

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

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

LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
LABORATORY OF HYDROBIOLOGY AND ENVIRONMENT

**Caractéristiques de l'eau et du fourrage vert
consommés par les bovins, et du lait cru produit
dans certaines zones pastorales de la Région de
l'Ouest Cameroun**

THESE

Présentée et soutenue le 08 décembre 2022 en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Animaux

Option : **Hydrobiologie et Environnement**

Par

Pierrette NGO BAHEBECK

Matricule : 07Q829

Master ès-Sciences



Devant le jury constitué de :

Président : ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert, Professeur, Université de Yaoundé I

Rapporteur : NOLA Moïse, Professeur, Université de Yaoundé I

Examineurs: NGAKOU Albert, Professeur, Université de Ngaoundéré
KANSCI Germain, Professeur, Université de Yaoundé I
AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, Professeur, Université de Yaoundé I

Année 2022

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix - Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
FACULTE DES SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé
Tél: (237) 242239584
Fax: (237) 242234496



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
FACULTY OF SCIENCE

P.O. BOX 812 Yaounde
Phone: (237) 242239584
Fax: (237) 242234496

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

ATTESTATION DE CORRECTION DE LA THESE DE DOCTORAT/PHD

Nous soussignés, **Professeurs ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert, NGAKOU Albert, KANSCI Germain, AJEAGAH Gideon AGHAINDUM**, membres du jury de soutenance de la thèse de Doctorat/Ph.D présentée par Madame **Pierrette NGO BAHEBECK**, Matricule **07Q829**, thèse intitulée :

« **Caractéristiques de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et du lait cru produit dans certaines zones pastorales de la Région de l'Ouest Cameroun** » et soutenue en vue de l'obtention du diplôme de **Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Animaux**, attestons que toutes les corrections demandées par le jury de soutenance en vue de l'amélioration de ce travail, ont été effectuées.

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

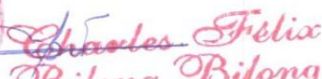
Fait à Yaoundé, le...**1.2. JAN. 2023**.....

Examineurs






Chef de Département


**Charles Félix
Bilong Bilong**
Professeur

Président du Jury


ZEBAZE TOGOUET

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

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTE DES SCIENCES
LISTE PROTOCOLAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

ANNÉE ACADEMIQUE 2021/2022
 (Par Département et par Grade)
DATE D'ACTUALISATION 22 juin 2022

ADMINISTRATION

DOYEN : TCHOUANKEU Jean- Claude, *Maître de Conférences*
VICE-DOYEN / DPSAA: ATCHADE Alex de Théodore, *Maître de Conférences*
VICE-DOYEN / DSSE : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*
VICE-DOYEN / DRC : ABOSSOLO ANGUE Monique, *Maître de Conférences*
Chef Division Administrative et Financière : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal, *Maître de Conférences*
Chef Division des Affaires Académiques, de la Recherche et de la Sclarité DAARS : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (39)			
N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1.	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2.	BOUDJEKO Thaddée	Professeur	En poste
3.	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
4.	FOKOU Elie	Professeur	En poste
5.	KANSCI Germain	Professeur	En poste
6.	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
7.	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
8.	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9.	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10.	ATOgho Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11.	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12.	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
14.	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	En poste
15.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
16.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
17.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	Doyen FS / UDs
18.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
19.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
20.	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
21.	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
23.	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
24.	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
25.	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Chargé de Cours	En poste
26.	DAKOLE DABOY Charles	Chargé de Cours	En poste
27.	DJUJKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargée de Cours	En poste
28.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste

29.	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
31.	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
32.	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargée de Cours	En poste
34.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
35.	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
36.	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
37.	WILFRED ANGIE Abia	Chargé de Cours	En poste
38.	FOUPOUPOUOGNIGNI Yacouba	Assistant	En poste
39.	MBOUCHE FANMOE Marceline J.	Chargée de Cours	En poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (51)			
1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS/FS</i>
2.	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
3.	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5.	DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
6.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>Vice Doyen/FMSB/UII</i>
7.	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
8.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	En poste
9.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
10.	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
11.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
12.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
13.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service Coord.Progr./MINSANTE</i>
14.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
15.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ MINESUP</i>
16.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
17.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
18.	JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
19.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
20.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
21.	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
22.	MONY Ruth épse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
23.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
24.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
25.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
26.	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
27.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
28.	DONFACK Mireille	Chargée de Cours	En poste
29.	ESSAMA MBIDA Désirée Sandrine	Chargée de Cours	En poste
30.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
31.	FEUGANG YOUNSSI François	Chargé de Cours	En poste
32.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
33.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste
34.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
35.	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
36.	LEME BANOCK Lucie	Chargée de Cours	En poste
37.	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
38.	METCHI DONFACK Mireille Flaure EPSE GHOUMO	Chargée de Cours	En poste

39.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Chargée de Cours	En poste
40.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
41.	NGOATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
42.	NJUA Clarisse Yafi	Chargée de Cours	<i>Chef Div. Uté Bamenda</i>
43.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargé de Cours	En poste
44.	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
45.	TAMSA ARFAO Antoine	Chargé de Cours	En poste
46.	YEDE	Chargé de Cours	En poste
47.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
48.	AMBADA NDZENGUE Georgia Elna	Assistante	En poste
49.	FOKAM Alvine Christelle Epse KEGNE	Assistante	En poste
50.	MAPON NSANGO Indou	Assistant	En poste
51.	NWANE Philippe Bienvenu	Assistant	En poste

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (33)			
1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef DAARS /UYII</i>
2.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
3.	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4.	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5.	YOUMBI Emmanuel	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
10.	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	<i>DAAC /UDla</i>
11.	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	<i>CE / MINRESI</i>
12.	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Maître de Conférences	En poste
13.	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT / MINRESI</i>
14.	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
15.	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16.	ONANA JEAN MICHEL	Maître de Conférences	En poste
17.	DJEUANI Astride Carole	Chargée de Cours	En poste
18.	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste
19.	GONMADGE CHRISTELLE	Chargée de Cours	En poste
20.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargée de Cours	En poste
21.	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
22.	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
23.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargée de Cours	En poste
24.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargée de Cours	En poste
25.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL Claude	Chargée de Cours	<i>En détachement/ UNESCO MALI</i>
26.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
27.	KABELONG BANAHOU Louis-Paul- Roger	Chargé de Cours	En poste
28.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
29.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
30.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
31.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
32.	TEMEGNE NONO Carine	Chargée de Cours	En poste
33.	MANGA NDJAGA JUDE	Assistant	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (31)			
1.	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	Florence UFI CHINJE épouse MELO	Professeur	<i>Recteur Univ.Ngaoundere</i>
3.	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé deMiss.PR</i>
4.	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
5.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
6.	NDIKONTAR Maurice KOR	Professeur	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
7.	NENWA Justin	Professeur	En poste
8.	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS Univ.Ngaoundere</i>
9.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
10.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
11.	EMADACK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
12.	KAMGANG YOUNBI Georges	Maître de Conférences	En poste
13.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
14.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
15.	KONG SAKEO	Maître de Conférences	En poste
16.	MBEY Jean Aime	Maître de Conférences	En poste
17.	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	En poste
18.	NEBAH Née NDO SIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>CT/ MINPROFF</i>
19.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
20.	NJOYA Dayirou	Maître de Conférences	En poste
21.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
22.	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
23.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
24.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
25.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
26.	KOUOTOU DAOUA	Chargé de Cours	En poste
27.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
28.	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
29.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
30.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
31.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (38)			
1.	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UYI</i>
2.	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département UDS</i>
3.	NYASSE Barthélemy	Professeur	En poste
4.	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP/ Chef de Département</i>
5.	WANDJI Jean	Professeur	En poste
6.	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
7.	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DPSAA</i>
8.	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
9.	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste
10.	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	En poste
11.	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
12.	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
13.	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste

