza at the Human-Animal Interface. Summary and assessment as of 5 December 2011. Available at: [http://www.who.int/influenza/human\\_animal\\_interface/avian\\_influenza/Influenza\\_Summary\\_IRA\\_HA\\_interface.pdf](http://www.who.int/influenza/human_animal_interface/avian_influenza/Influenza_Summary_IRA_HA_interface.pdf)
- Yitbarek MB, Mersso BT, and Wosen AM (2016). Disease management and biosecurity measures in small-scale commercial poultry farms in and around Debre Markos, Amhara Region Ethiopia. *International Journal of Current Trends in Pharmacobiology and Medical Sciences*, 1(2): 27-36. DOI: <https://doi.org/10.5897/JVMAH2016.0515>

ISSN 1682-8356  
ansinet.com/ijps



INTERNATIONAL JOURNAL OF  
**POULTRY SCIENCE**

 Science Alert  
scialert.net

**ANSI***net*  
an open access publisher  
<http://ansinet.com>



## Research Article

# Chicken Farming Practices and Occurrence of Antimicrobial Resistance in Four Regions of Cameroon

<sup>1</sup>Fabrice De Paul TATFO KEUTCHATANG, <sup>1,2</sup>Isabelle Sandrine BOUELET NTSAMA, <sup>1</sup>Michelle DJOUHOU FOWE, <sup>1</sup>Borelle MAFONGANG, <sup>3</sup>Gabriel MEDOUA NAMA and <sup>1</sup>Germain KANSCI

<sup>1</sup>Laboratory for Food Science and Metabolism, Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, University of Yaoundé 1, P.O. box 812, Yaoundé, Cameroon

<sup>2</sup>Advanced Teacher's Training College for Technical Education, University of Douala, P.O. box 1872, Douala, Cameroon

<sup>3</sup>Centre for Food and Nutrition Research, IMPM, P.O. Box 6163, Yaoundé, Cameroon

## Abstract

**Background and Objective:** Chicken farming in Cameroon has increased with population growth, this has increased the use of antimicrobial and a rise in antimicrobial resistance (AMR). The aim of this study was to assess chicken farming practices and quantify antimicrobial use age. **Materials and Methods:** Across-sectional study was conducted in 120 chicken farms in four regions of Cameroon (Centre, Littoral, South and West). Data was analyzed using descriptive statistics. Association between variables was tested using chi-square. Differences were considered significant at  $p < 0.05$ . **Results:** Approximately 60% of farmers in the four regions, had no formal training on chicken farming. Thirty three different veterinary drugs containing active substances varying between one and two were used in the 120 farms. In center region the usage of veterinary drugs was the highest, with oxytetracycline as the most used active substance followed by sulfadimidine. In the littoral region the farmers mostly used levamisole (8), sulfadimidine (5) and oxytetracycline (5). In the west region, levamisole is used by 10 farms, sulfadimidine and oxytetracycline by 7 farms and doxycycline by 6 farms. Relatively higher usage of antimicrobial agents per chicken per unit time was observed in all the farms. **Conclusion:** High antimicrobial usage (AMU), including use of critically important antimicrobials was observed at poultry farms in selected regions. A monitoring system should be established to control the prudent use of antimicrobials. Rules and regulations for farmers should be implemented to reduce the AMU on priority basis.

**Keys words:** Veterinary drug, antimicrobial usage, farming practice, antimicrobial resistance, public health

**Citation:** Tatfokeutchatang, F. de P., I.S.B. Ntsama, M. Djouhoufowe, B. Mafongang, G.M. Nama and G. Kansci, 2022. Chicken farming practices and occurrence of antimicrobial resistance in four Regions of Cameroon. *Int. J. Poultry Sci.*, 21: 73-81.

**Corresponding Author:** Isabelle Sandrine BOUELET NTSAMA, Advanced Teacher's Training College for Technical Education, University of Douala, P.O. box 1872, Douala, Cameroon Tel: +237 656717282

**Copyright:** © 2022 Fabrice De Paul Tatfokeutchatang *et al.* This is an open access article distributed under the terms of the creative commons attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Competing Interest:** The authors have declared that no competing interest exists.

**Data Availability:** All relevant data are within the paper and its supporting information files.

## INTRODUCTION

Poultry production is the best source of income generation and provides protein for human nutrition<sup>1</sup>. Recently, poultry industry, gains more attention and the demand is growing due to the higher cost of others animal protein sources<sup>2</sup>. In order to satisfy the growing demand, farmers should ensure the quality of the flock by reducing diseases incidence. However diseases constitute one of the main constraints in the poultry industry<sup>3</sup>. To control and prevent diseases occurrence during poultry farming, veterinary drugs are used. These drugs when misused can entered the food chain, thus leads to a contamination of chicken products<sup>4</sup>. The occurrence of veterinary drugs residue in chicken meat and eggs could have side effects (allergic reactions, toxicity, carcinogenic effects and change of natural micro flora of intestine) on consumers. These occurs when concentrations are over the maximum residue limits defined for veterinary drugs in edible animal tissues<sup>4,5</sup>. Previous studies reported the occurrence of veterinary drug residues in chicken products in India and Ghana<sup>6,7</sup>. In Cameroon, improper use of antibiotics by farmers as well as the occurrence of antibiotics residues in chicken meat and eggs has been reported<sup>1,8</sup>. This can lead to occurrence of antimicrobial resistance. Thus there is a need to assess the usage of veterinary drugs and farming practices in order to make hypothesis on occurrence of antimicrobial resistance. During the last avian influenza in 2016 several measures were taken to protect human and animal health<sup>9</sup>. Furthermore few studies in Cameroon have investigated the quantitative usage of veterinary drugs in chicken farming. Assessment of veterinary drugs usage and chicken farming practices are the first step in evaluating health risk for consumers<sup>7</sup>. The present study was designed to assess chicken farming practices and usage of veterinary drugs related to antimicrobial occurrence in some chicken farms in four regions of Cameroon.

## MATERIALS AND METHODS

**Study area:** The present study was conducted in four regions of Cameroon, the Center, the Littoral, the West and the South Regions in Fig. 1. The Central region covers 68.926 km<sup>2</sup> and is composed of rolling hills on a vast plain with a mean altitude of 700-800 m, with lowered mounds. The climate has two wet seasons. According to National Institute of Statistics, Cameroon<sup>10</sup>, the population density is low, with about 36 inhabitants/km<sup>2</sup>. The Littoral region is covering an area of 20.239 km<sup>2</sup> and housing more than 2.202.340 inhabitants. The

population density is 124 inhabitants per km<sup>2</sup>. The west region covers 13.872 km<sup>2</sup> and is mountainous, marked by highlands with a mean altitude of 1600 m and narrow valleys with catchments separating them. The climate has a unimodal wet season. The population density is relatively high<sup>10</sup>, with about 143 inhabitants/km<sup>2</sup>. The south region covers an area of 47.110 km<sup>2</sup>, with a population of about 534.900 inhabitants and a density of 13.4 inhabitants per km<sup>2</sup>.

**Study design and data collection:** A cross-sectional study was conducted in four regions (Centre, Littoral, West and South) of Cameroon due to their high potential for chicken farming. Three clusters, each cluster representing 10 chicken farms, were selected in each region using a random start point. Farm owners or workers were briefed about the objective of the study and their consent was obtained before administration of the questionnaire. A structured questionnaire pre tested was used to collect data on veterinary drug usage and chicken farming practices. Farm owners or workers were asked to provide detailed information on various veterinary drugs in use within the last three months. Data on each veterinary drug administered were collected and used to quantify the total amount of active drug compound. Quantification of drug was done using weight indicators.

**Calculation of antimicrobials consumption:** The consumption of antimicrobials per farm was defined as animal treatment days per year (ATD/Y). This is similar to the standard unit for consumption of antimicrobials in humans (DDD/1000 days). ATD/Y was estimated base on two variables, the first in the numerator that was the summation of the number of treatment days for all broilers present during the year. The denominator was the sum of the number of birds present per day for the year. By dividing these numbers and multiplying by 365, we obtain the number of days in which antimicrobials were administered to broilers on a farm per year. An ATD/Y of 1 means that the animal in the population was exposed to an antimicrobial for one day per year (ESVAC).

**Estimation of antimicrobial usage:** The formula adapted by Carrique-Mas *et al.*<sup>12</sup> with little modification was used to estimate usage in mg kg<sup>-1</sup> per week (Uwc milli grams). The weight of broilers after the growth period of 6 weeks was estimated to be 3 kg, while that of layers after 24 weeks was 2.5 kg. The estimation of antimicrobial usage was obtained by using the following equation:

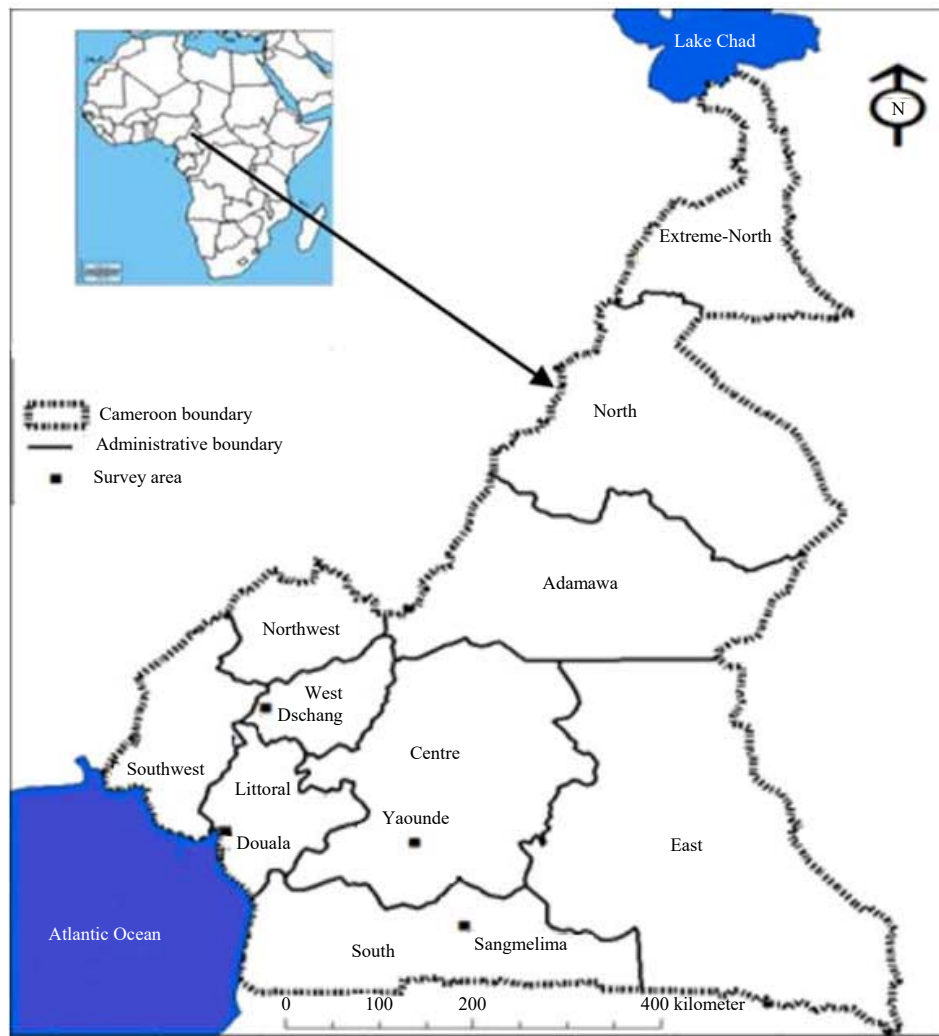


Fig. 1: Map of the study area<sup>11</sup>

$$U_{wc} = \frac{U_r \times N_p}{t \times N_c / W_{kg}}$$

Where:

$U_r$  : Amount of each active antimicrobial ingredient (milligrams)

$N_p$  : Number of used antimicrobial products

$t$  : Length of reporting period for that farm (weeks)

$N_c$  : Number of chicken present in the farm

$W$  : Weight of the chicken (kg)

**Data analysis:** Data were analyzed using a computer software SPSS version 20.0 for windows. Descriptive statistics (frequency, mean and percentages) was used to analyze the data. The AMU at the farm was categorized into low and high

usage based on a previous estimate ( $10.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) of Layers<sup>13</sup>. AMU less than  $10.6 \text{ mg kg}^{-1}$  was termed as low, while usage above this cut-off value was considered as high. Chi-square was used to present the relationship between variables. The value of  $p < 0.05$  was considered as significant.

## RESULTS

### Characteristics of farmers and chicken farming practices:

Table 1 shows the characteristics of farmers who participated in the present study. The poultry farmers in the four regions were mostly men. Male poultry farmers in the center were 85.71%, in the littoral were 100%, in the west were 93.33% and in the south region were 92 % and the total were 92.5%. Only 7.5% of the farmers were female. The majority of the farmers

Table 1: Chicken farming practices in four regions of Cameroon

Variables	Centre 35 (%)	Littoral 30 (%)	West 30 (%)	South 25 (%)	Total 120 (%)	$\chi^2$	p-value
-----Characteristics of farmers-----							
<b>Gender</b>							
Male	30 (85.71)	30 (100)	28 (93.33)	23 (92)	111 (92.5)	0.122	0.72
Female	5 (14.28)	-	2 (6.66)	2 (8)	9 (7.5)		
<b>Qualification in poultry farming</b>							
Formal training	15 (42.85)	15 (50)	13 (43.33)	5 (20)	48 (40)	67.200	0.000*
No formal training	20 (57.14)	15 (50)	17 (56.66)	20 (80)	72 (60)		
<b>Categorization of farms</b>							
Small (<1000 birds)	17 (48.57)	15 (50.00)	12 (40.00)	11 (44)	55 (45.83)	60.200	0.000*
Medium (1001-2000 birds)	14 (40.00)	15 (50.00)	10 (33.33)	9 (36)	48 (40)		
Large (>2000 birds)	4 (11.43)	-	8 (26.66)	5 (20)	17 (14.16)		
<b>Experience in poultry farming</b>							
0-3 years	24 (68.58)	14 (46.67)	23 (76.66)	15 (60.00)	76 (63.33)	133.780	0.000*
4-7 years	6 (17.14)	12 (40.00)	4 (13.33)	6 (24.00)	28 (23.23)		
8-11 years	5 (14.28)	4 (13.33)	3 (10.00)	4 (16.00)	16 (13.33)		
-----Chicken farming practices-----							
<b>Type of birds</b>							
Layers	27 (77.15)	28 (93.33)	25 (83.33)	10 (40)	90 (75)	6.800	0.52
broilers	5 (14.28)	1 (3.33)	3 (10.00)	9 (36)	18 (15)		
breeders	3 (8.57)	1 (3.33)	2 (6.67)	6 (24)	12 (10)		
<b>Antibiotics usage</b>							
Yes	31 (88.57)	30 (100)	27 (90.00)	15 (60)	103 (85.83)	3.800	0.000*
No	4 (13.33)	-	3 (10.00)	10 (40)	17 (14.16)		
<b>Sources of antibiotics</b>							
Markets	7 (20)	2 (6.66)	1 (13.33)	3 (12)	11 (9.16)	3.500	0.02*
veterinary shops	24 (68.58)	14 (46.67)	26 (86.66)	17 (68)	81 (67.5)		
Mobile sale men	4 (11.42)	14 (46.67)	3 (10.00)	5 (20)	26 (21.66)		
<b>Reasons for antibiotics usage</b>							
Prophylactic	2 (6.67)	-	4 (13.33)	7 (28)	13 (10.83)	4.880	0.000*
Therapeutic	2 (6.67)	-	-	8 (32)	10 (8.33)		
Therapeutic and prophylactic	31 (88.57)	30 (100)	26 (86.66)	10 (40)	97 (80.83)		
<b>Withdrawal period</b>							
0-3 days	21 (60.00)	29 (96.66)	20 (66.67)	20 (80)	90 (73.68)	67.910	0.69
3-7 days	9 (25.71)	-	6 (20.00)	-	15 (15.78)		
7-10 days	5 (14.28)	1 (3.33)	4 (13.33)	5 (20)	10 (10.52)		
<b>Type of litter</b>							
Wood shaving	30 (87.71)	28 (93.33)	30 (100)	22 (88)	110 (91.66)	0.000	0.13
Battery cage	5 (14.29)	2 (6.66)	-	3 (12)	10 (8.33)		
<b>Frequency of litter change</b>							
Monthly	19 (54.28)	20 (66.66)	30 (100)	25 (100)	94 (78.33)	5.870	0.24
Quarterly	7 (7.36)	5 (16.66)	-	-	12 (10)		
Every 4 months	5 (14.28)	5 (16.66)	-	-	10 (8.33)		
Every six months	4 (4.21)	-	-	-	4 (3.33)		

(72%) had no formal training on chicken production. The highest percentage of trained farmers (57.14%) were found in the center region. The farms were categorized in three groups depending on the number of birds in the farm, small size farm contains <1000 birds, medium farms contain 1001-2000 birds and large farms contain >2000 birds. Majority of the large farms (26.6%) were found in the West region. Concerning their experience in chicken farming, 76 (63.63%) farmers have more than three years of experience, center (68.58%) and the west (76.66%) regions exhibit high number of experienced farmers.