14.	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
15.	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
16.	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
17.	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
18.	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
19.	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>C.E.A/ MINESUP</i>
20.	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>DAAC/Uté Bertoua</i>
21.	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
22.	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
23.	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
24.	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Doyen /FS/ UYI</i>
25.	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
26.	ZONDEGOUNBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
27.	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
28.	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
29.	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
30.	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
31.	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
32.	TCHAMGOUE Joseph	Chargée de Cours	En poste
33.	TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
34.	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
35.	MUNVERA MFIFEN Aristide	Assistant	En poste
36.	NONO NONO Éric Carly	Assistant	En poste
37.	OUETE NANTCHOUANG Judith L.	Assistante	En poste
38.	TSAFFACK Maurice	Assistant	En poste

6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)

1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef Div.MINESUP</i>
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Chef Dpt ENS/Chef IGA.MINESUP</i>
3.	NDOUNAM René	Maître de Conférences	En poste
4.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
5.	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	<i>Sous-Directeur/MINFOPRA</i>
6.	AMINOUE Halidou	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
7.	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
8.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
9.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
11.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
12.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
13.	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
14.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
15.	OLE OLE Daniel Claude Delort	Chargé de Cours	<i>Directeur adjoint ENSET. Ebolowa</i>
16.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
17.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
18.	EKODECK Stéphane Gaël R.	Assistant	En poste
19.	MAKEMBE S. Oswald	Assistant	En poste
20.	MESSI NGUELE Thomas	Assistant	En poste
21.	NKONDOCK BAHANACK N.	Assistant	En poste
22.	NZEKON NZEKO'O Armel J.	Assistant	En poste

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (31)

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

3.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
4.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
5.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
6.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
7.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>Chef Service des Programmes & Diplômes/FS/UII</i>
8.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
9.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS Rwanda</i>
10.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste
11.	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	<i>Chef Cellule MINEPAT</i>
12.	BOGSO ANTOINE MARIE	Chargé de Cours	En poste
13.	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
14.	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
15.	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
16.	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
17.	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
18.	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	<i>Chef Dpt /ENS Uté Maroua</i>
19.	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
20.	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
21.	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
22.	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
23.	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
24.	TETSADJIO TCHILEPECK M.	Chargé de Cours	En poste
25.	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
26.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
27.	LOUMNGAM KAMGA Victor	Assistant	En poste
28.	MBATAKOU Salomon Joseph	Assistant	En poste
29.	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
30.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
31.	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Assistant	En poste

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (22)

1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE/FS/UII</i>
3.	NWAGA Dieudonné M.	Professeur	En poste
4.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
5.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
6.	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
7.	KOITCHOU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Maître de Conférences	En poste
8.	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
9.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
10.	BODA Maurice	Chargé de Cours	En position d'absence irrégulière
11.	ESSONO OBOUGOU Germain G.	Chargé de Cours	En poste
12.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Chargée de Cours	En poste
13.	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	En poste
14.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
15.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
16.	MEYIN A EBONG Solange	Chargée de Cours	En poste

17.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
18.	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargée de Cours	En poste
19.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
20.	MONI NDEDI Esther Del Florence	Assistante	En poste
21.	NKOUÉ TONG ABRAHAM	Assistant	En poste
22.	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistante	En poste

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE (PHY) (43)

1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Professeur	En poste
3.	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
4.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
5.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
6.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	En poste
7.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
8.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
9.	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
10.	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
11.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de centre/IRGM/MINRESI</i>
12.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FSUniv/Bda</i>
13.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
14.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
15.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
16.	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
17.	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
18.	ENYEGUE A NYAM épse	Maître de Conférences	En poste
19.	EYEBE FOU DA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
20.	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
21.	HONA Jacques	Maître de Conférences	En poste
22.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
23.	MBONO SAMBA Yves Christian	Maître de Conférences	En poste
24.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
25.	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
26.	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
27.	VONDOU DerbetiniAppolinaire	Maître de Conférences	En poste
28.	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>Directeur/ENS/Uyi</i>
29.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
30.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
31.	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
32.	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	<i>Chef Cell. MINADER</i>
33.	MELI'I Joelle Larissa	Chargée de Cours	En poste
34.	MVOGO ALAIN	Chargé de Cours	En poste
35.	WOULACHE Rosalie Laure	Chargée de Cours	<i>Absente depuis Janvier 2022</i>
36.	AYISSI EYEBE Guy François V.	Chargé de Cours	En poste
37.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
38.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	En poste
39.	TEYOU NGOUPOU Ariel	Chargé de Cours	En poste
40.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Assistant	En poste
41.	LAMARA Maurice	Assistant	En poste

42.	NGA ONGODO Dieudonné	Assistant	En poste
43.	WANDJI NYAMSI William	Assistant	En poste

10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (42)			
1.	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
2.	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Professeur	En poste
3.	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
4.	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	<i>Chef de Département</i>
5.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
6.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
7.	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
8.	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
9.	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	<i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i>
10.	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	En poste
11.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
12.	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
13.	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	<i>Chef de Département /Uté Maroua</i>
14.	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	CT/ MINIMDT
15.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
16.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
17.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
18.	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
19.	ONANA Vincent Laurent	Maître de Conférences	<i>Chef service Maintenance & du Matériel/UYII</i>
20.	TCHAKOUNTE J. épouse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef.cell / MINRESI</i>
21.	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
22.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
23.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
24.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
25.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
26.	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
27.	ELISE SABABA	Chargé de Cours	En poste
28.	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
29.	EYONG JOHN TAKEM	Chargé de Cours	En poste
30.	MAMDEM TAMTO Lionelle E.	Chargée de Cours	En poste
31.	MBESSE CECILE OLIVE	Chargée de Cours	En poste
32.	MBIDA YEM	Chargé de Cours	En poste
33.	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
34.	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	<i>CD/ Uté Maroua</i>
35.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
36.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
37.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargé de Cours	En poste
38.	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
39.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
40.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
41.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste
42.	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste

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

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	8 (00)	14 (10)	15 (05)	02 (01)	39 (16)
BPA	14 (01)	11 (07)	22 (07)	04 (02)	51 (17)
BPV	06 (01)	10(01)	16 (09)	01 (00)	33 (11)
CI	09(01)	14(04)	08 (01)	00 (00)	31 (06)
CO	06 (01)	20 (04)	08 (03)	04 (01)	38(09)
IN	02 (00)	02 (00)	12 (01)	06 (00)	22 (01)
MAT	02 (00)	08 (00)	14 (01)	07 (01)	31 (02)
MIB	03 (01)	06 (02)	10 (03)	03 (02)	22 (08)
PHY	15 (01)	13 (02)	11 (03)	04 (00)	43 (06)
ST	07 (01)	16 (03)	18 (04)	01 (00)	42(08)
Total	72 (07)	114 (33)	134 (37)	32 (07)	352 (84)

Soit un total de

352 (84) dont :

- Professeurs **72 (07)**
- Maîtres de Conférences **114 (33)**
- Chargés de Cours **134 (37)**
- Assistants **32 (07)**

() = Nombre de Femmes **84**

DEDICACE

A mon Papa Jean Paul BAHBECK

REMERCIEMENTS

Je rends Grâce à DIEU Tout Puissant qui m'a guidé et m'a donné les ressources spirituelles, morales et physiques pour mener à bien ce travail.

Ce travail a été réalisé sous la direction du Professeur **Moïse NOLA**. C'est grâce à l'intérêt qu'il a toujours porté à mes recherches et aux activités de l'équipe d'Hydrobiologie et Environnement qu'une partie des difficultés rencontrées ont pu être surmontées. Qu'il soit assuré de mon grand attachement et veuille bien trouver dans cette thèse, le témoignage de ma profonde gratitude.

Il m'est agréable de remercier par anticipation le Président du jury et tous les éminents Membres du jury qui me feront l'honneur de juger ce travail.

J'exprime toute ma gratitude à l'endroit de tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales, de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, et notamment, son Chef, le Professeur **Charles-Félix BILONG BILONG** pour la formation reçue, le soutien tant sur le plan administratif qu'académique ; les enseignants d'Hydrobiologie et Environnement, en particulier les Professeurs **Gideon AJEAGAH AGHAINDUM**, **Serge Hubert ZEBAZE TOGOUET** et **Samuel FOTO MENBOHAN** ; les **Docteurs Marlyse MOUNGANG**, **Olive Vivien NOAH EWOTI**, **Antoine TAMSA ARFAO**.