In 75% of the farms the layer was raised followed by broilers (18%). Majority of farmers (85.83%) used veterinary drugs and antibiotics to prevent disease outbreak in the

chicken farm with various reasons. Large number of farmers in the littoral (100%) and the west region (90%) used veterinary drugs and antibiotics. The mentioned reasons were therapeutic (2.10%), prophylactic (6.31%), both therapeutic and prophylactic (91.57%). These veterinary drugs were obtained from market (10.52%), from veterinary shops (67.36%) and from mobile sellers (22.10%). In 77.8% chicken farms, owners declared not knowing or applying withdrawal periods and not respecting doses. Only 10.52% chicken farms were respecting withdrawal periods. Wood shaving is the type of litter used by the majority of the farmers (92.63%), which was generally changed monthly by 69 (72.63%) farmers.



Table 2: Types of veterinary drugs used in farms surveyed regions of Cameroon (N = 120)

Class of veterinary drugs	Name of active substance	Regions			
		Centre	Littoral	West	South
		Farms using veterinary drug (%)	Farms using veterinary drug (%)	Farms using veterinary drug (%)	Farms using veterinary drug (%)
Aminoglycosides	Neomycin	2 (5.71)	1 (3.33)	-	-
	Streptomycin	1 (2.85)	-	-	-
Anthelmintic	Levamisole	10 (28.57)	8 (26.66)	10 (28.57)	10 (40)
Benzimidazoles	Albendazole	2 (5.71)	-	-	10 (40)
Diaminopyrimidines	Trimethoprim	3 (8.57)	1 (3.33)	1 (3.33)	-
Fluoroquinolones	Flumequine	2 (5.71)	-	-	-
	Norfloxacin	7 (20)	-	2 (6.66)	9 (36)
Ionophores	Amprolium	2 (5.71)	-	1 (3.33)	5 (20)
Lincosamides	Lincomycin	1 (2.85)	-	-	-
Macrolides	Erythromycin	2 (5.71)	-	-	-
	Tylosin	1 (2.85)	-	-	-
Nitrofurans	Furaltadone	5 (14.28)	2 (6.66)	2 (6.66)	3 (12)
Polymyxins	Colistin	4 (11.42)	1 (3.33)	3 (10)	3 (12)
Sulfonamides	Sulfadimidine	11 (31.42)	5 (16.66)	7 (23.33)	13 (52)
	Sulfadiazine	2 (5.71)	2 (6.66)	2 (6.66)	-
	Sulfaquinoxaline	-	-	1 (3.33)	-
Salicylanilides	Nicosamide	-	-	2 (6.66)	-
Systemic anthelmintic	Peperazine	2 (5.71)	-	-	-
Tetracyclines	Doxycycline	6 (17.14)	-	6 (20)	-
	Oxytetracycline	20 (57.14)	5 (16.66)	7 (23.33)	10 (40)
	Tetracycline	-	-	-	10 (40)

Statistical analysis using cross-tabulation was performed to verify the relationship between variables. The results revealed that characteristics of farmers has a significant association with qualifications, experience and the size of the farms. Antibiotics usage, source of antibiotics and reasons for usage also had significant association with the good farming practices.

**Consumption of veterinary drug in the four regions:** A total of 33 different veterinary products containing one or two active ingredients were used in the 120 farms visited at the time of survey (Table 2). The twenty-two active ingredients found in the different products were belonged to 14 veterinary drug classes. The higher number of veterinary drugs and antibiotics was used in the center region. Oxytetracycline from the tetracycline class of antibiotics was the most used (20 farms) active substance followed by sulfadimidine (11 farms) from polymyxins class of antibiotics and levamisole (10 farms) from the class of antihelmintic. In the littoral region the farmers mostly used levamisole (8 farms), sulfadimidine (5 farms) and oxytetracycline (5 farms). In the west region, levamisole was used by 10 farms, sulfadimidine and oxytetracycline by 7 farms and doxycycline by 6 farms. The farmers in the South region were using tetracyclines (Oxytetracycline), antihelmintic (levamisole) and benzimidazoles (albendazole) classes of veterinary drugs.

In the present study, the consumption of antimicrobials was presented as animal treatment days per year (ATD/Y) in Fig. 2. The values obtain varies from one region to another, these ATD were grouped in three classes 0-3, 3-6 and over 6. The consumption of antimicrobials was mostly 0-3 ATD for 14 farms in centre and the west region, whereas ATD was 3-6 for more than 20 farms in south region. An ATD/Y of 1 means that the animal was exposed to an antimicrobial for one day per year (ESVAC).

**Quantitative use of antibiotics:** It was observed that some antimicrobials had the highest average usage per chicken per week, norfloxacin (18.26 mg), neomycin (6.33 mg) lincomycin (6.15 mg), oxytetracycline (4.07 mg) were overdosed. Albendazole, amprolium, erythromycin, piperazine, sulfadimidine and streptomycin were used as recommended, flumequine (1.6 mg), streptomycin (1.8 mg), sulfaquinoxaline and tylosin were under dosed, while Florfenicol had the highest average usage per chicken per week (15 mg), followed by sulphadimidine, sulphathiazole (5 mg each), oxytetracycline (5 mg), colistin (4 mg) and ciprofloxacin (3 mg), while tylosin, (2 mg), gentamicin (2 mg), neomycin (2 mg), trimethoprim (1 mg) and streptomycin (1 mg) had the lowest usage (Table 3). The estimated weight of layers at 6 and 24 weeks of age was 2.5 and 1.8 kg, respectively. Data of antimicrobial consumption showed more usage in broilers.

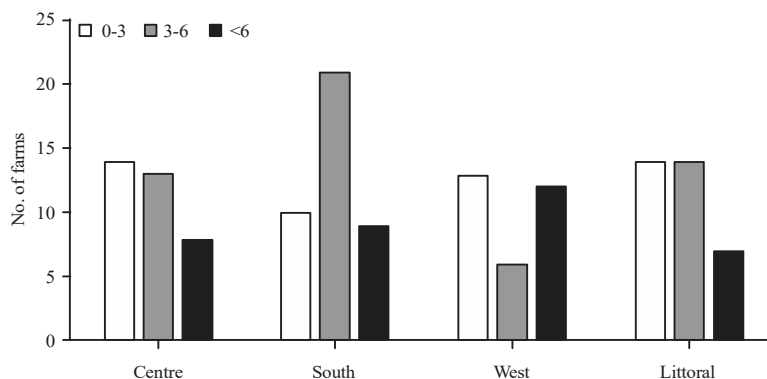


Fig. 2: Frequency distribution of ATD/Y per farm in the four Regions (N = 120)

Table 3: Quantitative usage of antibiotics on the 120 farms surveyed

Antimicrobials	Regions				Total used in mg/kg/week
	Centre	Littoral	West	South	
	Average antimicrobial usage				
Colistin	2.20	0.80	0.23	0.18	3.41
Doxycycline	0.25	0.37	0.11	0.09	0.82
Erythromycin	0.80	0.54	0.20	1.18	2.72
Flumequine	0.12	1.30	0.18	0.05	1.65
Furaltadone	1.40	0.90	0.28	0.22	2.80
Vancomycin	4.00	0.51	0.74	0.90	6.15
Neomycin	1.70	3.33	0.10	1.20	6.33
Norfloxacin	3.60	6.66	2.00	0.60	18.26
Oxytetracycline	1.90	1.40	0.43	0.34	4.07
Streptomycin	0.70	0.40	0.60	0.10	1.80
Sulfadiazine	2.20	0.15	0.04	0.03	2.42
Sulfadimidin	0.90	0.15	0.07	0.03	1.15
Sulfaquinoxaline	0.20	3.30	0.02	0.60	4.12

## DISCUSSION

The present study was conducted to investigate the link between the use of veterinary drugs in poultry farming and the occurrence of antimicrobial resistance. Concerning chicken farmers characteristics, the farmers surveyed were mostly men 87 (92.5%) on the three regions, with no formal training in chicken production (54.73%) and 64.21% of farmers have more than three years of experience in poultry farming. Previous studies reported similar results, as men have more potential to invest in farming. Geta and Mulugeta<sup>14</sup> in Ethiopia showed that majority of the participants were male (86.8%), married (61.5%) and at the age of 31-45 years (41.8%). For chicken farming practices, the type of birds are layer in 84.21% of the farms. In Nepal, Lambrou *et al.*<sup>15</sup> reported that most of the respondents included in the study were male (68%) and completed at least secondary education (65%). Majority of poultry producers raised layers (66%) as compared to broilers (33%) or both layers and broilers (1%). All the farmers (88.57%) were using veterinary drugs to prevent disease outbreak in

the chicken farm with various reasons, the mentioned reasons were therapeutic (2.10%), prophylactic (6.31%), both therapeutic and prophylactic (91.57%). Amongst these veterinary drugs used, some originated from market (10.52%), from veterinary shops (67.36%) and from mobile sellers (22.10%). In 77.8 % farms, owners were not following accurate dosage and withdrawal periods. Only 10.52 % were concerned about it. Wood shaving was used as liter by 92.63% farmers and it was changed on monthly basis by 72.63% farmers. The antibiotics were commonly used as veterinary drug, previous studies conducted in Cameroon<sup>1,8</sup> and in other countries<sup>16-20</sup> showed the high usage of veterinary antibiotics in poultry farming. Sirdar *et al.*<sup>18</sup> reported that drugs should be administered orally in drinking water. The use of veterinary drugs in poultry feed lead to the occurrence of antimicrobial resistance. Inappropriate use of antibiotic in animal production has serious consequences for public health and the environment<sup>21</sup>, particularly in low- and middle-income countries (LMICs) such as Cameroon. A number of other studies have estimated antibiotic use and resistance in

livestock. Due to lowcost and ease of availability, gentamicin and tetracycline were the most commonly used antibiotics by farmers<sup>18</sup>. Misuse of quinolones particularly ciprofloxacin and its resistance in animals is of great concern as it is one of the essential medicines listed for humans.

Present study showed that tetracyclines, sulfonamides, fluoroquinolones and nitrofurans were commonly used antibiotics by farmers. Kamini *et al.*<sup>8</sup> reported the use of fluoroquinolones, sulfonamides and tetracyclines in 57.1, 53.1 and 46.9% of chicken farms, respectively, in Yaoundé, Cameroon. Nonga *et al.*<sup>17</sup>, reported the use of tetracycline and sulfonamides in 90 and 85% of poultry farms respectively in Tanzania. Ogunleye *et al.*<sup>22</sup>, in Nigeria, reported high usage of fluoroquinolones in poultry farms against 48.9 and 12.2% in chicken farms in the present study. However, the qualitative estimate of veterinary drug usage was different from the quantitative estimate. In fact, lincosamides was the most commonly used antibiotic in quantitative terms, followed by polymyxins, nitrofurans and tetracyclines. Kamini *et al.*<sup>8</sup> reported that in Yaoundé, qualitative estimate of antibiotic usage was different from the quantitative estimate. The difference between quantitative and qualitative estimates was mainly due to the differences in doses and concentrations of active ingredients<sup>12</sup>. In agreement with current results a previous study<sup>23</sup> reported that farmers in many countries use their prior experience and can easily obtain antibiotics without a prescription to reduce the cost of veterinary services. According to an Indian study, only one-third of farmers seek the assistance of a veterinarian to reduce veterinary costs<sup>24</sup>. Although, a number of measures have recently been implemented to limit antibiotic use in human medicine in order to combat antibiotic resistance, but their implementation in the field of animal health is moving slowly and insufficiently. As a result, animal farm owners can still easily obtain antibiotics from veterinary clinics without prescription. In fact a great proportion of farms relied on veterinarians for prescription (96.3%) and they are not applying withdrawal period. The withdrawal period is very important because it can reduce the residues in chicken meat and thus protect the consumers. In fact the improper or illegal use of veterinary drugs is the most likely reason for drug residues in the chicken meat tissues and eggs. Darko *et al.*<sup>7</sup> in Ghana and Wadoum *et al.*<sup>1</sup> in the West Region of Cameroon reported the presence of antibiotic residues in chicken tissues and eggs. According to regulation and guidelines, antimicrobials, should only be used to treat infection, respecting the dose, the length of treatment and withdrawal period (Commission Notice 2015/C299/04). Thus some veterinary drugs particularly antibiotics were used in

absence of clinical disease probably to prevent infections and/or for growth promotion. Such usages could be linked to development of antimicrobial resistance. Previous studies reported that the use of antimicrobial apart from the treatment of a disease has been linked to development of antimicrobial resistance<sup>1,25,26</sup>. It has been reported that the administration of drugs via drinking water or medicated feed (both cases in the present study) lead to imprecise dosing and potentially increase the risk for veterinary drug resistance<sup>27</sup>. To fight against the development of drug resistance, the use of antimicrobials as growth promoters was banned by several jurisdictions such as European Union<sup>28</sup>. Amongst veterinary drugs recorded in the present study some (fluoroquinolones, colistin) are considered as critically important or highly important (albendazole, sulfadimidine, sulfadiazine, sulfaquinoxaline, doxycycline, oxytetracycline) or important (lincomycin) for human medicine by World Health Organization. The use of banned substances such as nitrofurans (13.2% in quantitative terms) is still of great concern. A study before the avian influenza also reported the use of nitrofurans but in lower proportion (7%) in terms of quantitative usage<sup>8</sup>. The use of Nitrofurans have been banned in food-producing animals since 1991 in the United States and 1995 in the EU because of concerns over the carcinogenicity of these compounds (Council Regulation 1442/95).

This study highlighted a high level of antimicrobial usage ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) per week across all the categories of farms that raised broilers and layers in the study area. Results showed that farmers in the study area administer  $421.5 \text{ mg}$  ( $28.1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) per chicken of antimicrobial agents for a 6 weeks.

In Mekong Delta of Vietnam, usage of antimicrobial agents is even higher than  $158.2 \text{ mg}$  per chicken to produce one broiler<sup>13</sup>. The high usage observed in this study could be linked to real or perceived higher prevalence of disease, the lack of government restriction and control on antimicrobial usage and inappropriate adherence to dosing intervals<sup>1</sup>. Qualitative studies conducted else where in Nigeria and in Uganda, using questionnaire surveys, have reported a high usage of antimicrobials in poultry farms<sup>20</sup>.

Broiler farms used higher amount of antimicrobials compared to layer farms. The high usage in broilers may be attributed to the common practice of administering antimicrobials and vitamins at the beginning of production cycle. This outcome was surprising and could be due to the fact that most backyard farms do not have consulting veterinarians, lack of technical ability to administer antimicrobials correctly, lower loss tolerance capacity or a higher perception of risk of disease by house hold

farmowners<sup>13</sup>. In Cameroon, national action plan on antimicrobial resistance showed systematic misuse and over use of antibiotics in livestock production system putting local, national and global communities at risk.

The present study revealed that use of veterinary drugs in chicken farming is still a serious threat to public health in Cameroon and that it is necessary to take and implement preventive actions. The safety of foods can be achieved by the implementation of appropriate rules applied from primary production to retail and requires the participation of all stakeholders involved<sup>29</sup>. Improper administration of veterinary drugs by farmers and lack of suitable legislation are the key factors promoting misuse of drugs. Training of farmers on biosecurity measures, a more efficient use of drugs and improvement in existing veterinary law would be effective strategies to restrict misuse of antimicrobial active substances. Therefore, the use of veterinary drugs could be reduced by the implementation of biosecurity measures<sup>30</sup>.

### CONCLUSION

The present study showed that, few months after the avian influenza, the use of veterinary drugs in chicken farming in the Centre, Littoral and West Regions of Cameroon is still problematic. In addition, all factors favouring the occurrence of consumer hazards and veterinary drug resistance were met: withdrawal periods were not applied by the majority of farmers, several veterinary drugs and antimicrobials were used in the absence of clinical disease, dosage of veterinary drugs in many cases was not according to the indications for the product. It is urgent and necessary not only to improve existing veterinary legislations, set up a monitoring system but also to trainee and educate farmers on alternative methods for disease management such as vaccination associated to biosecurity measures implementation, which could decrease the use of veterinary drugs, educate veterinary drug sellers and improve public awareness. Quantitative data on antimicrobial usage on farms should ideally be complemented with surveillance of antimicrobial resistance of selected bacterial species in farmed animals, food and humans. This should allow accurate monitoring of potential reductions in use and resistance in animal production as well as in humans.

### ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to express their gratitude to farmers for their cooperation and support. The authors also thank Mr. Guy Albert NGOUFACK, a Zootechnician, for his assistance during the conduct of this study.

### REFERENCES

1. Wadoum, R.E.G., N.F. Zambou, F.F. Anyangwe, J.R. Njimou and M.M. Coman *et al.*, 2016. Abusive use of antibiotics in poultry farming in Cameroon and the public health implications. *Br. Poult. Sci.*, 57: 483-493.
2. Aral, Y., E. Aydin, P. Demir, A.C. Akin, Y. Cevger, Ç.Y.K. Kuyulu and M.S. Arikan, 2013. Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara Province, Turkey. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 37: 582-587.
3. Singla, L.D. and S.K. Gupta, 2012. Advances in Diagnosis of Coccidiosis in Poultry. In: *Veterinary Diagnostics: Current Trends*. Gupta, R.P., S.R. Garg, V. Nehra D. and Lather (Eds.). Satish Serial Publishing House, Delhi, pp: 615-628.
4. Goetting, V., K.A. Lee and L.A. Tell, 2011. Pharmacokinetics of veterinary drugs in laying hens and residues in eggs: A review of the literature. *J. Vet. Pharmacol. Ther.*, 34: 521-556.
5. Hakimzadegan, M., M.K. Khosroshahi and S.H. Nasab, 2014. Monitoring of antibiotic residue in chicken eggs in tabriz city by FPT. *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.*, 2: 132-140.
6. Offiah, N.V. and A.A. Adesiyun, 2015. Detection of antimicrobial residues in chicken muscle and liver sold at retail outlets in trinidad. *Int. J. Poult. Sci.*, 14: 456-462.
7. Darko, G., J.K. Mensah, S.S. Dapaah and J. Odei, 2015. Estimated dietary exposure to veterinary residues in chicken and eggs. *Int. J. Food Contam.*, Vol. 2. 10.1186/s40550-015-0022-2
8. Kamini, M.G., F.T. Keutchatang, H.Y. Mafo, G. Kansci and G.M. Nama, 2016. Antimicrobial usage in the chicken farming in Yaoundé, Cameroon: A cross-sectional study. *Int. J. Food Contam.*, Vol. 3. 10.1186/s40550-016-0034-6
9. Wade, A., T. Taïga, M.A. Fouda, A. MaiMoussa and F.K.J. Marc *et al.*, 2018. Highly pathogenic avian influenza A/H5N1 Clade 2.3.2.1c virus in poultry in Cameroon, 2016–2017. *Avian Pathol.*, 47: 559-575.
10. National Institute of Statistics, Cameroon, 2015. Population and Housing Census of Cameroon. Cameroon Data Portal. <https://cameroon.opendataforafrica.org/rfdefze/census-data>
11. Ntsama, I.S.B., B.A. Tambe, J.J.T. Takadong, G.M. Nama and G. Kansci, 2018. Characteristics of fish farming practices and agrochemicals usage therein in four regions of Cameroon. *Egypt. J. Aquat. Res.*, 44: 145-153.
12. Carrique-Mas, J.J., N.V. Trung, N.T. Hoa, H.H. Mai and T.H. Thanh *et al.*, 2014. Antimicrobial usage in chicken production in the Mekong Delta of Vietnam. *Zoonoses Public Health*, 62: 70-78.
13. NAFDAC, 2017. Veterinary Medicine and Allied Products (VMAP). <https://www.nafdac.gov.ng/about-nafdac/nafdac-organisation/directorates/%20veterinary-medicine-and-allied-products/>

14. Geta, K. and M. Kibret, 2021. Knowledge, attitudes and practices of animal farm owners/workers on antibiotic use and resistance in Amhara Region, North Western Ethiopia. *Sci. Rep.*, Vol. 11. 10.1038/s41598-021-00617-8.
15. Lambrou, A.S., G.K. Innes, L. O'Sullivan, H. Luitel, R.K. Bhattarai, H.B. Basnet and C.D. Heaney, 2021. Policy implications for awareness gaps in antimicrobial resistance (AMR) and antimicrobial use among commercial Nepalese poultry producers. *Global Health Res. Policy*, Vol. 6. 10.1186/s41256-021-00187-2.
16. Turkson, P., 2009. Use of drugs and antibiotics in poultry production in Ghana. *Ghana J. Agric. Sci.*, Vol. 41. 10.4314/gjas.v41i1.46142
17. Nonga, H.E., M. Mariki, E.D. Karimuribo and R.H. Mdegela, 2009. Assessment of antimicrobial usage and antimicrobial residues in broiler chickens in Morogoro Municipality, Tanzania. *Pak. J. Nutr.*, 8: 203-207.
18. Sirdar, M.M., J. Picard, S. Bisschop and B. Gummow, 2012. A questionnaire survey of poultry layer farmers in Khartoum state, Sudan, to study their antimicrobial awareness and usage patterns. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, Vol. 79. 10.4102/ojvr.v79i1.361.
19. Oluwasile, B.B., M. Agbaje, O.E. Ojo and M.A. Dipeolu, 2014. Antibiotic usage pattern in selected poultry farms in Ogun state. *Sokoto J. Vet. Sci.*, 12: 45-50.
20. Bashahun, G.M.D. and A.T. Odoch, 2015. Assessment of antibiotic usage in intensive poultry farms in Wakiso District, Uganda. *Livest. Res. Rural Dev.*, Vol. 27.
21. Bhushan, C., A. Khurana, R. Sinha and M. Nagaraju, 2017. Antibiotic Resistance in Poultry Environment: Spread of Resistance from Poultry Farm to Agricultural Field, Centre for Science and Environment. Centre for Science and Environment, New Delhi, Page: 35.
22. Ogunleye, A.O., M.A. Oyekunle and A.O. Sonibare, 2008. Multidrug resistant *Escherichia coli* isolates of poultry origin in Abeokuta, South Western Nigeria. *Vet. Arhiv.*, 78: 501-509.
23. Chauhan, A.S., M.S. George, P. Chatterjee, J. Lindahl, D. Grace and M. Kakkar, 2018. The social biography of antibiotic use in smallholder dairy farms in India. *Antimicrob. Resist. Infect. Control*, Vol. 7. 10.1186/s13756-018-0354-9.
24. Redding, L.E., F.K. Barg, G. Smith, D.T. Galligan, M.Z. Levy and S. Hennessy, 2013. The role of veterinarians and feed-store vendors in the prescription and use of antibiotics on small dairy farms in rural Peru. *J. Dairy Sci.*, 96: 7349-7354.
25. Levy, S.B. and B. Marshall, 2004. Antibacterial resistance worldwide: Causes, challenges and responses. *Nat. Med.*, 10: S122-S129.
26. Ngoune, L., K. Tanedjeu and C. Mbofung, 2009. Impact de l'utilisation des antibiotiques sur la sensibilité des bactéries pathogènes de poules dans la ville de Ngaoundéré. *Cameroon J. Exp. Biol.*, Vol. 5. 10.4314/cajeb.v5i2.51937.
27. Love, D.C., M.F. Davis, A. Bassett, A. Gunther and K.E. Nachman, 2011. Dose imprecision and resistance: Free-choice medicated feeds in industrial food animal production in the United States. *Environ. Health Perspect.*, 119: 279-283.
28. European Union, 2005. Ban on antibiotics as growth promoters in animal feed enters into effect. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/1687&type=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>.
29. Codex Alimentarius 2014. Guidelines for the design and implementation of national regulatory food safety assurance programme associated with the use of veterinary drugs in food producing animals. CAC/GL 71-2009. Codex Alimentarius International Food Standards. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/en>
30. Boklund, A., L. Alban, S. Mortensen and H. Houe, 2004. Biosecurity in 116 Danish fattening swineherds: Descriptive results and factor analysis. *Preventive Vet. Med.*, 66: 49-62.

## Research Article

# Occurrence of Total Aflatoxins, Aflatoxin B<sub>1</sub>, and Ochratoxin A in Chicken and Eggs in Some Cameroon Urban Areas and Population Dietary Exposure

Fabrice De Paul Tatfo Keutchatang,<sup>1,2</sup> Alex K. Tchuenchieu <sup>1,3</sup> Evelyne Nguegwouo,<sup>1</sup> Hippolyte Tene Mouafo <sup>1</sup> Isabelle Sandrine Bouelet Ntsama,<sup>4</sup> Germain Kansci,<sup>2</sup> and Gabriel Nama Medoua <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre for Food and Nutrition Research, Institute of Medical Research and Medicinal Plants Studies, P.O. Box 6163, Yaoundé, Cameroon

<sup>2</sup>Department of Biochemistry, Laboratory of Food Science and Metabolism, Faculty of Sciences, University of Yaoundé I, P.O. Box 812, Yaoundé, Cameroon

<sup>3</sup>Food Evolution Research Laboratory, School of Tourism and Hospitality, College of Business and Economics, University of Johannesburg, Johannesburg 2000, South Africa

<sup>4</sup>Advanced Teacher's Training College for Technical Education, University of Douala, P.O. Box 1872, Douala, Cameroon

Correspondence should be addressed to Gabriel Nama Medoua; [gmedoua@yahoo.fr](mailto:gmedoua@yahoo.fr)

Received 21 January 2021; Revised 24 February 2022; Accepted 27 May 2022; Published 11 June 2022

Academic Editor: Orish Eberé Orisakwe

Copyright © 2022 Fabrice De Paul Tatfo Keutchatang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Consumption of chicken and eggs contaminated by mycotoxins could lead to a public health concern. This study was conducted to evaluate the dietary exposure of populations to aflatoxins (AFs) and ochratoxin A (OTA) through these poultry products in the three most urbanized regions of Cameroon (Centre, Littoral, and West). A survey was firstly carried out to know about the consumption frequency by the different population age groups as well as their awareness about mycotoxins. Chicken feed, broiler, and eggs were collected from modern poultry farms. AFs and OTA were analysed using the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and dietary exposure was evaluated using a deterministic approach. From the 900 households questioned, a daily consumption frequency of chicken and eggs was the most reported (41% and 69%, respectively), with populations having a very weak knowledge of mycotoxins and their associated health risk (18%). Mean concentrations of AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA in poultry tissues were below the established regulated limits (20 µg/kg for AFs, 10 µg/kg for AFB<sub>1</sub>, and 5 µg/kg for OTA) in feeds. These toxins were detected at average concentrations of 1800 and 966.7 ng/kg for AFs in chicken muscle and egg, respectively, and 1400 and 1933.3 ng/kg for OTA in muscle and egg, respectively. Based on the survey, their estimated daily intakes through these poultry products tended to be lower than the limits 1 and 100 ng/kg bw/day for AFB<sub>1</sub> and OTA, respectively). The margins of exposure (MOE) of the different population age groups to AFB<sub>1</sub> and OTA obtained suggest that the public health concern associated with the presence of mycotoxins in poultry products shall not be underestimated.

## 1. Introduction

Poultres such as chicken are important sources of protein and other nutrients for human nutrition [1]. Chicken is easy to rear [2], available at low prices, and consumed by billions of people including those who live in low-income countries [3] such as Cameroon. In 2018, 69 billions of chickens were killed and processed for meat around the world [4]. The

poultry sector is a growing industry that accounts for about 33% of the global meat consumption and is expected to increase at 2-3% per year in the world [5]. In Cameroon, it has been estimated to share 42% of the market with a per capita consumption of 5.6 kg of chicken and 52 eggs annually [2]. Poultry feed generally consists of agricultural products such as maize, groundnuts, and wheat that may be contaminated by mycotoxins. Several studies reported the

poisoning of humans and animals caused by feed and food contaminated by mycotoxins [6–9]. These mycotoxins have been described as carcinogenic, nephrotoxic, hepatotoxic, teratogenic, and immunotoxic to humans and several other species of animals [10]. They are a group of secondary metabolites produced by fungi belonging to three genera (*Aspergillus*, *Penicillium*, and *Fusarium*) which can produce more than 500 toxins. Amongst these mycotoxins, some like aflatoxins and ochratoxin A exhibit pathogenic characteristics [8, 9]. They are nowadays considered as a worldwide concern by the WHO and FAO. In suitable conditions, fungal growth in animal feed is inevitable (especially during storage). The use of contaminated feed in the poultry sector is a source of cross-contamination for humans. Human exposure to these mycotoxins is generally more important through plant food than animal food, but regular consumption of animal products even if containing low mycotoxins levels may lead to health problems. In Cameroon, previous studies reported the contamination of chicken feed by mycotoxins [11, 12] and their occurrence in gizzard, chicken muscle, and eggs [13, 14]. However, to the best of our knowledge, no study has been carried out to assess the dietary exposure that could be associated with the presence of these toxins in chicken and eggs which are frequently consumed. The present study was designed to assess the occurrence of total aflatoxins, aflatoxin B<sub>1</sub>, and ochratoxin A in chicken and eggs and the associated health risk for the different population age groups.