Par ailleurs, je remercie :

- L'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) pour avoir financée une partie de mes travaux ;
- Le Professeur **Jules-Roger KUIATE**, Chef de Département de Biochimie de l'Université de Dschang, pour m'avoir accepté au laboratoire d'Unité de Recherche en Microbiologie et Substances Antimicrobiennes (URMSA) pour réaliser une partie de mes analyses physicochimiques et microbiologiques ;
- Le Directeur Général de l'IRAD, **Dr Noé WOIN** pour les nombreux encouragements et le soutien tant moral que financier reçu;
- Mes Directeurs de Recherche, **Dr Francis NGOME**, **Dr Eugène EHABE EJOLLE**, **Dr Henry BAYEMI**, **Dr Kingsley ETCHU AGBOR** pour leur conseil et encouragement ;
- Le Laboratoire accrédité d'Analyses des Sols, Plantes, Eaux et Engrais (LASPEE) de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement pour son aide dans la réalisation des analyses physicochimiques ;
- Les Docteurs **Claire METSOPKENG**, **Jean Samuel EHETH**, **Stephane LACMATA TAMEKOU** ;

- Mes camarades en particulier, **Joelle SIGNE MBIADA, Awawou MANOURE NJOYA, Yves POUTOUM YOGNE ;**
- Mes collègues **Sandra Olivia GHOMSI MAGNE, Mireille CHOUEGOUONG TUEDOM, Ghislaine NGUEMMOGUE, Gatien ENAMOU MBANGA, Nina Nindum SULEM YONG ;**
- Ma mère, Madame **Charlotte BAHEBECK née NGO YOKO** pour son soutien, ses prières, encouragements et conseils ;
- Mon époux **Dr Serge Alain EBELE** pour son affection, son soutien et tous les efforts consentis tout au long de ce travail de thèse ;
- Mes enfants **Jean Paul BAHEBECK EBELE, Monique Scarlet TCHIEGANG EBELE** et **Samuel Ariel FAMBON EBELE**, qui ont souffert de mon manque d'attention concernant leurs études durant la rédaction de cette thèse, je leur promets de ne plus les lâcher, et leur dit merci pour l'affection et les nombreux encouragements. Je les aime très fort ;
- Tous mes frères et sœur, **A.J YOKO BAHEBECK, Cressence Marina BAHEBECK et Victor Pierre BAHEBECK**, nous formons une famille unique. Ils ont toujours été à côté de moi pendant les moments difficiles. Merci pour leur soutien. Je tiens à leur exprimer ma reconnaissance pour tout l'amour et l'affection dont ils m'ont entouré quand j'ai eu besoin d'eux. Qu'ils trouvent en ce travail ma profonde gratitude. Que notre solidarité et amour fraternel nous aident à regarder toujours dans la même direction.

Aux oncles, tantes, cousins et cousines, je leur suis extrêmement reconnaissante pour les nombreux soutiens et encouragements reçus lors de la rédaction de cette thèse. Que Le Tout Puissant les bénisse.

Toute ma famille et tous mes amis qui me sont chers, un grand merci à tous pour ces moments privilégiés que l'on a pu partager durant cette aventure, et qui me laisseront des souvenirs impérissables.

Enfin, je tiens à remercier très sincèrement toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont encouragée et apportée une aide quelconque dans la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

LISTE PROTOCOLAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES.....	i
DEDICACE	x
REMERCIEMENTS	xi
SOMMAIRE	xiii
LISTE DES FIGURES.....	xvi
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	xxi
RESUME	xxiii
ABSTRACT	xxv
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I- REVUE DE LA LITTERATURE.....	4
I-1- SITUATION DE LA FILIERE LAITIERE AU CAMEROUN	5
I-1-1- Zones de production laitière au Cameroun.....	5
I-1-2- Systèmes d'élevage des bovins laitiers au Cameroun	5
I-1-3- Etat des lieux de la production laitière dans la Région de l'Ouest Cameroun	7
I-2- CARACTERISTIQUES DU LAIT DE VACHE ET SECRETION PAR LA MAMELLE.....	8
I-2-1- Caractéristiques du lait de vache	8
I-2-2- Facteurs de variation de la qualité du lait cru de vache.....	11
I-2-3- Sécrétion du lait par la mamelle	15
I-3- MICROBIOLOGIE DU LAIT CRU	18
I-3-1- Flore originelle	19
I-3-2- Flore de contamination	19
I-3-3- Risques sanitaires liés à la consommation du lait cru et des produits laitiers en Afrique.....	22
I-4- FOURRAGE VERT ET SON UTILISATION EN PRODUCTION LAITIERE	24
I-4-1- Habitat phyllosphérique.....	24
I-4-2- Composition botanique de la prairie et qualité de l'herbe.....	25
I-4-3- Stade/cycle de végétation et valeur alimentaire du fourrage.....	25
I-4-4- Performances des vaches laitières au pâturage.....	26
I-5- EAU D'ABREUVAGE	27

I-5-1- Origines de l'eau d'abreuvement	27
I-5-2- Qualité de l'eau d'abreuvement des bovins laitiers	29
I-5-3- Importance de l'eau d'abreuvement en production laitière	32
I-6- DIGESTION RUMINALE ET MICROBIOTE DU RUMEN	33
I-6-1- Anatomie et physiologie digestive des ruminants	33
I-6-2- Digestion des aliments	34
I-6-3- Microbiote ruminal	35
I-6-4- Principaux facteurs de variation du microbiote ruminal	36
I-7- GENERALITES SUR LES ANTIBIOTIQUES UTILISES EN ELEVAGE BOVIN	38
I-7-1- Classification et mode d'action des antibiotiques	38
I-7-2- Résistance des microorganismes aux antibiotiques	44
CHAPITRE II- MATERIEL ET METHODES	49
II-1- MATERIEL	50
II-1-1- Présentation de la Région de l'Ouest Cameroun	50
II-1-2- Choix et cartographie des exploitations laitières enquêtées et des sites d'échantillonnage	55
II-2- METHODES	59
II-2-1- Caractérisation des exploitations laitières de la Région de l'Ouest	59
II-2-2- Détermination de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit ...	60
II-2-3- Analyses microbiologiques de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit	66
II-2-4- Evaluation de la susceptibilité aux antimicrobiens des souches bactériennes isolées de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches et du lait cru produit	68
II-2-5- Analyses statistiques des données	71
CHAPITRE III- RESULTATS ET DISCUSSION.....	73
III-1- RESULTATS.....	74
III-1-1- Caractéristiques structurelles et fonctionnelles des exploitations enquêtées	74
III-1-2- Physicochimie de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit.....	84
III-1-3- Microbiologie de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit.....	94

III-1-4- Susceptibilité aux antibiotiques des souches bactériennes isolées du lait cru produit, de l'eau d'abreuvement, et du fourrage vert.....	117
III-2- DISCUSSION	123
III-2-1- Caractéristiques des exploitations laitières enquêtées	123
III-2-2- Qualité physicochimique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches et, du lait cru produit.....	128
III-2-3- Qualité microbiologique de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit	133
III-2-4- Sensibilité/résistance aux antimicrobiens des souches bactériennes isolées du lait cru produit, de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert.....	143
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	148
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	151
ANNEXES	184
LISTE DES PUBLICATIONS ISSUES DE LA THESE	203
LISTE DES COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES	203