## 2. Materials and Methods

**2.1. Study Design and Survey Data Collection.** A survey on chicken and eggs consumption and population awareness about mycotoxins was firstly carried out. This was a cross-sectional, multistage cluster study conducted in three regions of Cameroon (Centre, Littoral, and West). Figure 1 presents the distribution of the study clusters. Thirty clusters were selected in each region using a random start point and systematic selection of adjacent households, each cluster representing 10 households. A total of 900 voluntary households took part in this survey, with as inclusive criteria a minimum of 2 years of settlement of the concerned family in the area. The household respondents should also have at least 18 years old. The questionnaire was drafted (and validated in 20 households) to collect information regarding people living in the house (age, weight), their chicken and egg consumption frequency as well as quantity, and their knowledge of fungi and mycotoxins. Chicken and egg consumption frequency and quantities were assessed by asking participants how many times in the week, month, or year they had consumed chicken or eggs and the number of eggs or parts of the chicken generally eaten by each member of the household. An estimation of the corresponding weight could therefore be made by removing the bias associated with the presence of the bones in the chicken part (averagely 71.1% of a part) and eggshells (averagely 12.8% of an egg) that are not eaten. Wearing minimal clothes, the elderly, adults, teenagers, and children of each household were

weighed to the nearest 10 g with an electronic scale (Seca, Hamburg, Germany).

**2.2. Sample Collection.** Fifteen samples of chicken feed, 48 live market-ready broilers, and 180 fresh layer eggs were randomly collected as described by Akinmusire et al. [15] for feed samples and Thrusfield [16] for other samples. Indeed, sampling was conducted in 6 different poultry farms (2 per region) for broilers, 6 other layer farms (2 per region) for chicken eggs, and 12 poultry farms (the previous 6 for broilers and 6 for layers) and in 3 commercial structures for chicken feeds (local and imported feed). The samples collected were brought to the laboratory for treatments and analyses.

**2.3. Sample Treatments.** Feed samples were ground with a blender (Black & Decker®; England), weighed in several aliquots of 5 g using a scale (Mettler Tolero, USA), and stored in sterile plastic bags at –20 C until analysis (maximum 1 week). Chicken samples were slaughtered, and their carcasses were scalded using hot water at  $100 \pm 2$  C. The skeletal muscle, as well as the skin and liver of each broiler, were removed with a knife. The most consumed parts such as the muscle and the liver were taken from each broiler to make a bulk sample of each part for a broiler farm. Each bulk sample was ground separately and thoroughly mixed to give representative samples. Ground bulk samples were weighed in several aliquots of 5 g and stored at –80 C until analysis. Eggs samples were washed with distilled water, broken, homogenized, weighed in several aliquots of 5 g, and also stored at –80 C until analysis.

**2.4. Mycotoxin Determination.** Total aflatoxins (AFs), aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), and ochratoxin A (OTA) concentrations in the samples were determined using quantitative ELISA (enzyme-linked immune sorbent assay) kits (CAT. No. 1030, 1034 and 1036, BIOO Scientific Corp., MaxSignal®, Bursleson Road Austin, TX 78744 USA). Samples (5 g of chicken feed, 2 g of ground bulk chicken tissue, or 2 g of egg) were mixed with 25 mL of 70% methanol (HPLC grade Merck) in 50 mL falcon tubes for 10 min on a vortex, followed by centrifugation at 4,000 ×g for 10 min using the Rotofix 32 A, centrifuge (Germany). Then, 100 μL of the supernatant was collected and diluted with 700 μL of a mixture of methanol (HPLC grade, Merck). The mixture was used for total AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA analyses following the kit manufacturer's instructions. Their concentrations were inversely proportional to the colour intensity established using an automated microplate reader (EL × 800, BIOTEK, Instruments Inc., Winooski, VT, United States) at 450 nm and were estimated based on a calibration curve plotted before. The analytical test was evaluated using the internal quality control (IQC) approach and validated before usage. Five different IQCs were chosen to monitor the analytical sequence: calibration, blanks, midrange standard, spiked standard solution, certified references material, and duplicates. When acceptance criteria

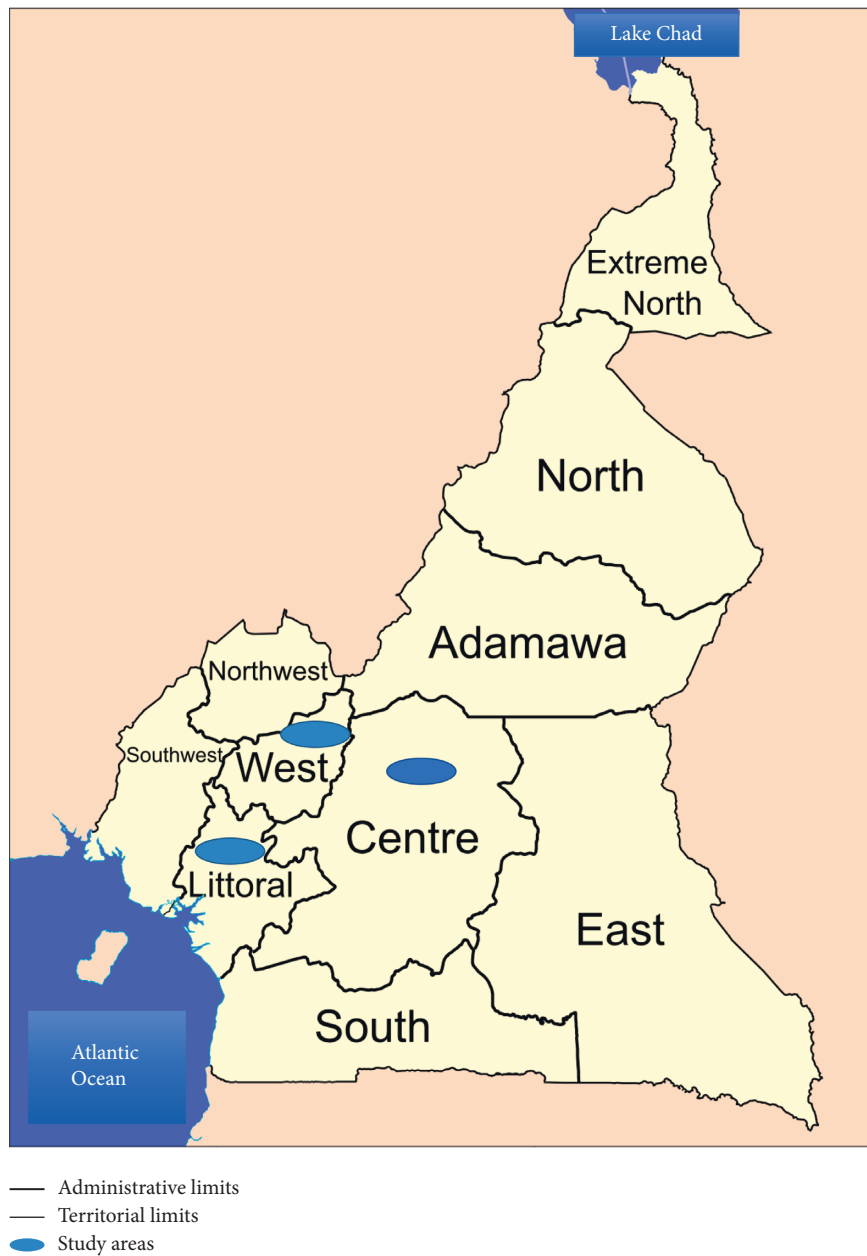


FIGURE 1: Map of Cameroon and its 10 regions with the pointed out 03 selected study areas.

were not met for a sample, results were discarded, and the sample was reanalysed. The limit of detection (LOD) of the analysed samples varied between 0.06–0.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for AFs and 0.3–0.6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for OTA, while the limit of quantification (LOQ) was in the range 0.2–1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for AFs and 1–2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for OTA. Samples with values below the limit of quantification (LOQ) were recorded as containing not detectable.

**2.5. Dietary Exposure Assessment.** A deterministic approach was used to calculate dietary exposure to AFT, AFB<sub>1</sub>, and OTA [17]. Amongst aflatoxins, AFB<sub>1</sub> is the most dangerous and is known with OTA to be heat stable at 160°C and 180°C, respectively [18]. Their intakes were determined by considering the mean concentrations of mycotoxins and the min, mean, max, and 95th percentile of



TABLE 1: Descriptive statistics of data collected from the households' survey in the selected Cameroon urbanized areas ( $N=900$ ).

Variable	Total population	Centre	Littoral	West	
<i>HH composition</i>					
HH respondents	Female ( $n$ (%))	552 (61.3)	210 (70.0)	186 (62.0)	156 (52.0)
	Male ( $n$ (%))	348 (38.7)	90 (30.0)	114 (38.0)	144 (48.0)
Total people, $n$	4705	1565	1582	1558	
Children, 4–12 y ( $n$ (%))	1293 (27.5)	470 (30.0)	410 (25.9)	413 (25.5)	
Teenagers, 13–19 y ( $n$ (%))	1766 (37.5)	520 (33.2)	610 (38.6)	636 (40.8)	
Adult, 20–59 y ( $n$ (%))	1311 (27.9)	475 (30.4)	422 (26.7)	414 (26.7)	
Elderly, $\geq 60$ y ( $n$ (%))	335 (7.1)	100 (6.4)	140 (8.8)	95 (6.0)	
<i>Education level of HH respondents (%)</i>					
No schooling	4.7	4.0	2.0	8.0	
Primary	13.7	21.0	2.0	18.0	
Secondary	34.3	34.0	54.0	15.0	
University	47.3	41.0	42.0	59.0	
<i>HH respondents' knowledge (%)</i>					
Fungal contamination	95.7	96.0	98.0	93.0	
Mycotoxin contamination	23.0	6.0	11.0	52.0	
Health risks associated with fungal contamination	18.0	23.0	2.0	29.0	
<i>HH chicken consumption frequency (%)</i>					
Daily	41.0	45.0	36.0	42.0	
Weekly <sup>c</sup>	13.7	15.0	12.0	14.0	
Monthly <sup>d</sup>	30.0	25.0	34.0	31.0	
Annually <sup>e</sup>	16.3	15.0	18.0	13.0	
<i>HH egg consumption frequency (%)</i>					
Daily	69.0	65.0	70.0	72.0	
Weekly <sup>c</sup>	17.0	18.0	17.0	16.0	
Monthly <sup>d</sup>	9.3	12.0	8.0	8.0	
Annually <sup>e</sup>	4.7	5.0	5.0	4.0	

HH: households; <sup>c</sup>just once/week; <sup>d</sup>at least once/ month; <sup>e</sup>at least once/year.

the collected chicken and egg consumption. The following equation was used:

daily dietary exposure to AFT or AFB<sub>1</sub> or OTA =

$$\frac{\text{amount of chicken or eggs daily consumed for each individual group (g/day)} \times \text{AFB}_1 \text{ or OTA concentration } (\mu\text{g/kg})}{\text{body weight (kg)}} \quad (1)$$

The risk was majored as we assumed that the mycotoxins are not destroyed during the cooking process. To estimate the daily dietary exposure, the average body weights of children, teenagers, adults, and elderly people were considered as well as the quantity of chicken and eggs daily consumed. The margins of exposures (MOEs) to the studied mycotoxins were calculated as a ratio of the benchmark dose low limit 10% lower bound (BMDL<sub>10</sub>) of the toxin and the estimated toxin intake divided by 1000 [19, 20]. The BMDL<sub>10</sub> represents the lowest dose with a 95% certainty of not leading to a 10% increase in cancer incidence in rodents and was fixed at 400 ng/kg bw/day and 17.86 ng/kg bw/day for AFB<sub>1</sub> and OTA, respectively [20–23]. Dietary intake from chicken was

calculated using the average concentration of AFT, AFB<sub>1</sub>, and OTA obtained in the muscle and the liver.

**2.6. Data Analysis.** Data obtained from survey and mycotoxin analysis were compiled in a database system using Microsoft Excel software. Descriptive statistics were performed to summarize data as the mean  $\pm$  standard deviation (SD) for continuous variables and percentages for categorical variables. The Pearson correlation coefficient was used to evaluate the relationship between the tested variables using SPSS 20.0. Variables with  $p < 0.05$  were considered significant at 95% confident interval (CI).

TABLE 2: Body weight and global amounts of chicken and eggs consumed as per age groups among the studied population of the selected Cameroon urbanized areas.

Household member	Corresponding age category (years old)	Body weight (kg)	Global amount consumed for the three regions (g/day)											
			Chicken						Eggs					
			Mean	Min	Max	P75	P90	P95	Mean	Min	Max	P75	P90	P95
Children	4–12	25.2 ± 5.2	12.5	0.07	60.1	10.5	58.4	60.1	15.5	0.09	69.2	21.8	56.1	69.2
Teenagers	13–20	56.3 ± 6.0	37.6	0.2	195.1	42.8	158.2	195.1	48	0.09	671.3	16.6	65.6	671.3
Adults	21–59	71.4 ± 10.2	27.3	0.1	158	31.6	109.5	158.0	17.8	0.09	97.4	23.1	67.1	97.4
Elderly people	≥60	76.9 ± 7.7	85.9	0.4	628.7	34.4	524.0	628.7	26.1	0.09	100.2	51.3	99.2	100.2

TABLE 3: Mycotoxin levels in samples of chicken feed, chicken tissues, and eggs collected at Cameroon urbanized areas.

Mycotoxins	Concentration ( $\eta$ g/kg)	Samples*					
		LBBF	LBLF	IBLF	BBM	BBL	BLE
Total aflatoxins	Min	3900	3500	6900	1400	1800	700
	Mean ± SD	10300 ± 8242	6933.3 ± 4944	8233.3 ± 1258.3	1800 ± 200	1966.7 ± 208.2	966.7 ± 152.8
	Max	19700	12600	9400	2200	2500	1900
	P75	19700	12600	9400	2200	2500	1900
	P95	19700	12600	9400	2200	2500	1900
Aflatoxin B <sub>1</sub>	Min	3700	2700	3300	1000	700	800
	Mean ± SD	8200 ± 1200	5833.3 ± 4827.4	3600 ± 264.6	1233.3 ± 321.5	1033.3 ± 230.9	933.3 ± 57.7
	Max	19300	11400	3800	2000	1200	1100
	P75	19300	11400	3800	2000	1200	1100
	P95	19300	11400	3800	2000	1200	1100
Ochratoxin A	Min	800	800	1900	800	1000	1400
	Mean ± SD	1000 ± 173.2	933.3 ± 152.8	2233.3 ± 288.7	1400 ± 173.2	2266.7 ± 1000	1933.3 ± 208.2
	Max	1100	1000	2400	1700	4900	2000
	P75	1100	1000	2400	1700	4900	2000
	P95	1100	1000	2400	1700	4900	2000

\*LBBF: local bulk broiler feed; LBLF: local bulk layer feed; IBLF: imported bulk layer feed; BBM: broiler bulk muscle; BBL: broiler bulk liver; BLE: bulk layer egg.

### 3. Results and Discussion

**3.1. Chicken and Egg Consumption and Consumers' Knowledge about Mycotoxins.** Amongst the 900 household respondents, 61.3% respondents were women and 38.7% were men (Table 1). Their level of studies mainly ranged from primary (13.7%) to university (47.3%), 34.3% having a secondary school level. The Centre region registered the highest percentage of respondents with just a primary level of study (21%), the Littoral region, the highest percentage of respondents who had secondary level of study (54%), and the West region, the highest percentage of those with a university level of study (59%). Up to 95.7% of the total population studied had a general knowledge of moulds, but 77.0% of the population did not know that mould contamination may imply the presence of mycotoxins. Respondents from the Littoral region were more informed about fungal contamination (98%) but were less aware of the associated health risks (2%). On the contrary, the respondents in the West region were less aware of fungal contamination (93%) but more aware about the associated health risks (29%). Only 18.0% of all the 900 respondents affirmed that health risk could be

linked to fungal contamination. A similar percentage (12%) was reported by Nguégwou et al. in 2018 [24] when questioning 100 persons living in the Centre region (Yaoundé) about their knowledge of moulds and mycotoxins. A significant correlation between the education level and this knowledge was noticed ( $p < 0.05$ ). This survey globally revealed a daily consumption of chicken and eggs, the highest percentage being recorded in the Centre region (45%) for daily chicken consumption and in the West region (72%) for daily egg consumption. Data from this survey led to an estimation of the mean body weight of chicken and egg consumers of 25.2 ± 5.2 kg for children (4–12 years old), 56.3 ± 6.0 kg for teenagers (13–20 years old), 71.4 ± 10.2 kg for adults (21–59 years old), and 76.9 ± 7.7 kg for elderly people (≥60 years old) (Table 2). The estimated daily consumption average varies from 12.5 g (children) to 85.9 g (elderly people) for chicken, while for eggs it ranges from 15.5 g (children) to 48 g (teenagers). Considering the average consumption levels of each individual group, they are higher than the per capita consumption levels of poultry and eggs reported in the country in 2006 by Teleu and Ngatchou [25] (10.9 g/day (4 kg/year) and 2.5 g/day (0.9 kg/year), respectively, and the 9.81 g

TABLE 4: Total aflatoxins (AFT), aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), and ochratoxin A (OTA) daily intake related to chicken and egg consumption and associated exposure at Cameroon urbanized areas.

	Chicken						Eggs					
	AFT intake ( $\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{BW}\cdot\text{day}^{-1}$ )	AFB <sub>1</sub> intake ( $\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{BW}\cdot\text{day}^{-1}$ )	OTA intake ( $\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{BW}\cdot\text{day}^{-1}$ )	MOE for AFB <sub>1</sub>	MOE for OTA	MOE for OTA	AFT intake ( $\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{BW}\cdot\text{day}^{-1}$ )	AFB <sub>1</sub> intake ( $\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{BW}\cdot\text{day}^{-1}$ )	OTA intake ( $\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{BW}\cdot\text{day}^{-1}$ )	MOE for AFB <sub>1</sub>	MOE for OTA	MOE for OTA
Children	Min	0.005	0.003	0.005	3506.9	0.003	0.003	0.003	120004.3	0.007	2586.7	0.007
	Mean	0.9	0.6	0.9	711.6	0.6	0.6	19.6	696.8	1.2	15.0	1.2
	Max	4.5	2.7	4.4	148.0	4.1	2.7	4.1	156.1	5.3	3.4	5.3
	P75	0.2	0.1	0.2	2964.8	81.8	0.05	0.05	9000.3	0.09	194.0	0.09
	P95	1.3	0.8	1.3	514.1	14.2	0.6	0.6	670.8	14.5	1.3	14.5
Teenagers	Min	0.007	0.004	0.003	99355.9	6093.8	0.002	0.001	268104.8	0.003	5778.9	0.003
	Mean	1.3	0.8	1.6	528.5	11.4	0.8	0.8	502.7	1.6	10.8	1.6
	Max	6.5	3.9	21.9	101.9	0.8	11.5	11.1	35.9	23.1	0.8	23.1
	P75	0.4	0.2	0.1	1684.0	261.2	0.04	0.03	11490.2	0.07	247.7	0.07
	P95	3.1	1.9	1.3	213.2	14.1	0.7	0.6	621.9	1.3	13.4	1.3
Adults	Min	0.003	0.002	0.002	252007.4	7728.2	0.001	0.001	340012.1	0.002	7328.9	0.002
	Mean	0.7	0.4	0.5	923.1	39.1	0.2	0.2	1719.2	0.5	37.1	0.5
	Max	4.2	2.5	2.5	159.5	7.1	1.3	1.3	314.2	2.6	6.8	2.6
	P75	0.2	0.1	0.04	2930.3	409.1	0.02	0.02	18000.6	0.05	388.0	0.05
	P95	3.2	1.9	1.2	207.1	15.0	0.6	0.6	660.9	1.3	14.2	1.3
Elderly people	Min	0.01	0.006	0.01	67854.9	1872.8	0.001	0.001	366203.6	0.002	7893.4	0.002
	Mean	2.1	1.3	2.0	316.0	8.7	0.3	0.3	1262.8	0.7	27.2	0.7
	Max	15.4	9.3	15.0	43.2	1.2	1.3	1.2	328.9	2.5	7.1	2.5
	P75	0.5	0.3	0.5	1330.5	36.7	0.02	0.02	25352.6	0.03	546.5	0.03
	P95	1.5	0.9	1.5	430.1	11.9	0.02	0.02	21972.2	0.04	14.2	0.04

cooked/day for poultry and 7.15 g cooked/day for eggs obtained during the second Cameroonian Household Budget Survey (HBS/ECAM II) in 2001 [26].

**3.2. Mycotoxin Contents of the Samples.** AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA were detected in all chicken feed, chicken tissues, and eggs (Table 3). Concerning chicken feed samples, they globally respected the standard recommended. Indeed, AFs were found in a range that varies between 3500 and 19700 ng/kg, which is below the maximum tolerable limit of 20 µg/kg (20000 ng/kg) [27]. This is lower than values reported in previous studies in Guyana (27380 ± 82120 ng/kg; [28]), Nigeria (127400 ng/kg; [15]), and Cameroon (30000 and 22000 ng/kg; [11]). Aflatoxin B<sub>1</sub> was also found in all chicken feed samples in an average concentration of 1500–19300 ng/kg. However, just 2 samples over the 13 feed samples tested (2/13) showed concentrations above the regulatory limit which are 10 µg/kg (10000 ng/kg) [29]. This is probably the consequence of conditions in which feed samples are produced or stored which promote this toxin production by moulds such as *Aspergillus* of which presence has already been reported [30]. The OTA concentrations detected in all chicken feed (800–2400 ng/kg) were also below the maximum tolerable limit of 5 µg/kg (5000 ng/kg) [29]. Previous studies in Nigeria and Cameroon had already reported the contamination of chicken feed or poultry by OTA at variable concentrations (1200 and 2100 ng/kg [11]; 5400 ng/kg [15]). Mycotoxins can be carried over from feed to the animal body and be bioaccumulated [31]. The studied mycotoxins (AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA) were also found in bulk chicken muscle, liver and egg samples. For aflatoxins, the level of AFB<sub>1</sub> in chicken samples (700–1200 ng/kg) and eggs (800–1100 ng/kg) was close to the total AFs levels observed (1400–2500 ng/kg and 700–1900 ng/kg, respectively). Hopefully, the concentrations detected respect the maximum tolerable level of 2 µg/kg (2000 ng/kg) for AFB<sub>1</sub> in human food products set by the European Commission and many other countries [32]. Considering the potentially toxic effects of AFs and OTA, their concentration in chicken products for human consumption has to follow the ALARA principle to preserve human health [33]. Ochratoxin A was noticed at the average concentrations of 1400 ± 173.2 ng/kg for bulk muscle; 2266.7 ± 1000 ng/kg for bulk liver, and 1933.3 ± 208.2 ng/kg for bulk layer eggs. This higher presence of OTA in the liver than in the muscle was not observed with AFs but may be explained by the fact that liver is the organ where mycotoxins are metabolized [34]. The presence of these mycotoxins in chicken tissues and eggs had already been reported in previous studies [13, 35]. These results corroborate the report of Pouokam et al. [35] in 2017 according to which foods of animal origin also faced significant contamination from various contaminants, including mycotoxins.

**3.3. Exposure Level of the Population to Aflatoxin B<sub>1</sub> and OTA.** Based on the AFT, AFB<sub>1</sub>, and OTA contamination levels observed in chicken tissues and eggs as well as the

consumption of these foods collected, the daily intake (min, max, mean, and percentiles 75 and 95) of the toxins analysed were determined (Table 4). The estimated average daily dietary exposures (EDE) to AFT and AFB<sub>1</sub> through chicken consumption were found to be, respectively, 0.9 and 0.6 ng/kg bw/day for children, 1.3 and 0.8 ng/kg bw/day for teenagers, 0.7 and 0.4 ng/kg bw/day for adults, and 2.1 and 1.3 ng/kg bw/day for elderly people. All the values obtained for P75 were below 1 ng/kg bw/day (0.001 µg/kg bw/day) which is the health-based reference value established for AFs by international scientific expert committees: the Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) and Scientific Committee for Food (SCF) [36, 37]. This was not the case for the P95 values which were above the limit for teenagers and adults, suggesting that the risk is statistically higher for few of them. Mean, P75, and P95 values respecting this limit were obtained whatever the age group when considering eggs. The calculation of the AFB<sub>1</sub> MOE, and their comparison to the related standard (100 for high exposure and 600 for save exposure, the closer the value to 600, the safer the level of exposure and vice versa) [38] clearly shows a higher exposure to AFB<sub>1</sub> through chicken consumption. Mean MOE values were globally higher or around 600 with eggs, while with chicken it was also the case except for elderly people with an MOE value of 316 (risky). Indeed, AFB<sub>1</sub> in food shall obey to the ALARA principle. Ananditya et al. [39] also reported the estimated daily intake (EDI) lower to the health-based reference value of 1 ng/kg bw/day but MOEs showing an important risk in Indonesia. This may be explained by the fact that limits of MOE were defined based on animal studies which can often be misleading as the animals may be more resistant to aflatoxins than humans [40]. In the case of OTA, the estimated dietary daily exposures through the consumption of chicken and eggs varied between 0.5–2 ng/kg bw/day and 0.5–1.6 ng/kg bw/day, respectively (Table 4). This suggests a weekly intake lower than the provisional tolerable weekly intake of OTA for humans which is 100 and 120 ng/kg bw/day as recommended by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) and the European Food Safety Authority (EFSA), respectively [20, 33]. However, the associated MOEs were below the recommended 10,000 [20, 33], therefore suggesting that the risk shall not be eliminated. On the other side, food processing is known to impact mycotoxin contamination [41], and then this aspect should be taken into account while analysing the risk associated with ready-to-eat chicken.

## 4. Conclusion

Chicken and egg consumers in urban cities of Cameroon are not aware of mycotoxins and their potential health risk. The presence of AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA in these poultry products globally respects the limits, but a health risk should not be underestimated based on the populations' consumption frequency. A total diet study as well as the influence of local cooking processes' impact on mycotoxin content will be required before confirming this exposure.

## Abbreviations

ALARA: As low as reasonably achievable  
 EDE: Estimated daily exposure  
 EDI: Estimated daily intake  
 MOE: Margin of exposure  
 PTWI: Provisional tolerable weekly intake.

## Data Availability

Data used to support the findings of this study can be obtained upon request to the corresponding author.

## Ethical Approval

Not applicable.

## Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

## Authors' Contributions

FDPTK, EN, and ISBN drafted the research protocol, collected data, and drafted the manuscript under the guidance of GMN and GK. Data were analysed by AT, HMT, and FDPTK. All activities were supervised by GMN and GK. All the authors edited the manuscript and approved its final content.

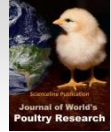
## Acknowledgments

The authors acknowledge poultry farmers and households who took part in this study survey.









## References

- [1] A. Bordoni and F. Danesi, "Poultry meat nutritive value and human health," *Poultry Quality Evaluation*, Woodhead Publishing, Sawston, UK, pp. 279–290, 2017.
- [2] H. Höfler, "Poultry production in Cameroon: how the import restriction affects the Cameroonian poultry sector, deutsche gesellschaft für internationale zusammenarbeit (GIZ) GmbH," *Sector Project Agricultural Trade and Value Chains*, p. 12, SNRD-Asia, Bangkok, Thailand, 2018.
- [3] Y. Aral, E. Aydin, P. Demir et al., "Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara province, Turkey," *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, vol. 37, pp. 582–587, 2013.
- [4] H. Ritchie and M. Roser, "Meat and dairy production, our world data," 2017, <https://ourworldindata.org/meat-production>.
- [5] H. K. Sebho, "Exotic chicken status, production performance and constraints in Ethiopia: a review," *Asian Journal of Poultry Science*, vol. 10, no. 1, pp. 30–39, 2015.
- [6] M. Basalan, S. E. Hismiogullari, A. A. Hismiogullari, and A. Filazi, "Fungi and aflatoxin B<sub>1</sub> in horse and dog feeds in western Turkey," *Revue de Médecine Vétérinaire*, vol. 156, pp. 248–252, 2004.
- [7] U. Gundinc and A. Filazi, "Detection of aflatoxin M<sub>1</sub> concentrations in UHT milk consumed in Turkey markets by ELISA," *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 12, no. 8, pp. 653–656, 2009.
- [8] U. K. Becer and A. Filazi, "Aflatoxins, nitrates and nitrites analysis in the commercial cat and dog foods," *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 18, pp. 523–2527, 2010.
- [9] S. Kaya, "Mycotoxins," *Veterinary Toxicology*, vol. 3, pp. 393–433, 2014.
- [10] D. R. Milićević, M. Škrinjar, and T. Baltić, "Real and perceived risks for mycotoxin contamination in foods and feeds: challenges for food safety control," *Toxins*, vol. 2, no. 4, pp. 572–592, 2010.
- [11] W. A. Abia, G. N. Simo, B. Warth et al., "Determination of multiple mycotoxins levels in poultry feeds from Cameroon," *Japanese Journal of Veterinary Research*, vol. 61, pp. 33–39, 2013.
- [12] J. Kana, B. Gnonlonfin, J. Harvey et al., "Assessment of aflatoxin contamination of maize, peanut meal and poultry feed mixtures from different agroecological zones in Cameroon," *Toxins*, vol. 5, no. 5, pp. 884–894, 2013.
- [13] A. Tchana, P. Moundipa, and F. Tchouanguép, "Aflatoxin contamination in food and body fluids in relation to malnutrition and cancer status in Cameroon," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 7, no. 1, pp. 178–188, 2010.
- [14] M.-M. Gimou, R. Pouillot, U. R. Charrondiere, T. Guérin, J.-C. Guerin, and J.-C. Leblanc, "Dietary exposure and health risk assessment for 14 toxic and essential trace elements in Yaoundé: the Cameroonian total diet study," *Food Additives & Contaminants: Part A*, vol. 31, no. 6, pp. 1064–1080, 2014.
- [15] O. O. Akinmusire, A. D. El-Yuguda, J. A. Musa et al., "Mycotoxins in poultry feed and feed ingredients in Nigeria," *Mycotoxin Research*, vol. 35, 2018.
- [16] M. Thrusfield, *Veterinary Epidemiology*, Blackwell, Oxford, UK, 2007.
- [17] C. Alimentarius, "Codex standard for contaminants and toxins in food and feed, codex standard 1993–1995," 1995, [https://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS\\_193e.pdf](https://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf).
- [18] M. Raters and R. Matissek, "Thermal stability of aflatoxin B<sub>1</sub> and ochratoxin A," *Mycotoxin Research*, vol. 24, no. 3, pp. 130–134, 2008.
- [19] E. F. S. Authority, *Outcome of a Public Consultation on the Draft Risk Assessment of Aflatoxins in Food*, Wiley Online Library, Hoboken, NJ, USA, 2020.
- [20] M. C. Adetunji, O. P. Aliko, N. P. Awa, O. O. Atanda, and M. Mwanza, "Microbiological quality and risk assessment for aflatoxins in groundnuts and roasted cashew nuts meant for human consumption," *Journal of Toxicology*, vol. 2018, Article ID 1308748, 11 pages, 2018.
- [21] F. Joint and W. E. Additives, *Safety Evaluation of Certain Mycotoxins in Food*, FAO, Rome, Italy, 2001.
- [22] E. F. S. Authority, "Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain [CONTAM] related to ochratoxin A in food," *EFSA Journal*, vol. 4, p. 365, 2006.
- [23] JECFA (Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations and WHO), *Evaluation of Certain Mycotoxins in Food, Fifty-Sixth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*, Vol. 906, WHO, Geneva, Switzerland, 2001.
- [24] E. Nguegwouo, L. E. Sone, A. Tchuenchieu et al., "Ochratoxin A in black pepper, white pepper and clove sold in Yaoundé (Cameroon) markets: contamination levels and consumers' practices increasing health risk," *International Journal of Food Control*, vol. 5, p. 1, 2018.