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Principales races bovines impliquées dans l'industrie laitière dans la Région de l'Ouest Cameroun	8
Figure 2 : Anatomie de la glande mammaire de vache	15
Figure 3 : Structure de l'alvéole mammaire	16
Figure 4 : Origine globale des constituants du lait	18
Figure 5: Photos illustrant différents degrés d'état corporel des vaches.....	21
Figure 6: Anatomie de l'appareil digestif de bovin.....	34
Figure 7: Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant.....	35
Figure 8: Structure d'une bêta lactamine.....	39
Figure 9: Structure des aminoglycosides (la tobramycine)	40
Figure 10: Structure de l'Erythromycine, chef de file des macrolides	41
Figure 11 : Structures chimiques de l'acide nalidixique	41
Figure 12: Structure de base des cyclines.....	42
Figure 13: Schéma des deux types de paroi bactérienne	42
Figure 14: Ribosome en cours de translation	43
Figure 15 : Mécanismes d'action de la résistance antibiotique	46
Figure 16 : Localisation de la Région de l'Ouest Cameroun et des exploitations laitières enquêtées.....	57
Figure 17 : Carte pédologique des sites d'échantillonnage	59
Figure 18 : Ressources hydriques utilisées pour l'abreuvement du bétail dans la Région Ouest du Cameroun	61
Figure 19: Quelques fourrages verts de la Région de l'Ouest	62
Figure 20 : Collecte des échantillons de lait	63
Figure 21: Classification des exploitations selon leur nature juridique	74
Figure 22: Niveau d'instruction des dirigeants des exploitations enquêtées.....	75
Figure 23: Répartition des exploitations selon leur système d'élevage	75

Figure 24: Répartition des exploitations selon la ration de base distribuée aux vaches.....	77
Figure 25: Répartition des exploitations selon leur complémentation	78
Figure 26: Fréquence des différentes ressources d’abreuvement dans les exploitations enquêtées.....	78
Figure 27: Répartition des exploitations selon leur type de reproduction.....	79
Figure 28: Variation spatiale des valeurs moyennes des paramètres physicochimiques de l’eau d’abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun.....	85
Figure 29: Variation de la fluctuation temporelle des paramètres physicochimiques de l’eau d’abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun.....	86
Figure 30 : Variation spatiale des teneurs moyennes en Calcium et Magnésium du fourrage vert consommé par les vaches de quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun.....	87
Figure 31 : Variation temporelle des teneurs en Calcium et Magnésium dans le fourrage vert consommé par les vaches de quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun	88
Figure 32 : Variation spatiale des valeurs moyennes du pH, acidité titrable, matière sèche, densité, Calcium et Magnésium du lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun	90
Figure 33 : Variation temporelle des valeurs du pH, acidité titrable, matière sèche, densité, Calcium et Magnésium du lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun	91
Figure 34 : Projection des variables physicochimiques du lait cru sur le plan principal de l’ACP	92
Figure 35: Variation spatiale des valeurs moyennes des abondances cellulaires dans l’eau d’abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun.....	97
Figure 36: Variation temporelle des valeurs des abondances cellulaires dans l’eau d’abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun.....	99

Figure 37: Variation spatiale des valeurs moyennes des abondances cellulaires dans le fourrage vert consommé par les vaches de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun	101
Figure 38: Variation temporelle des valeurs des abondances cellulaires dans le fourrage vert de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun	103
Figure 39 : Variation spatiale des valeurs moyennes des abondances cellulaires dans le lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun	105
Figure 40 : Variation temporelle des valeurs des abondances cellulaires dans le lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun.....	107
Figure 41: Cercle de corrélation entre les variables microbiologiques et le facteur saison	108
Figure 42: Analyse en Composantes Principales (ACP) effectuée sur les paramètres physicochimiques analysés pendant la période d'étude	111
Figure 43: Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des exploitations laitières étudiées en fonction des paramètres physicochimiques analysés.....	112
Figure 44: Analyse en Composantes Principales (ACP) effectuée sur les paramètres microbiologiques analysés pendant la période d'étude	114
Figure 45: Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des exploitations laitières étudiées en fonction des paramètres microbiologiques analysés.....	115
Figure 46 : Susceptibilité des souches d' <i>Escherichia coli</i> aux antibiotiques	118
Figure 47 : Susceptibilité des souches de <i>Salmonella</i> sp. aux antibiotiques	119
Figure 48 : Susceptibilité des souches de <i>Brucella</i> sp. aux antibiotiques	120

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Provenance des germes de contamination du lait cru	19
Tableau II : Sources et niveaux de contamination du lait.....	20
Tableau III : Composition chimique et valeurs nutritionnelles de l'herbe nécessaire pour satisfaire les besoins d'une vache laitière pour une production de 20 kg de lait au pâturage	27
Tableau IV: Pluviométrie moyenne annuelle de la Région de l'Ouest.....	51
Tableau V : Caractéristiques des sites d'échantillonnage	58
Tableau VI : Différentes espèces de fourrages verts échantillonnés.....	62
Tableau VII: Diamètres d'inhibition (mm) obtenus avec la souche de référence <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922.....	71
Tableau VIII : Diamètres d'inhibition (mm) obtenus avec la souche de référence <i>Haemophilus</i> sp.	71
Tableau IX: Caractéristiques qualitatives et valeurs moyennes (\pm écart type) des variables des différentes exploitations enquêtées.....	76
Tableau X: Répartition des exploitations selon la fréquence du renouvellement de la litière. .	80
Tableau XI: Méthode de détermination du degré d'hygiène au niveau des étables.	81
Tableau XII: Répartition des exploitations selon le degré d'hygiène.....	81
Tableau XIII: Influence des caractéristiques structurelles et fonctionnelles des exploitations enquêtées sur la production laitière journalière des vaches	82
Tableau XIV : Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement et ceux du lait produit.....	93
Tableau XV : Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les paramètres physicochimiques du fourrage vert consommé par les vaches et ceux du lait produit.....	94
Tableau XVI: Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les abondances microbiennes du lait cru produit et celles de l'eau d'abreuvement des vaches ..	109
Tableau XVII: Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les abondances microbiennes du lait cru produit et celles du fourrage vert consommé par les vaches.....	110

Tableau XVIII : Distribution du nombre d'échantillons par exploitation laitière et par classe	113
Tableau XIX: Caractéristiques physicochimiques des différentes classes d'exploitations identifiées.....	113
Tableau XX : Distribution du nombre d'échantillons par exploitation laitière et par classe ..	115
Tableau XXI : Caractéristiques microbiologiques (abondances en Log10 (UFC/ml)) des différentes classes d'exploitations laitières identifiées.....	116
Tableau XXII: Valeurs <i>p</i> du test T de Student pour deux proportions comparant les souches sensibles (S), intermédiaires (I) et résistantes (R) d' <i>Escherichia coli</i> isolées du lait cru et de l'eau d'abreuvement d'une part et du lait et fourrage vert d'autre part	121
Tableau XXIII : Valeurs <i>p</i> du test T de Student pour deux proportions comparant les souches sensibles (S), intermédiaires (I) et résistantes (R) de <i>Salmonella</i> sp. isolées du lait cru et de l'eau d'abreuvement d'une part et du lait et fourrage vert d'autre part.....	122
Tableau XXIV : Valeurs <i>p</i> du test T de Student pour deux proportions comparant les souches sensibles (S), intermédiaires (I) et résistantes (R) de <i>Brucella</i> sp. isolées du lait cru et de l'eau d'abreuvement des vaches	122

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ACP	:	Analyses en Composantes Principales
AFNOR	:	Association Française de Normalisation
AGV	:	Acides Gras Volatils
ANSES	:	Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail
AOAC	:	Association of Official Agricultural Chemists
APHA	:	American Paint Horse Association
BHAM	:	Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles
CA-SFM	:	Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie
CIPC	:	Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles
COOPEB-CA	:	Coopérative des éleveurs de bétail de Babété avec conseil d'administration
EAC	:	Exploitation Agricole Collective
EAI	:	Exploitation Agricole Individuelle
ECDC	:	European Centre for Disease Prevention and Control
EDCH	:	Eaux Destinées à la Consommation Humaine
EFSA	:	European Food Safety Authority
EGM	:	Eléments Génétiques Mobiles
EIE	:	Exploitation Institutionnelle de l'Etat
EPS	:	Exopolysaccharides
EUCAST	:	European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing
FAO	:	Food and Agriculture Organization
FCFA	:	Franc des Colonies Françaises d'Afrique
FDA	:	Food and Drug Administration
GH	:	Hormone de Croissance
GIC	:	Groupe d'Initiative Commune
HNC	:	Higher National Certificate
HPI	:	Heifer Project International
IGF1	:	Insulin-like Growth Factor 1
IgG	:	Immunoglobuline G
INC	:	Institut National de Cartographie
INRA	:	Institut National de la Recherche Agronomique