- [25] E. N. Teleu and A. Ngatchou, "Première evaluation du secteur avicole au Cameroun: structure et importance du secteur avicole commercial et familial pour une meilleure compréhension de l'enjeu de l'influenza aviaire," *Emergency Assistance for the Control and Prevention of Avian Influenza*, vol. 1, pp. 1–48, 2006.
- [26] Institut National de la Statistique, "Deuxième enquête Camerounaise auprès des ménages (ECAM II)," 2002, <https://nada.stat.cm/index.php/catalog/20>.
- [27] European Union Commission, "European union commission regulations," *Official Journal of the European Union*, vol. 50, pp. 8–12, 2010.
- [28] D. Morrison, D. Ledoux, L. Chester, and C. Samuels, "A limited survey of aflatoxins in poultry feed and feed ingredients in Guyana," *Veterinary Sciences*, vol. 4, p. 60, 2017.
- [29] FAO/WHO and Joint FAO/WHO Food Standards Programme, *Codex Committee on Contaminants in Foods*, WHO, Geneva, Switzerland, 2017.
- [30] S. M. Mokubedi, J. Z. Phoku, R. N. Changwa, and S. P. B. Gbashi, "Analysis of mycotoxins contamination in poultry feeds manufactured in selected provinces of south Africa using UHPLC-MS/MS," *Toxins*, vol. 11, no. 8, p. 452, 2019.
- [31] I. Völkel, E. Schröer-Merker, and C.-P. Zerny, "The carry-over of mycotoxins in products of animal origin with special regard to its implications for the European food safety legislation," *Food and Nutrition Sciences*, vol. 2, no. 8, pp. 852–867, 2011.
- [32] EFSA (European Food Safety Authority), "Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to ochratoxin A in food," *EFSA Journal*, vol. 365, pp. 1–56, 2006.
- [33] M. T. Gargees and A. M. Shareef, "Reducing liver aflatoxin M1 residues in chicks with mycofix plus 3.0® during aflatoxicosis," *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, vol. 23, pp. 37–44, 2009.
- [34] Z. Hussain, M. Z. Khan, A. Khan et al., "Residues of aflatoxin B<sub>1</sub> in broiler meat: effect of age and dietary aflatoxin B<sub>1</sub> levels," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 48, no. 12, pp. 3304–3307, 2010.
- [35] G. B. Pouokam, B. U. S. Foudjo, C. Samuel et al., "Contaminants in foods of animal origin in Cameroon: a one health vision for risk management "from farm to fork"," *Frontiers in Public Health*, vol. 5, p. 197, 2017.
- [36] JECFA (Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations and WHO), *Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants: Sixty-Eighth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive*, WHO, Geneva, Switzerland, 2007.
- [37] SCF (Scientific Committee on Food), "Opinion of the scientific committee for food on aflatoxins, ochratoxin A and patuline," 1994, [https://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf\\_reports\\_35.pdf](https://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_35.pdf).
- [38] A. O. Elzupir and B. Y. Abdulkhair, "Health risk from aflatoxins in processed meat products in Riyadh, KSA," *Toxicon*, vol. 181, pp. 1–5, 2020.
- [39] N. Ananditya, K. Khotimah, and I. M. C. M. Rietjens, "Risk assessment of aflatoxin B<sub>1</sub> exposure from maize and peanut consumption in Indonesia using the margin of exposure and liver cancer risk estimation approaches," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 113, pp. 134–144, 2008.
- [40] M. Al Jabir, A. Barcaru, A. Latiff, M. Jaganjac, G. Ramadan, and P. Horvatovich, "Dietary exposure of the Qatari population to food mycotoxins and reflections on the regulation limits," *Toxicology Reports*, vol. 6, pp. 975–982, 2019.
- [41] P. Karlovsky, M. Suman, F. Berthiller et al., "Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination," *Mycotoxin Research*, vol. 32, no. 4, pp. 179–205, 2016.



# Mycotoxins and Heavy Metals of Poultry Feeds from the Centre, Littoral, and Western Regions of Cameroon

Fabrice De Paul Tatfo Keutchatang<sup>1,2\*</sup> , Borelle Mafogang<sup>2</sup> , Alex Dimitri Tchuenchieu Kamgain<sup>1</sup> , Evelyne Nguegwouo<sup>1</sup> , Hippolyte Mouafo Tene<sup>1</sup> , Isabelle Sandrine Bouelet Ntsama<sup>3</sup> , Gabriel Medoua Nama<sup>1</sup> , and Germain Kansci<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Centre for Food, Food Security and Nutrition Research, IMPM, PO Box 13033, Yaoundé, Cameroon

<sup>2</sup>Department of Biochemistry, Laboratory of Food Science and Metabolism, Faculty of Sciences, University of Yaoundé 1, PO Box 812, Yaoundé, Cameroon

<sup>3</sup>Advanced Teacher's Training College for Technical Education, University of Douala, PO Box 1872, Douala, Cameroon

Corresponding author's E-mail: [fabricetatfo@yahoo.fr](mailto:fabricetatfo@yahoo.fr)

Received: 12 December 2022

Accepted: 25 January 2023

## ABSTRACT

Heavy metals are a group of elements that could be found in poultry feeds and influence poultry production. Poultry feed generally consists of agricultural products, such as maize, groundnuts, and wheat, which may also be contaminated by mycotoxins. The use of mycotoxins and heavy metals contaminated feed in the poultry sector might represent a potential source of cross-contamination for humans. This study aimed to analyze total aflatoxins (AFs), aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), ochratoxin A (OTA), chromium, copper, nickel, zinc, arsenic, cadmium, lead, and mercury in poultry feed from the Centre, Littoral, and Western regions of Cameroon. In this order, six local broiler feeds, six local layer feeds, and three imported layer feeds were randomly collected from each region and analyzed using inductively coupled plasma spectrometry for heavy metals and competitive indirect ELISA for mycotoxins. The results indicated that all feed samples contained the analyzed mycotoxins and heavy metals. The ranges for the mean concentrations of mycotoxins were 3.5-19.7, 2.7-19.3, 0.8-1.1 µg/kg for AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA, respectively. They were globally below the established regulated limits (20 µg/kg for AFs, 10 µg/kg for AFB<sub>1</sub> and 5 µg/kg for OTA). The bulk layer feed from the Littoral region had the highest lead (995.8 ± 0.4 µg/kg) and cadmium (3.3 ± 0.0 µg/kg) concentrations. The average concentration of lead was above the permissible limit (10 µg/kg). Bulk broiler feed from the Littoral region scored the highest concentration of arsenic (2819.4 ± 0.1 µg/kg) above the permissible limit (500 µg/kg). Bulk broiler feed from the Centre region showed the highest concentration of mercury (5.6 ± 0.0 µg/kg) although lower than the permissible limit of 100 µg/kg. This study demonstrates that there are potential safety issues associated to poultry feeds used in some regions of Cameroon. It suggests a possible low productivity of poultry and health issues for consumers.

**Keywords:** Aflatoxin, feed, Contamination, Heavy metals, Ochratoxin A, Poultry

## INTRODUCTION

The poultry sector is known as an important source of protein and other useful nutrients for human nutrition and health in Cameroon (Guetiya Wadoum et al., 2016). Chickens are easy to rear (Paryad and Mahmoudi, 2008), available at low prices, and known as food for billions of people, including those who live in low-middle-income countries (Aral et al., 2013), such as Cameroon. Poultry production represents 42% of meat production. In Cameroon, chicken meat and eggs consumption increased

from 2.2 kg to 5.6 kg and 16 to 52 eggs between 2006 and 2016, respectively. In addition, poultry represents 4% of the gross domestic product (Höffler, 2018). Poultry feeds are generally a mixture of agricultural products, such as maize, groundnuts, and wheat, which may be contaminated by mycotoxins and heavy metals (Abia et al., 2013a, Akinmusire et al., 2018). The use of such contaminated feed in the poultry sector may result in poultry productivity and in a source of human contamination. It is recommended to initially analyze the different contaminants found in these feeds to limit the

risks of feed quality on the poultry productivity directly and indirectly on human health. However, studies on poultry feed contamination are scarce, and it refers to 2013 in Cameroon. Mycotoxins are secondary metabolites produced by three genera (*Aspergillus*, *Penicillium*, and *Fusarium*) of fungi which can produce more than 500 toxins. Among these mycotoxins, Aflatoxins and Ochratoxin A (OTA), exhibit pathogenic characteristics (Becer and Filazi, 2010; Kaya, 2014). Toxic heavy metals are mineral elements with a specific weight greater than 5g/cm<sup>3</sup> (Demirezen and Uruc, 2006). These mineral elements are a serious concern due to their impacts (toxicity, bioaccumulation, and biomagnifications) in the food chain (Demirezen and Uruc, 2006; Hazrat *et al.*, 2019). Considering the fact that contamination of poultry feed by contaminants, such as mycotoxins and toxic metals, cannot be entirely avoided due to favorable climatic conditions for their development (Tatfo Keutchatang *et al.*, 2021) and the availability of pollutants in the environment, there is a need for such contamination to be minimized, and to reduce their side effects on animal and human by one health approach (WHO, 2017). This study was initiated to enrich the data already available on the contamination of poultry feed by mycotoxins and heavy metals in Cameroon. It aimed to analyze mycotoxins (total aflatoxins, aflatoxin B<sub>1</sub>, and OTA) as well as eight heavy metals in poultry feeds collected in the Centre, Littoral, and West regions using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and inductively coupled plasma spectrometry (ICP- OES), respectively.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The current study was conducted on poultry farms located in three regions of Cameroon: Centre, Littoral, and West. These regions are the large areas of production and consumption of chickens and eggs (Teleu and Ngatchou, 2006). The study was conducted from January to December 2019.

### Sampling design

A total number of 15 samples of chicken feed, constituted of 6 local broiler feed (2 per region), 6 local layer feed (2 per region), and 3 imported layer feed (1 per region) eaten by broiler and layer chickens were collected from poultry farms. Local feed samples were collected from layer and broiler farms, while imported layer feeds were collected from imported feed outlets. Indeed, a

preliminary study reported the classification of chicken farms in these three regions into two groups (moderate and high risk of biosecurity) according to biosecurity score (Tatfo Keutchatang *et al.*, 2021). Feed sampling was done as described by the European Commission (2006) Directive No. 401/2006 (EC, 2006). In each selected farm or outlet, 4 kg of feed was sampled. Different points of four randomly selected feeds (50 Kg bags) from those available were duplicated. A total of four bags randomly selected for feed sampling were chosen from the same strip to reduce variability and ensure the effective representativeness of the strip. Each sub-sample of 1 kg consisted of three portions of 300 to 350 g. The sub-samples were collected manually using a probe at three points top, middle, and bottom of feed bags. The feeds taken from each point were homogenized in bags, and 1/4 of each was collected to provide 15 representative samples as 4 feed samples in the Centre, 4 in the Littoral, 4 in the West, and 3 outlets. The samples were conditioned in polystyrene bags and transported to the laboratory for quality control at the Centre for Food and Nutrition Research of the IMPM, Yaoundé, Cameroon, where the feed samples were ground with a blender (Black & Decker®, England), weighed in several aliquots of 5g using a scale (Mettler Toledo, USA), and stored in sterile plastic bags at -20°C for analysis. The samples were kept in the laboratory for a maximum of 7 days.

### Sample preparation and analysis

#### *Water content of different samples*

Water content was determined using the reference methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000) for bulk chicken feeds. An amount of 5 g of each sample in triplicate was dried at 105°C (Rolabo, Germany) until constant weight in an aluminum foil previously dried and weighed the dried samples were cooled in a desiccator (Borosilicate Glass 3.3, Indane Chemical Company, Borivali, Mumbai, Maharashtra) for 30 minutes and reweighed. The water content of each sample was determined by calculating the differences between the masses of the fresh and dried samples (AOAC, 2000).

#### *Determination of mycotoxin content*

Total Aflatoxins (AFs), Aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), and OTA concentrations in the samples were determined using quantitative enzyme-linked immune sorbent assay kits (ELISA, BIOO Scientific Corporation, MaxSignal®, USA). Samples containing 2 g of ground bulk chicken feed were mixed with 25 mL of 70% methanol (HPLC grade, Merck, Germany) in 50 mL falcon tubes for 10



minutes using a vortex, centrifuged at  $4000 \times g$  for 10 minutes using the Rotofix 32 A, centrifuge (Germany). Then, 100  $\mu\text{L}$  of the supernatant was collected and diluted with 700  $\mu\text{L}$  70% methanol (HPLC grade, Merck, Germany). The mixture was used for total AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA analyses following the kit manufacturer's instructions and as described by Tatfo Keutchatang et al. (2022). The concentrations of determined mycotoxins were inversely proportional to the color intensity established using an automated microplate reader (EL  $\times$  800, BIOTEK, Instruments Inc., Winooski, VT, United States) at 450 nm and estimated based on a calibration curve.

**Determination of heavy metal content**

**Sample preparation**

The dried samples were cooled in a desiccator for 30 minutes and reweighed. The different bulk samples were dried and ground with a blender (Black & Decker®, England), then weighed in several aliquots of 500 mg by using a scale (Mettler Tolero, USA). Then, 500 mg of each powder bulk sample and 50 mL of nitric acid were

introduced into the container to obtain a mixture left to stand overnight (Broekaert, 2005).