IRAD	:	Institut de Recherche Agricole pour le Développement
KMO	:	Kaiser-Meyer-Olkin
LANAVET	:	Laboratoire National Vétérinaire
MH	:	Muller-Hinton
MINEPIA	:	Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries Animales
MS	:	Matière sèche
NF	:	Norme Française
NMC	:	National Mastitis Council
OIE	:	Office International des Epizooties
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
PC	:	Pâturage cultivé
PL	:	Production laitière
PLP	:	Protéines Liant les Pénicillines
PN	:	Pâturage naturel
PRODEL	:	Projet de Développement de l'Elevage
RA	:	Résistance aux antibiotiques
SARM	:	<i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méthicilline
SHU	:	Syndrome Hémolytique et Urémique
SODEPA	:	Société de Développement et d'Exploitation des Productions Animales
STEC	:	<i>E. coli</i> producteurs de toxines de Shiga
THG	:	Transfert Horizontal de Gènes
TSH	:	Thyroid Stimulating Hormon
UE	:	Union européenne
UFC	:	Unité Formant Colonies
VLDL	:	Lipoprotéines à très faible densité
WHO	:	World Health Organization

RESUME

La filière laitière est l'une à fort enjeu de sécurité alimentaire. Malgré l'importance du cheptel bovin camerounais, la production du lait est encore très faible. Le facteur limitant alimentaire est souvent montré comme la principale contrainte dans les élevages bovins. Une étude visant à évaluer la qualité de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et du lait cru produit a été menée dans quelques localités de la Région de l'Ouest Cameroun durant la période allant de 2019 à 2020. Après caractérisation des exploitations laitières de ladite région, la collecte des échantillons d'eau d'abreuvement, de fourrage vert consommé par les vaches, et du lait produit a été effectuée dans douze fermes agricoles dans les localités de Mbouda, Koutaba, Foubot et Fouban. Les analyses des facteurs abiotiques et des analyses microbiologiques ont été effectuées. Les paramètres abiotiques considérés ont été le Potentiel Hydrogène, la couleur, la turbidité, les teneurs en Calcium et Magnésium pour l'eau, les teneurs en Calcium et Magnésium pour le fourrage vert, et le Potentiel Hydrogène, la matière sèche, la densité, l'acidité titrable, les teneurs en Calcium et Magnésium pour le lait cru produit. Les microorganismes recherchés ont été les Bactéries Hétérotrophes Aérobies Mésophiles, les coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Brucella* sp., les lactobacilles, les levures et les moisissures. Il ressort que, trois systèmes d'élevage sont pratiqués dans la région. Le système extensif dans les arrondissements de Fouban et Bangangté, le système semi-intensif dans les arrondissements de Foubot et Koutaba et le système intensif à Mbouda. Le système semi-intensif domine avec deux à quatre vaches par éleveur (65,88 %). Les bovins laitiers de la région sont nourris pour la plupart de pâturage naturel riche en graminées et légumineuses. La ressource hydrique utilisée pour l'abreuvement du bétail est majoritairement constituée des puits aménagés (65,88 %). Le système d'élevage influence ($p < 0,001$) significativement la production laitière journalière. Il a été enregistré 17 ; 8,57 et 1,66 litres de lait par jour et par vache, respectivement dans le système intensif, semi-intensif et extensif. L'étude a révélé une faible minéralisation des eaux étudiées avec des teneurs moyennes de 42,66 mg/l de Calcium et 26,33 mg/l de Magnésium. Dans le fourrage vert consommé, ces teneurs en Calcium et en Magnésium ont été de l'ordre de 1673 et 1912 mg/kg respectivement. Par ailleurs, le Potentiel Hydrogène, la matière sèche, la densité et l'acidité titrable du lait produit ont présenté des variations relativement faibles. Les valeurs du Potentiel Hydrogène du lait ont varié entre 6,1 et 6,42 UC. L'acidité titrable s'est située entre 14,16 et 18,33 °D. Les valeurs de la matière sèche ont oscillé entre 128,48 et 129,36 g/l. La densité a fluctué entre 1,029 et 1,035 g/cm³. La plus grande amplitude de variation a été enregistrée pour les teneurs en Calcium (de 523,66 à 3045,33 mg/l) et en Magnésium (de

57,95 à 325,15 mg/l) avec des moyennes de 1215,87 mg/l et 160,41 mg/l respectivement. Les plus grandes concentrations de ces deux derniers paramètres ont été enregistrées en décembre et février (saison sèche) et les plus basses en avril (saison des pluies). Les teneurs en Calcium et Magnésium du fourrage vert consommé par les vaches ont influencé significativement ($p < 0,01$) celle du lait produit. Le dénombrement des colonies microbiennes a révélé des variations moyennes des abondances cellulaires allant de $1,4 \times 10^3$ à $4,5 \times 10^7$ UFC/ml dans l'eau d'abreuvement, de $3,1 \times 10^5$ à $3,2 \times 10^8$ UFC/g dans le fourrage vert et de $1,3 \times 10^4$ à $7,4 \times 10^7$ UFC/ml dans le lait produit. Les Bactéries Hétérotrophes Aérobies Mésophiles ont été plus abondantes aussi bien dans l'eau, dans le fourrage vert que dans le lait. Les abondances cellulaires les plus faibles ont été celles de *Salmonella* sp., d'*Escherichia coli* et des moisissures, respectivement dans l'eau, le fourrage vert et dans le lait. Le lait cru produit à Mbouda a été le moins contaminé suivis de celui de Foubot. Le lait le plus contaminé a été celui de Koutaba et Fouban. Il en ressort une mauvaise qualité microbiologique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et une forte contamination du lait produit. La dynamique d'abondance cellulaire des microorganismes retrouvés dans l'eau et dans le fourrage vert consommés a été significativement et positivement corrélée ($p < 0,001$) à celle du lait cru produit. Les tests d'antibiogrammes réalisés ont montré une grande résistance (56-100 %) des isolats d'*Escherichia coli* (n=148) à tous les antibiotiques testés appartenant à la famille des β -lactamines. Les isolats de *Salmonella* sp. (n=63) n'ont montré qu'une résistance à l'ampicilline (62-67 %). Les souches de *Brucella* sp. (n=105) ont montré une grande sensibilité (78-100 %) à la plupart des antibiotiques testés. La susceptibilité aux antibiotiques des souches d'*Escherichia coli*, de *Salmonella* sp. et *Brucella* sp. isolées de l'eau, du fourrage vert et du lait cru produit, n'a pas été différente d'un biotope à un autre ($p > 0,05$), révélant ainsi une similarité phénotypique entre les souches de ces trois biotopes. La mauvaise qualité du lait cru produit dans la région serait en partie liée à la mauvaise qualité de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches.

Mots clés : eau d'abreuvement, fourrage vert, lait cru, qualité microbiologique et physicochimique, antibiotiques.