**Inductively coupled plasma with optical emission spectrometry**

The analysis was conducted as described by Broekaert (2005). The selected heavy metals contained Arsenic (As), Copper (Cu), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Mercury (Hg), Nickel (Ni), Lead (Pb), and Zinc (Zn) contents were determined. These metals were selected based on their benefits and toxicity in living organisms. The detection of the elements present in the analyte was performed by emission. The nebulized analyte was driven by a peristaltic pump to obtain an aerosol that was transported in the plasma, where it was desolvated, vaporized, atomized, or ionized. The return to a lower energy state was accompanied by the emission of radiation characteristic of the elements. A monochromator separated the different wavelengths. The wavelengths of the analyzed elements and the preparation of their standards are presented in Table 1.

**Table 1.** Standard solution used during the determination of metals

	Volumes (mL)						
Solutions étalons	1	2	3	4	5	6	7
Solutions Cd, Ni, Pb, Cr, As, Hg, Zn, Cu	125	150	175	200	2 25	250	–
HNO <sub>3</sub> conc.	125	100	75	50	25	–	250
Volume final	250	250	250	250	250	250	

Cd: Cadmium, Ni: Nickel, Pb: Lead, Cr: Chromium, As: Arsenic, Hg: Mercury, Zn: Zinc, Cu: Copper, HNO<sub>3</sub> Conc: Concentrated nitric acid

**Mineralization for heavy metals determination**

An amount of 500 mg of sample was weighed and introduced for digestion in a DigiTUBE containing a mixture of 5 mL of nitric acid and 10 mL concentrated hydrogen peroxide for 16 hours at 25°C. Then, the mixture was brought to 95°C for 2 hours in a graphite heating block before being filtered. In each series of tubes at least three blanks were placed and three controls prepared. After the installation of the tracks on DigiPREP, the tubes were rotated. For this purpose, the locating lugs matched the notches and the bottom of the tubes was in contact with the bottom of the graphite block. The blanks were covered with perforated plugs to be able to insert the DigiPROBE temperature probe inside. The probe was placed low enough to be immersed in the liquid without touching the bottom of the tube. The temperature controller was switched on and the temperature program was selected. After allowing the tubes to cool to 25°C, the

volume of each sample was adjusted to 20 mL (Broekaert, 2005).

**Quality control**

The analytical test for mycotoxins was conducted using the internal quality control (IQC) approach and validated before usage. The quality control was performed by choosing five different IQCs as follows, calibration, blanks, mid-range standard, spiked standard solution, certified references material, and duplicates. Results were discarded and the sample was if a sample did ~~was~~ not met the acceptance criteria, and the sample was reanalysed. The limit of detection (LOD) of the analysed samples was within the range of 0.06-0.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for AFs and 0.3-0.6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for OTA, while the limit of quantification (LOQ) was in the range of 0.2-1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for AFs and 1-2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for OTA. Samples with values below LOQ were recorded as non-detectable (CEAEQ, 2015). The calibration standards for metals were prepared from certified standards. A total

number of four external reference samples and one standard reference sample from the National Institute of Standards and Technology (NIST) were introduced into each series for analysis.

### Statistical analysis

Data obtained were transferred into Microsoft Excel for the calculation of the concentrations of  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . The obtained data were then subjected to analysis of variance (ANOVA) and Student's T test for paired samples at the significance level of 5% for means comparison using a statistical package, SPSS version 20.0 for windows. Results were expressed as mean  $\pm$  standard deviation.

## RESULTS

### Water content of chicken feed samples

Table 2 presents the water content g/100 of fresh matter (FM) of chicken feed samples. Water content varied from  $20.8 \pm 16.6$  g/100g of FM in the Centre and Littoral to  $24.0 \pm 5.1$  g/100g of FM in the West for local bulk broiler feed samples. A significant difference was observed between water content for local bulk broiler feed from both the Centre and Littoral regions and West region ( $p < 0.05$ ). Local bulk layer feeds showed water content varying from  $12.4 \pm 0.2$  g/100g of fresh matter in the Littoral and West to  $16.8 \pm 6.6$  g/100g of FM in the Centre. A significant difference was observed between water content from both Littoral and West regions and the Centre region ( $p < 0.05$ ) concerning local bulk layer feeds. All the imported feed samples for the three regions presented a water content of  $12.4 \pm 2.7$  g/100 g of FM with no significant difference ( $p > 0.05$ ).

### Total aflatoxin, aflatoxin B<sub>1</sub>, and Ochratoxin A content in chicken feeds

Table 3 presents total aflatoxin (AFT), aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), and Ochratoxin A (OTA) contents in broiler and laying chicken feed from the Centre, Littoral, and West regions. The AFT content of broiler feed varies from  $3.9 \pm 0.2$  (Littoral region) to  $19.6 \pm 0.3$   $\mu\text{g/kg}$  (Centre region). The AFB<sub>1</sub> content of broiler feed varies from  $1.6 \pm 0.1$  (West region) to  $19.3 \pm 0.2$   $\mu\text{g/kg}$  (Central region). The OTA content of broiler feed ranges from  $1.1 \pm 0.01$  to  $0.8 \pm 0.01$   $\mu\text{g/kg}$ . In the layer feed, the AFT content varies from  $3.5 \pm 0.1$  to  $12.6 \pm 0.2$   $\mu\text{g/kg}$ , the AFB<sub>1</sub> content from  $2.8 \pm 0.1$  to  $11.4 \pm 0.2$   $\mu\text{g/kg}$ , and OTA content from  $0.8 \pm 0.01$  to  $1.1 \pm 0.001$   $\mu\text{g/kg}$ .

The total aflatoxin (AFs) content of broiler and layer feed is higher in the Centre region and low in the Littoral region. Aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) content is always higher in

the Centre and low in the Littoral for broiler feed, raised in the Centre region and lower in the Littoral region for layer feed. In terms of Ochratoxin A (OTA) content, the highest value is presented by broiler feed from the Centre and Littoral regions, while the Littoral region had the highest value in layer feed (Table 3). Table 3 shows a variation between the values of the levels of different toxins from one region to another. This variation results in some cases in a significant difference ( $p < 0.05$ ). This variation in the contents of AFT, AFB<sub>1</sub>, and OTA can be explained by the different level of contamination of the different ingredients used in the composition of chicken feed and climatic conditions. However, significant differences were also observed between ochratoxin A contents in sample feeds from each region ( $p < 0.05$ ).

### Heavy metal content of chicken feed samples

Heavy metals analyzed were of two groups, including essential (Zn, Cu, Chromium, and Nickel) and toxic metals (Lead, Arsenic, Cd, and Hg). Average contents of each metal of each group in different bulk chicken feeds are presented in Tables 4, 5, and 6. Concerning essential metals, Zn showed the highest average content ( $1587168.5 \pm 49.5$   $\mu\text{g/kg}$ ), while Nishowed the lowest content ( $8275.7 \pm 21.5$   $\mu\text{g/kg}$ ) as presented in Table 4. Significant differences were not observed between heavy metal contents in imported bulk broiler feed from each region ( $p > 0.05$ ). Table 5 presents the average contents of non-toxic heavy metals in both bulk local layer and broiler feeds from the Centre, Littoral and West regions. As shown in Table 5, significant differences were observed between heavy metal contents of non-toxic heavy metals in bulk local layer and broiler feeds from the three regions ( $p < 0.05$ ). However, bulk local layer and broiler feeds showed the highest average concentration of Zn while Cr presented the lowest average content. Furthermore, significant differences were observed between Nickel, Zn, Cu, and Cr contents in the bulk feed from the Littoral and West regions ( $p < 0.05$ ). These differences were probably due to the diverse sources of the raw materials of the ingredients used to produce feeds.

Table 6 presents the average contents of toxic heavy metals in bulk layer and broiler feeds from the three regions. Significant differences were observed between the average contents for each metal and from each region ( $p < 0.05$ ). The Pb showed the highest average content in bulk local layer feed samples from each region, while Arsenic (As) obtained the lowest average content. In bulk local broiler feed samples, As showed the highest average

contents and Cd had the lowest average contents. This are different in terms of chicken type ( $p < 0.05$ ). clearly shows that the content levels of bulk feed samples

**Table 2.** Water content (g/100 g) of fresh matter of different bulk samples in the three regions of Cameroon

Sample	Regions		
	Centre	Littoral	West
Local broiler feed (g/100 g of FM)	20.8 ± 0.6 <sup>aA</sup>	20.8 ± 0.5 <sup>aA</sup>	24.0 ± 0.1 <sup>bA</sup>
Local layer feed (g/100 g of FM)	16.8 ± 0.6 <sup>B</sup>	12.4 ± 0.2 <sup>B</sup>	12.4 ± 0.2 <sup>bB</sup>
Imported layer feed (g/100 g of FM)	12.4 ± 0.7 <sup>aC</sup>	12.4 ± 0.7 <sup>aC</sup>	12.4 ± 0.7 <sup>ab</sup>

FM: Fresh matter, <sup>a,b,c</sup> Significant difference in the same column ( $p < 0.05$ ), <sup>A,B,C</sup> Significant difference in the same row ( $p < 0.05$ )

**Table 3.** Total aflatoxins, Aflatoxin B<sub>1</sub>, and Ochratoxin A contents in bulk chicken feed samples collected in some poultry farms from the Centre, the Littoral and the West regions of Cameroon

Mycotoxins	Region	Mycotoxin content (µg/kg)								
		Local broiler feed			Local layer feed			Imported layer feed		
		Mean ± SD	Min	Max	Mean±SD	Min	Max	Mean±SD	Min	Max
Total Aflatoxin (AFs)	Centre	19.6 <sup>a</sup> ±0.3	17.2	20.7	12.6 <sup>b</sup> ±0.2	11.9	13.3	8.2 <sup>c</sup> ±1.4	6.4	9.6
	Littoral	3.9 <sup>a</sup> ±0.2	2.7	5.2	3.5 <sup>a</sup> ±0.1	3.2	3.8	8.2 <sup>b</sup> ±1.4	6.4	9.6
	West	7.4 <sup>a</sup> ±0.1	6.3	8.4	4.7 <sup>b</sup> ±0.1	2.4	8.1	8.2 <sup>c</sup> ±1.4	6.4	9.6
Aflatoxin B <sub>1</sub> (AFB <sub>1</sub> )	Centre	19.3 <sup>a</sup> ±0.2	17.6	21.0	11.4 <sup>b</sup> ±0.2	8.7	14.1	3.6 <sup>c</sup> ±0.4	3.1	4
	Littoral	3.7 <sup>a</sup> ±0.1	3.4	4.1	2.8 <sup>b</sup> ±0.1	1.6	3.9	3.6 <sup>a</sup> ±0.4	3.1	4
	West	1.6 <sup>a</sup> ±0.2	1.4	1.8	3.3 <sup>b</sup> ±0.1	2.9	4.9	3.6 <sup>b</sup> ±0.4	3.1	4
Ochratoxine A (OTA)	Centre	1.1 <sup>a</sup> ±0.01	1.0	1.4	0.9 <sup>a</sup> ±0.01	0.8	1.1	2.6 <sup>b</sup> ±0.4b	1.8	3
	Littoral	1.1 <sup>a</sup> ±0.01	1.0	1.3	1.1 <sup>a</sup> ±0.01	1.0	1.2	2.6 <sup>b</sup> ±0.4	1.8	3
	West	0.8 <sup>a</sup> ±0.01	0.6	0.9	0.8 <sup>a</sup> ±0.01	0.6	0.9	2.6 <sup>b</sup> ±0.4	1.8	3

Significant difference between different letters in the same row ( $p < 0.05$ )

**Table 4.** Essential and toxic heavy metals in a bulk imported layer feed (µg/kg)

Heavy metals	Average concentration (µg/kg)	
<b>Essentials</b>	Cu	248967.8 ± 78.1
	Cr	7760.8 ± 47.7
	Ni	8275.7 ± 21.5
	Zn	1587168.5 ± 49.5
<b>Toxics</b>	As	1.0 ± 0.2
	Cd	2.5 ± 0.3
	Pb	3229.8 ± 3.0
	Hg	4.9 ± 0.6

Cd: Cadmium, Ni: Nickel, Pb: Lead, Cr: Chromium, As: Arsenic, Hg: Mercury, Zn: Zinc, Cu: Copper

**Table 5.** Average concentrations of non-toxic heavy metals (µg/kg) in bulk local broiler and layer feeds from the three regions of Cameroon

Non-toxic heavy metals	Centre		Littoral		West	
	Bulk broiler feed	Bulk layer feed	Bulk broiler feed	Bulk layer feed	Bulk broiler feed	Bulk layer feed
Ni	22575 ± 35.4 <sup>aA</sup>	6942.4 ± 0.1 <sup>aA</sup>	22522.3 ± 0.4 <sup>bB</sup>	7349.3 ± 0.4 <sup>bB</sup>	22561 ± 55.2 <sup>cC</sup>	7145.8 ± 287.4 <sup>cC</sup>
Zn	82791.7 ± 0.2 <sup>aA</sup>	51789.4 ± 0.1 <sup>aA</sup>	82834.4 ± 0.1 <sup>bB</sup>	54537.4 ± 0.1 <sup>bB</sup>	82813 ± 30.4 <sup>cC</sup>	4150.8 ± 0.4 <sup>cC</sup>
Cu	17760.2 ± 0.5 <sup>aA</sup>	7963.4 ± 0.1 <sup>aA</sup>	17737.5 ± 0.0 <sup>bB</sup>	8370.8 ± 0.4 <sup>bB</sup>	17749 ± 16.3 <sup>cC</sup>	8167.3 ± 288.1 <sup>cC</sup>
Cr	1867.8 ± 0.4 <sup>aA</sup>	3957.2 ± 0.2 <sup>aA</sup>	1882.2 ± 0.07 <sup>bB</sup>	4150.8 ± 0.4 <sup>bB</sup>	1875.1 ± 10.0 <sup>cC</sup>	4054 ± 137.2 <sup>cC</sup>

<sup>a,b,c</sup> Significant difference in the same column ( $p < 0.05$ ), <sup>A, B, C</sup> Significant difference in the same row ( $p < 0.05$ ), Ni: Nickel, Zn: Zinc, Cu: Copper Cr: Chromium

**Table 6.** Average concentrations of toxic heavy metals ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in bulk local broiler and layer feeds from the three regions of Cameroon

Toxic heavy metals	Centre		Littoral		West	
	Bulk broiler feed	Bulk layer feed	Bulk broiler feed	Bulk layer feed	Bulk broiler feed	Bulk layer feed
Pb	$10 \pm 0.0^{\text{aA}}$	$10 \pm 0.0^{\text{aA}}$	$7.5 \pm 0.0^{\text{bB}}$	$995.8 \pm 0.4^{\text{bB}}$	$8.8 \pm 1.8^{\text{cC}}$	$503 \pm 209.3^{\text{cC}}$
As	$2818.8 \pm 0.4^{\text{aA}}$	$2.2 \pm 0.0^{\text{aA}}$	$2819.4 \pm 0.1^{\text{bB}}$	$2.0 \pm 0.07^{\text{bB}}$	$2819.3 \pm 0.4^{\text{cC}}$	$2.1 \pm 0.1^{\text{cC}}$
Cd	$2.8 \pm 0.07^{\text{aA}}$	$2.4 \pm 0.0^{\text{aA}}$	$2.7 \pm 0.0^{\text{bB}}$	$3.3 \pm 0.0^{\text{bB}}$	$2.7 \pm 0.0^{\text{cC}}$	$2.9 \pm 0.6^{\text{cC}}$
Hg	$4.6 \pm 0.07^{\text{aA}}$	$5.6 \pm 0.0^{\text{aA}}$	$4.3 \pm 0.0^{\text{bB}}$	$5 \pm 0.0^{\text{bB}}$	$4.4 \pm 0.1^{\text{cC}}$	$5.3 \pm 0.4^{\text{cC}}$

A significant difference between identical letters in the same column and different letters in the same line ( $p < 0.05$ ), Pb: Lead, As: Arsenic, Cd: Cadmium, Hg: Mercury

## DISCUSSION

### Total aflatoxins, Aflatoxin B<sub>1</sub>, and Ochratoxin A in chicken feed samples

This study was conducted in the Centre, Littoral, and West regions of Cameroon, namely Centre, Littoral and West. Total aflatoxins (AFs), Aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), and Ochratoxin A (OTA) contents in chicken feed samples, their average content globally respected the recommended standard. The recommended concentrations of AFs, AFB<sub>1</sub>, and OTA in poultry feeds ( $20 \mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ , and  $5 \mu\text{g}/\text{kg}$ , respectively, FAO/WHO, 2017; Mokubedi et al., 2019) were higher than concentrations found for different feed samples in this study. This is probably because these feeds were well stored at the farm. During sample collection, it was observed that feeds are stored in places that are not humid and are mostly made for immediate use (2 to 3 days). However, the results of this study are different from previous studies in Guyana ( $27380 \pm 82120 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg}$ ) by Mokubedi et al. (2019), in Nigeria ( $127400 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg}$ ) by Akinmusire et al. (2018), and Cameroon ( $30000 \times 10^{-3}$  and  $22000 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg}$ ) by Abia et al. (2013a) for AFs. Aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) content of broiler and layer feed in the Centre region is higher than in other regions. In addition, this content is also higher than the maximum limit for AFB<sub>1</sub> in chicken feed ( $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) set by the Commission of the European Union and the Food and Drug Administration of the United States of America in 2010 (FAO/WHO, 2017). This AFB<sub>1</sub> content represents 193% of  $10 \mu\text{g}/\text{kg}$  in broiler feed and 114% in layer feed from the Centre region. The obtained results might probably be the consequence of conditions in which feed samples are produced or stored, which promote this toxin production by molds, such as *Aspergillus* whose presence in feed has already been reported (FAO/WHO, 2017). In fact, in the Center region, it was observed that food took longer on

the farm, compared to the other two regions. The concentrations of OTA detected in all chicken feed were below the maximum tolerable limit of  $5 \mu\text{g}/\text{kg}$  (Morrison et al., 2017). Previous studies in Nigeria and Cameroon reported the contamination of chicken feed or poultry by OTA at variable concentrations of  $1200 \times 10^{-3}$  and  $2100 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg}$  (Abia et al., 2013b) and  $5400 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{kg}$  (Akinmusire et al., 2018). Mycotoxins can be carried over from feed to animal body and be bio-accumulated (Mokubedi et al., 2019). Hence, although values are globally lower than the norm, it is suggested that measures should be taken to minimize mold contamination of poultry feeds.

### Heavy metals in feed samples

Analysis of heavy metals was carried out in two groups of essential and toxic metals. The concentrations of Zn in different local bulk feed samples were above the maximum acceptable Zn concentration of  $3 \text{ mg}/\text{kg}$  ( $3000 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) established by the World Health Organization (WHO, 2011). Compared to the permissible concentration of  $2 \text{ mg}/\text{kg}$  ( $2000 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) for Cu in feed asserted by the WHO (2011), the mean concentrations of Cu in all feeds were above. Similar to Zn, Cu is required for many biological processes, including enzyme functions as well as a positive influence on livestock growth and reproduction. Due to the variation of their bioavailability, supplementation of Zn and Cu is necessary for most livestock species (EC, 2003a; EC, 2003b). A similar result was reported by Okoye et al. (2011) in Nigeria. Nickel average concentrations were higher than those reported by Okoye et al. (2011) in Nigeria, ranging from  $2250$  to  $4875 \mu\text{g}/\text{kg}$  and higher than  $70 \mu\text{g}/\text{kg}$  in feeds (WHO, 2011). The imported layer feed showed the highest mean concentration for Cr ( $7760.8 \pm 47.7 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) than any other feed sample. Chromium concentrations in

different feed samples were above the permissible limit set by WHO (2011) of 50 µg/kg in feeds.

Bulk broiler feed samples from the three regions showed an average concentration of Arsenic above the permissible concentration (500 µg/kg, Nachman et al., 2005). The level of Cd in the bulk layer feed from the two poultry farms in the Littoral region and the second poultry farm in the West was above the permissible concentration of 3 µg/kg in feed (WHO, 2011). The Commission Directive 2005/8/EC permits a maximum Hg 0.1 mg/kg (100µg/kg) for complete feedstuffs (EC, 2005). The current study indicated that all bulk feed samples showed Hg average concentrations above this maximum allowed limit. Islam et al. (2007) reported the presence of Hg at the concentration of 57.9 µg/kg and 11.6 µg/kg in different types of poultry feed produced in Bangladesh. The permissible Pb limit set by WHO (2011) is 10 µg/kg. Bulk layer feed from the Littoral and West region was above the permissible limit. These low values of heavy metals, particularly toxic metals, could be bio-accumulated in chicken tissues and eggs during their life and be responsible for health concerns as reported by the CFIA (2017) and Tatfo Keutchatang et al. (2022). Contaminants can be accumulated in chicken tissues and eggs used for human consumption.

## CONCLUSION

Feeds used in chicken farming for broilers and egg production were contaminated by mycotoxins (total aflatoxins, aflatoxin B<sub>1</sub>, and ochratoxin A) and both essential and toxic metals in the study area (Centre, Littoral, and Western regions of Cameroon). The contents of these contaminants were, in a few cases, above the recommended or permissible limits. This situation could lead to the presence of their residues in chicken tissues and eggs responsible for health concerns and the low productivity of the poultry sector in Cameroon.

## DECLARATIONS

### Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to farmers for their cooperation and support. The authors also thank Mr. Guy Albert NGOUFACK, a Zootechnician, for his assistance during the conduct of this study.

### Funding

This study was self-funded.

### Authors' contributions

Fabrice De Paul Tatfo Keutchatang, and Isabelle Sandrine Bouelet Nstama drafted the research protocol, collected data, and drafted the manuscript under the guidance of Gabriel Medoua Nama and Germain KANSICI. Data were analyzed by Borelle Mafogang Alex Dimitri Tchuenchieu Kamgain, Evelyne Nguegwouo, Hippolyte Mouafo Tene, and Fabrice De Paul Tatfo Keutchatang. All activities were supervised by Gabriel Medoua Nama and Germain KANSICI. All the authors edited the manuscript and approved its final content.

### Competing interests

The authors declare that they have no conflicts of interest.

### Ethical considerations

All ethical issues, including concerns to publish, data falsification, reuse of data already polished, misconduct, plagiarism, and redundancy were taken into consideration and have been verified and checked by the authors

### Availability of data and materials

The data of the article will be sent by the corresponding author according to reasonable requests.

## REFERENCES

- Abia WA, Simo GN, Warth B, Suyolk M, Krska R, Tchana A, and Moundipa PF (2013a). Determination of multiple mycotoxins levels in poultry feeds from Cameroon. *Japan Journal of Veterinary Research*, 61(Suppl): S33-S39. Available at: [https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/5235/3/3/JJVR61-S\\_PROC.pdf](https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/5235/3/3/JJVR61-S_PROC.pdf)
- Abia WA, Warth B, Sulyok M, Krska R, Tchana AN, Njobeh PB, Dutton MF, and Moundipa PF (2013b). Determination of multi-mycotoxin occurrence in cereals, nuts and their products in Cameroon by liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *Food Control*, 31(2): 438-453. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.10.006>
- Akinmusire OO, El-Yuguda AD, Musa JA, Oyedele OA, Sulyok M, Somorin YM, Ezekiel CN, and Krska R (2018). Mycotoxins in poultryfeed and feedingredients in Nigeria. *Mycotoxin Research*, 35(2): 149-155. DOI: <https://www.doi.org/10.1007/s12550-018-0337-y>
- Aral Y, Aydin E, Demir P, Akin AC, Cevger Y, Kuyululu ÇY, and Arıkan MS (2013). Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara province, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37(5): 582-587. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/cgi/viewcontent.cgi?article=1980&context=veterinary>
- Association of official analytical chemists (AOAC) (2000). *Official methods of analysis*. USA, p. 25.



- Becer UK and Filazi A (2010). Aflatoxins, nitrates and nitrites analysis in the commercial cat and dog foods. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(11): 2523-2527.
- Broekaert JAC (2005). Analytical atomic spectrometry flames and Plasmas, 2<sup>nd</sup> Edition. DOI: <https://www.doi.org/10.1002/3527606653>
- Canadian food inspection agency (CFIA) (2017). RG-8 regulatory guidance: Contaminants in feed (Formerly RG-1, Chapter7) Section 4: Metal contamination. Available at: <https://www.inspection.gc.ca/animal-health/livestock-feeds/regulatory-guidance/rg-8/eng/1347383943203/1347384015909>
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) (2015). Available at: [www.ceaeq.gouv.qc.ca/index.asp](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/index.asp)
- Demirezen D and Uruc K (2006). Comparative study of trace elements in certain fish, meat and meat products. *Meat Science*, 74(2): 255-260. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.012>
- European Commission (EC) (2003a). Opinion of the scientific committee on animal nutrition on the use of zinc in feedstuffs. European commission, health and consumer protection directorate, Brussels, Belgium. Available at: [https://lavasoft.gosearchresults.com/?q=%3B+EC%29+European+Commission+%282003a%29.&tt=vmn\\_webcompa\\_1\\_0\\_go\\_lvs\\_webcompa\\_1\\_0\\_go\\_ch\\_WCYID10420\\_190423\\_yrff\\_yrff&pid=5ac784309091147a162b4431](https://lavasoft.gosearchresults.com/?q=%3B+EC%29+European+Commission+%282003a%29.&tt=vmn_webcompa_1_0_go_lvs_webcompa_1_0_go_ch_WCYID10420_190423_yrff_yrff&pid=5ac784309091147a162b4431)
- European commission (EC) (2003b). Opinion of the scientific committee on animal nutrition on the use of copper in feedstuffs. European commission, health and consumer protection directorate. Brussels, Belgium. Available at: [https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-12/sci-com\\_scan-old\\_report\\_out115.pdf](https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-12/sci-com_scan-old_report_out115.pdf)
- European commission (EC) (2006). Commission regulation No. 401/2006 means commission regulation (EC) No. 401/2006 of 23 February 2006 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs as amended by commission regulation (EU). Available at: <https://www.legislation.gov.uk/eur/2006/401/contents>
- Food and agricultural organization/ world health organization (FAO/WHO) (2017). Joint FAO/WHO food standards programme, codex committee on contaminants in foods, WHO, Geneva, Switzerland. Available at: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?link=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-11%252FFREPORT%252FFREP17\\_CFe.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?link=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-11%252FFREPORT%252FFREP17_CFe.pdf)
- Guetiya Wadoum RE, Zambou NF, Anyangwe FF, Njimou JR, Coman MM, Verdenelli MC, Cecchini C, Silvi S, Orpianesi C, Cresci A et al. (2016). Abusive use of antibiotics in poultry farming in Cameroon and the public health implications. *British Poultry Science*, 57(4): 483-493. DOI: <https://www.doi.org/10.1080/00071668.2016.1180668>
- Hazrat A, Ezzat K, and Ikram I (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 2019: 673030. DOI: <https://www.doi.org/10.1155/2019/6730305>
- Höfler H (2018). Poultry production in Cameroon: How the import restriction affects the Cameroonian poultry sector. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, sector project agricultural trade and value chains, SNRD-Asia, Bangkok, Thailand, p. 12. Available at: [https://www.giz.de/de/downloads/GIZ\\_SVAAA\\_Policy-Brief-Cameroon-Chicken\\_EN.pdf](https://www.giz.de/de/downloads/GIZ_SVAAA_Policy-Brief-Cameroon-Chicken_EN.pdf)
- Islam MS, Kazi MA, Hossain MM, Ahsan MA, and Hossain AM (2007). Propagation of heavy metals in poultry feed production in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 42(4): 465-474. DOI: <https://doi.org/10.3329/BJSIR.V42I4.755>
- Kaya S (2014). Mycotoxins. In: S. Kaya (Editor), *Veterinary toxicology*, 3rd Edition. Medisan Publisher., Ankara, Turkey. pp. 393-433.
- Mokubedi SM, Phoku JZ, Changwa RN, Gbashi SPB, and Njobeh PB (2019). Analysis of mycotoxins contamination in poultry feeds manufactured in selected provinces of South Africa using UHPLG-MS/MS. *Toxins*, 11(8): 452. DOI: <https://www.doi.org/10.3390/toxins11080452>
- Morrison DM, Ledoux DR, Chester LFB, and Samuels CAN (2017). A limited survey of aflatoxins in poultry feed and feed ingredients in Guyana. *Veterinary Sciences*, 4(4): 60. DOI: <https://www.doi.org/10.3390/vetsci4040060>
- Nachman KE, graham JP, Price Lb, and Silbergeld KL (2005). Arsenic: A roadblock to potential animal waste management solutions. *Environmental Health Perspectives*, 113(9): 1123-1124. DOI: <https://www.doi.org/10.1289/ehp.7834>
- Okoye COB, Ibeto CN, and Ihedioha JN (2011). Assessment of heavy metals in chicken feeds sold in south eastern Nigeria. *Advances in Applied Science Research*, 2(3): 63-68. Available at: <https://www.primescholars.com/articles/assessment-of-heavy-metals-in-chicken-feeds-sold-in-south-eastern-nigeria.pdf>
- Paryad A, and Mahmoudi M (2008). Effect of different levels of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, blood constituents and carcass characteristics of broiler chicks. *African Journal of Agricultural Research*, 3: 835-842. Available at: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-stat/AD3847E38476>
- Scientific committee for animal nutrition (SCAN) (2003). Summary record of the 149<sup>th</sup> scan plenary meeting. Available at: [https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-12/sci-com\\_scan-old\\_sum\\_out131.pdf](https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-12/sci-com_scan-old_sum_out131.pdf)
- Tatfo Keutchatang FDP, Sandrine IBN, MedouaNG, and Kansci G (2021). Biosecurity practices and characteristics of poultry farms in three regions of Cameroon. *Journal of World Poultry Research*, 11(1): 64-72. DOI: <https://www.doi.org/10.36380/jwpr.2021.9>
- Tatfo Keutchatang FDP, Tchuenchieu KA, Nguégwouo E, Tene MH, Sandrine IBN, Kansci G, and Medoua NG (2022). Occurrence of total aflatoxins, aflatoxin B1, and ochratoxin A in chicken and eggs in some Cameroon urban areas and population dietary exposure. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022: 5541049. DOI: <https://www.doi.org/10.1155/2022/5541049>
- World health organization (WHO) (2011). Influenza at the human-animal interface. Summary and assessment, 5 December 2011. Available at: <https://www.who.int/publications/m/item/influenza-at-the-human-animal-interface-summary-and-assessment-5-dec-2011>
- World health organization (WHO) (2017). What is one health? Available at: [https://www.onehealthcommission.org/en/why\\_one\\_health/what\\_is\\_one\\_health/](https://www.onehealthcommission.org/en/why_one_health/what_is_one_health/)