ABSTRACT

The dairy sector is one of the most important food security sectors in Cameroon. Despite the size of the Cameroonian cattle population, milk production is still very low. The limiting factor of food is often shown as the main constraint in cattle breeding. A study to assess the quality of water and green fodder consumed by cows, and of raw milk produced was carried out in some localities of the West Cameroon Region during the period from 2019 to 2020. After characterizing the dairy farms in the said region, the collection of samples of watering water, green fodder consumed by cows, and milk produced was carried out in twelve farms in the localities of Mbouda, Koutaba, Foubot and Fouban. Analysis of the abiotic factors and microbiological analyses were carried out. The abiotic parameters considered were hydrogen potential, colour, turbidity, Calcium and Magnesium contents for water, Calcium and Magnesium contents for green fodder, and Hydrogen Potential, dry matter, density, titratable acidity, Calcium and Magnesium contents for the raw milk produced. The microorganisms investigated were Heterotrophic Aerobic Mesophilic Bacteria, total coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Brucella* sp., lactobacilli, yeasts and molds. It was found that three different farming systems are practiced in the region. The extensive system in the districts of Fouban and Bangangté, the semi-intensive system in the districts of Foubot and Koutaba and the intensive system in Mbouda. The semi-intensive system dominates with two to four cows per farmer (65.88 %). Dairy cattle in the region are mostly fed on natural pasture that is rich in grass and legum. The water resource used for watering the cattle is mainly made up of developed wells (65.88 %). The farming system had a significant influence ($p < 0.001$) on daily milk production. In the intensive, semi-intensive and extensive systems, 17, 8.57 and 1.66 liters of milk per day per cow were recorded, respectively. The study revealed a low mineralization of the studied waters with average contents of 42.66 mg/l of Calcium and 26.33 mg/l of Magnesium. In the green fodder consumed these Calcium and Magnesium contents were of the order of 1673 and 1912 mg/kg respectively. On the other hand, the Hydrogen Potential, dry matter, density and titratable acidity of the milk produced showed relatively small variations. The Hydrogen Potential of the milk varied between 6.1 and 6.42 UC. The titratable acidity ranged from 14.16 to 18.33 °D. Dry matter values ranged from 128.48 to 129.36 g/l. The density fluctuated between 1.029 and 1.035 g/cm². The greatest amplitude of variation was recorded for Calcium (from 523.66 to 3045.33 mg/l) and Magnesium (from 57.95 to 325.15 mg/l) contents with averages of 1215.87 mg/l and 160.41 mg/l respectively. The highest concentrations of the latter two parameters were recorded in December and February (dry season) and the lowest in April (rainy season). Calcium and magnesium content of the green fodder consumed by the cows significantly ($p < 0.01$)

influenced the content of the milk produced. Microbial colony counts revealed mean variations in cell abundance ranging from 1.4×10^3 to 4.5×10^7 CFU/ml in the drinking water, from 3.1×10^5 to 3.2×10^8 CFU/g in the green fodder and from 1.3×10^4 to 7.4×10^7 CFU/ml in the milk produced. Heterotrophic Aerobic Mesophilic Bacteria were most abundant in water, green fodder and milk. The lowest cell abundances were *Salmonella* sp., *Escherichia coli* and molds in water, green fodder and milk respectively. Raw milk produced in Mbouda was the least contaminated, followed by that of Foubot. The most contaminated milk was that from Koutaba and Fouban. The result was a poor microbiological quality of the water and green fodder consumed by the cows, and a high contamination of the milk produced. The cell abundance dynamics of the microorganisms found in the water and green fodder consumed were significantly and positively correlated ($p < 0.001$) with that of the raw milk produced. Antibiotic susceptibility testing showed high resistance (56-100 %) of *Escherichia coli* isolates (n=148) to all β -lactam antibiotics tested. *Salmonella* sp. isolates (n=63) showed only resistance to ampicillin (62-67%). *Brucella* sp. strains (n=105) showed high susceptibility (78-100 %) to most antibiotics tested. The antibiotic susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Brucella* sp. strains isolated from water, green fodder and raw milk produced, did not differ between the three biotopes ($p > 0.05$), thus revealing a phenotypic similarity between the strains from these three biotopes. The poor quality of the raw milk produced in the region would be partly related to the poor quality of the water and green fodder consumed by the cows.

Key words: drinking water, green fodder, raw milk, microbiological and physicochemical quality, antibiotics.

INTRODUCTION

L'utilisation du lait pour l'alimentation humaine est apparue il y a environ 11000 ans, lorsque l'agriculture au Moyen-Orient a commencé à remplacer la chasse et la cueillette (McLauchlin *et al.*, 2020). Actuellement, le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des africains (Mattiello *et al.*, 2018). Le lait de vache est très nutritif, riche en protéines, acides aminés essentiels, graisses, minéraux et vitamines (Hernández-Castellano *et al.*, 2019). Il joue un rôle important dans la sécurité alimentaire de nombreuses personnes, (FAO, 2019, Maiwore *et al.*, 2020). La consommation de lait cru et de fromage au lait cru augmente dans le monde entier avec la demande croissante d'aliments minimalement transformés, durables, sains et locaux (Ndahetuye *et al.*, 2020). Cependant, le lait constitue un excellent substrat pour la prolifération de germes pathogènes et une source importante d'infection bactérienne pour la santé humaine, lorsqu'il est consommé sans pasteurisation. La contamination du lait peut être due à des facteurs intrinsèques et extrinsèques. Elle peut provenir d'une mauvaise hygiène et d'un mauvais état de santé de la vache (Maiwore *et al.*, 2018a).

En dépit des avantages pour la santé, la contamination du lait cru par des agents pathogènes zoonotiques, comme *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., et *Brucella* sp. peut conduire à des maladies graves (Loss *et al.*, 2015 ; Mungai *et al.*, 2015 ; Costard *et al.*, 2017 ; Kuehn, 2018). En plus de la présence de bactéries potentiellement pathogènes, le lait cru contient des microbes résistants aux antibiotiques, et donc la consommation peut faciliter la dissémination de gènes de résistance aux antimicrobiens (RA) dans le tractus gastro-intestinal humain (Caudell *et al.*, 2018 ; Godziszewska *et al.*, 2018 ; Burakoff *et al.*, 2018; Alexa, 2020 ; Liu *et al.*, 2020). À l'heure actuelle, une compréhension globale du microbiome du lait cru fait défaut. D'où l'importance de considérer, dans la logique d'une seule santé (One Health), que la présence des agents pathogènes et de l'antibiorésistance dans l'environnement des bovins pourrait impacter la qualité du lait cru produit et représenter un enjeu majeur de santé. En effet, le secteur laitier dépend de ressources naturelles telles que la terre et l'eau. La production du lait nécessite d'importantes quantités de fourrage et d'eau. Ces derniers pourraient avoir une influence significative sur la qualité physicochimique et microbiologique du lait produit. Actuellement, l'eau n'est pas considérée comme un aliment pour les animaux et les contrôles officiels sont limités à l'alimentation complète des ruminants (aliments complémentaires et fourrages). L'effet de l'eau potable sur la composition du lait est négligé dans les études sur les animaux, bien que son importance ait été reconnue dans les études sur l'homme (Milis *et al.*, 2018).

Au Cameroun, dans certaines régions, le lait de vache produit est une denrée alimentaire prisée de tous. Mais, sa production se heurte à de nombreux problèmes de gestion. Les systèmes

de production sont principalement constitués de petites laiteries rurales dans lesquelles les animaux sont nourris à l'herbe, aux résidus de culture et/ou bien ils parcourent les terres à la recherche de pâturages. Les éleveurs préfèrent réserver les terres aux cultures et s'abstiennent de cultiver les aliments pour leurs animaux (Ebangi *et al.*, 2011; Kouamo *et al.*, 2017). De plus les pratiques d'hygiène de base ne sont pas respectées par les éleveurs (Maiworé *et al.*, 2018a). Dans ce contexte général peu performant en matière de lait, les pratiques alimentaires peuvent occasionner des laits de qualité douteuse.

Des études antérieures ont pris en compte la qualité microbiologique du lait cru produit dans les villes de Maroua (Région du Nord), Bamenda (Région du Nord-Ouest) et Buea (Région du Sud-Ouest). Ces études ont montré que le lait cru produit dans ces villes héberge les bactéries telles que *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp. et *Streptococcus*. Plusieurs souches bactériennes isolées de ces laits ont présenté un niveau élevé de résistance aux antibiotiques tels que l'érythromycine, la vancomycine, la tétracycline et l'oxacilline entre autres (Maiwore *et al.*, 2020 ; Bissong *et al.*, 2020).

Malgré ces informations, les données sur la qualité de l'eau d'abreuvement du bétail, des aliments consommés ainsi que celle du lait cru issu des élevages bovins de la Région de l'Ouest Cameroun sont rares. En outre, l'on sait peu de choses sur la contribution de divers facteurs biotiques et abiotiques de l'eau d'abreuvement et des aliments consommés par les vaches sur la qualité du lait cru produit dans les exploitations laitières du Cameroun. De plus, le mécanisme de biorésistance des bactéries dans le lait cru est peu documenté. C'est dans ce cadre que s'insère le travail dont l'objectif général est d'évaluer la qualité de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit dans quelques localités de Région de l'Ouest Cameroun. Plus spécifiquement, il s'agit :

- de faire l'état des lieux de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest ;
- d'analyser la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et celle du lait cru produit dans quelques exploitations;
- d'évaluer la susceptibilité aux antibiotiques des souches bactériennes isolées dans les différents biotopes (eau d'abreuvement, fourrage vert et lait cru produit).

Le présent manuscrit est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique. Le deuxième chapitre présente le matériel et les principales méthodes utilisés. Le troisième chapitre expose les principaux résultats obtenus et les interprétations ainsi que la discussion. Le travail se termine par une conclusion, des recommandations et des perspectives.

CHAPITRE I- REVUE DE LA LITTERATURE

I-1- SITUATION DE LA FILIERE LAITIERE AU CAMEROUN

I-1-1- Zones de production laitière au Cameroun

Au Cameroun, l'élevage bovin est pratiqué dans trois zones agro-écologiques: la zone soudano-sahélienne qui s'étend sur les Régions du Nord et de l'Extrême Nord ; la zone des hautes savanes guinéennes qui s'étend sur le Plateau de l'Adamaoua et une partie de la Région de l'Est ; et la zone des Hauts Plateaux de l'Ouest qui couvre les Régions du Nord-Ouest et de l'Ouest. Le climat et la pluviométrie sont plus favorables à l'élevage dans les deux dernières zones (PRODEL, 2020).

Les principaux sites de production de lait au Cameroun sont localisés dans deux régions: l'Adamaoua et le Nord-Ouest. L'Adamaoua représente environ 30 % du cheptel bovin camerounais. Dans cette région, l'élevage bovin est l'activité principale du monde rural. Il occupe plus de 20 % de la population rurale. Au total, on compte 13 792 éleveurs dans la région. Il faut préciser que ce chiffre est très variable d'une année à l'autre à cause du nomadisme (Ebangi *et al.*, 2011). Le Nord-Ouest, la seconde zone de production de lait au Cameroun, représente environ 21 % du cheptel bovin. On compte environ 8000 éleveurs dans la région. L'agriculture occupe 72 % de la population soit 160 025 personnes. Toutefois, le lait est aussi produit dans les Régions de l'Ouest, du Nord, de l'Extrême Nord et de l'Est. Ces régions représentent 40 % du cheptel national (MINEPIA, 2017).

I-1-2- Systèmes d'élevage des bovins laitiers au Cameroun

Les ressources végétales disponibles, qui constituent la base de l'alimentation, déterminent les différents modes de conduite des troupeaux. Ainsi, trois systèmes d'élevage sont pratiqués au Cameroun : le système pastoral de type extensif, le système semi-intensif et le système intensif (ACDIC, 2006).

I-1-2-1- Système pastoral extensif

Dans ce système traditionnel, le lait est considéré comme un produit dérivé (sous-produit) de la viande de bœuf, utilisant des espèces exclusivement de races locales telles que le Goudali, le Red Fulani et le White Fulani. Le lait est traité à la main par les femmes et les enfants. Après consommation, les quantités additionnelles de lait sont bouillies et vendues comme lait liquide. Ce système est pratiqué dans l'ensemble du territoire (80 à 85 %). On estime à 200000 personnes les éleveurs qui pratiquent ce système ((Boukar *et al.*, 2016).

Dans ce système, les vaches trouvent leur alimentation dans la nature. Leur rendement journalier est en moyenne de 1,5 litre par jour. Ce rendement reste encore très faible pour une

production compétitive. Il n'existe pas de système de collecte structuré, ni de contrôle de qualité du lait et de ses dérivés et la reproduction est très peu contrôlée (Kouamo *et al.*, 2017).

I-1-2-2- Système semi-intensif

Ce système d'industrie laitière est amélioré par rapport au système de production traditionnel. Il utilise un cheptel métissé avec un pâturage approprié. L'alimentation des vaches est complétée par un apport supplémentaire en son de riz, grain de palme, son de blé, tous en petite quantité. Les animaux utilisent très souvent les résidus d'exploitation agricole tels que les noix, la paille de riz, le fourrage de banane etc. Il y a aussi un supplément de produits dérivés agro-industriels tels que les noix de palme, les grains brassés et les gousses d'arbre (Blama *et al.*, 2016).

Ces améliorations permettent de conduire les troupeaux de façon homogène, d'augmenter les qualités de lait produit, de faciliter la collecte et même de suivre les vaches (performance et sanitaire). La production, la reproduction et l'alimentation des vaches sont contrôlées. Dans la Région Ouest des montagnes, de tels systèmes sont pratiqués par la population Tikar (autochtone) (Kouamo *et al.*, 2017).

Dans le système semi-intensif, la commercialisation se fait aussi bien à travers le porte à porte, que sur les marchés locaux ou voisins. Les produits sont vendus sous forme de lait écrémé caillé, de lait entier caillé ou encore de beurre. Les prix de vente sont très variables et fonctions de l'unité de mesure, de la localité et de la saison. Au Cameroun, ces pasteurs détiennent plus de 20% du cheptel soit 1,2 millions de têtes (Maiworé *et al.*, 2018a).

I-1-2-3- Système intensif

Les fermes de production laitière en système intensif sont encore rares au Cameroun et ne se rencontrent que dans les Régions du Nord-Ouest et de Bamenda. Elles ont été créées le plus souvent par des opérateurs privés (industriels, hommes politiques, cadres,...) avec l'appui d'institutions publiques (recherche). Elles sont devenues les lieux privilégiés des essais de croisements entre des races locales et exotiques en association avec des centres de recherche ou en utilisant des spécialistes de l'élevage (vétérinaires privés) (Kouamo *et al.*, 2017).

Dans ce système, les animaux ne se déplacent pas et on y pratique la technique de « zéro pâturage ». Les vaches sont nourries sur place et on note un apport considérable en aliment concentré. Les vaches sont toutes de race pure et le rendement en lait est fortement supérieur à celui des races traditionnelles. Cependant, le nombre de fermiers dans ce système est assez réduit, et ceux qui le pratiquent souffrent d'un excédent de travail dû au manque de machines.

On note un besoin de développer un système efficace de gestion afin de réduire cette charge de travail (Kouamo et Pa-ana, 2018).

Au Cameroun, 5 % du cheptel (soit 300 mille têtes) sont détenus par les opérateurs pratiquant ce système. Ceux-ci sont installés dans la zone de Bamenda, de l'Adamaoua et de Tadu. Leurs troupeaux de races laitières (Jersey, Montbéliarde et Holstein) sont répartis dans trois grandes fermes (SODEPA, Tadu Dairy Cooperative Society et Heifer Projet International) (PRODEL, 2020).

I-1-3- Etat des lieux de la production laitière dans la Région de l'Ouest Cameroun

La Région de l'Ouest est un grand bassin de production agricole et d'élevage mais qui traîne dans la production et la transformation du lait. Cette production laitière est encore insuffisante, au moment où le Cameroun se bat pour relancer son économie pour l'émergence du pays, où les réfugiés de guerre du Nord-Ouest et du Sud-Ouest Cameroun affluent et où les nourrissons meurent encore de malnutrition (MINEPIA, 2016). La production de lait au Cameroun doit être vue comme une opportunité de développement. En effet dans certaines localités de la région de l'Ouest, (Koutaba, fouban, fombot...) l'élevage bovin et la production laitière sont les principales activités. C'est alors qu'a été annoncé très prochaine la création des centres de transformation de lait notamment à Didango, Arrondissement de Koutaba, région de l'Ouest (1^{er} centre de collecte). Ceci dans le but de voir ces grands bassins de production laitière densifier leur quantité pour rééquilibrer la balance commerciale et de consommation de lait, déficitaire d'environ 40 milliard de FCFA /an (MINEPIA, 2017). En outre le projet de développement de l'élevage (PRODEL) dispose d'un financement d'environ 60 milliard de FCFA pour soutenir les éleveurs au cours des trois prochaines années (années 2021, 2022 et 2023) et donner une impulsion à la filière laitière. Par ailleurs, à l'occasion de la journée mondiale du lait, le gouvernement a ainsi lancé un appel aux producteurs de lait, le 12 juin 2020 à didango, Arrondissement de koutaba. Ainsi, l'état des lieux de la production de lait dans la région de l'Ouest passera tout d'abord par la maîtrise des statistiques, le volume actuel de lait produit, le niveau des infrastructures et l'état sanitaire du lait produit (PRODEL, 2020).

Les races bovines impliquées dans l'industrie laitière dans la Région de l'Ouest Cameroun sont les *Bos indicus* (Goudali, Red Fulani, White Fulani) et les races importées Holsteins (Sandjo, 2020) (Figure 1).

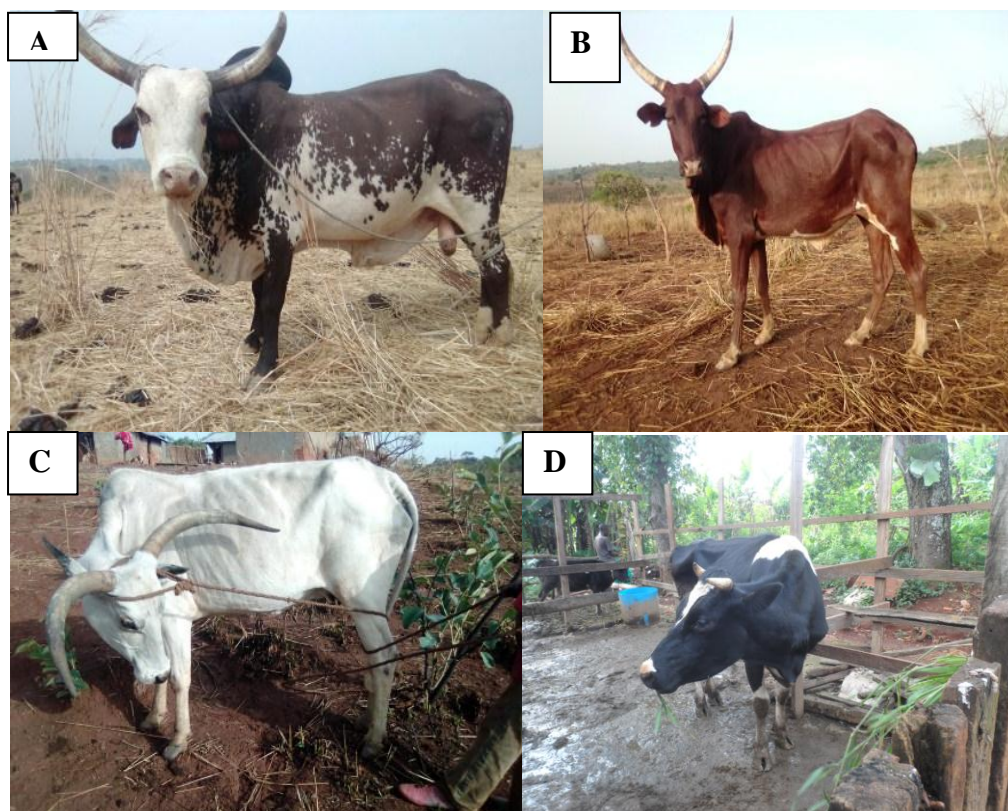


Figure 1: Principales races bovines impliquées dans l'industrie laitière dans la Région de l'Ouest Cameroun : *Bos indicus* Goudali (A), Red Fulani (B), White Fulani (C) et *Holstein Friesian* (D) (Sandjo, 2020)

I-2- CARACTERISTIQUES DU LAIT DE VACHE ET SECRETION PAR LA MAMELLE

I-2-1- Caractéristiques du lait de vache

I-2-1-1- Propriétés physicochimiques du lait

I-2-1-1-1- Potentiel Hydrogène (pH)

Le Potentiel Hydrogène (pH) du lait de vache varie habituellement entre 6,5 et 6,7 (à 20 °C) : il est donc très légèrement acide (El-Hatmi *et al.*, 2015). Ce pH tend à décroître quelque peu au cours d'une lactation en raison de l'augmentation du taux de caséines et de phosphates qu'il renferme. Mais hormis ces variations mineures, qui restent dans les limites précitées, le pH du lait ne change théoriquement pas et constitue un indice de son état de fraîcheur. En effet, lors d'un manque de fraîcheur, les bactéries lactiques transforment le lactose en acide lactique qui diminue le pH du lait. De même, comme le colostrum est acide, un lait au pH trop faible peut aussi être le révélateur de la présence de colostrum, c'est à dire d'une traite trop précoce. A

l'inverse, en cas de mammite, le pH augmente car le lait renferme alors des substances basiques (Vignola, 2010).

I-2-1-1-2- Acidité titrable

Exprimée en degrés Dornic, l'acidité titrable correspond à la quantité d'acide lactique que l'on neutraliserait avec de la soude N/9 en présence de la phénolphthaléine comme indicateur coloré, de telle sorte qu'1°D équivaldrait à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait. Un tel dosage ne renseigne pas sur la quantité d'acide lactique dans le lait mais sur son acidité globale qui repose sur l'ensemble de ses constituants acides et sur sa teneur en matière sèche. Elle doit être comprise entre 15 et 18 °D (CIPC-Lait, 2011).

I-2-1-1-3- Densité

La densité du lait correspond au rapport de la masse d'un volume de lait à une température donnée sur celle du même volume d'eau à la même température. La densité du lait de vache est généralement comprise entre 1,023 à 1,040 g/cm³ AFNOR. Elle varie dans le même sens que la richesse en matière sèche du lait, c'est à dire qu'un lait plus riche en matière sèche sera a priori plus lourd (Chandan et Kilara, 2010).

I-2-1-1-4- Matière sèche totale

L'ensemble des constituants du lait, à l'exception de l'eau et des gaz dissous, constitue la matière sèche totale ou extrait sec total. Un litre de lait en contient 125 à 130 g. La matière sèche dégraissée, improprement appelée extrait sec dégraissé est la différence entre la matière sèche totale et la matière grasse. Les laits normaux en contiennent 90 à 96 g par litre, la moyenne est de l'ordre de 93 g/l. Une valeur inférieure à 85 g/l autorise à suspecter le mouillage. La matière sèche dégraissée est beaucoup plus constante que la teneur en matière sèche totale, la matière grasse étant le constituant dont le taux varie le plus (Gaddou *et al.*, 2014).

I-2-2-2- Composition du lait de vache

Le lait est le produit de sécrétions des glandes mammaires des mammifères comme la vache, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant. Le lait est un aliment liquide, complet et très nourrissant, réunissant tous les composants nécessaires à une bonne alimentation (Billa, 2020).

I-2-2-2-1- Eau

L'eau est l'élément quantitativement le plus important du lait (900 à 910 g par litre). En elle, est dispersée tous les autres constituants du lait. La présence d'un dipôle et doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire est ce qui lui permet de

former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum (Chandan et Kilara, 2010).

I-2-2-2-2- Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre de lait. Elle est constituée par 98,5 % de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1 % de phospholipides polaires et 0,5 % de substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K. La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qu'est le lait écrémé (Lopez, 2011).

I-2-2-2-3- Protéines

Le taux protéique correspond au taux de matières azotées totales du lait et représente 32 à 35 g par litre de lait. Les protéines du lait représentent 95 % des matières azotées. Les 5 % restants sont constitués d'acides aminés libres, de petits peptides, d'azote non protéique (urée essentiellement), de créatinine et d'acide urique (Hafeez *et al.*, 2014). Les protéines sont classées en deux groupes selon leur solubilité à pH 4,6 et à 20°C. Les protéines coagulables, ou caséines, et les protéines solubles, ou protéines du lactosérum. Les caséines sont des phosphoprotéines organisées dans le lait sous forme de micelles (Léonil *et al.*, 2013). Chez les bovins, les types de caséines sont au nombre de quatre : α S1, α S2, β et κ dans un rapport molaire respectif de 4 ; 1 ; 3,5 et 1,5 dans le lait (Dalgleish et Corredig, 2012). Les micelles contiennent également des minéraux, essentiellement du Phosphate de Calcium (90 %) et des ions Magnésium et Citrate (10 %). Les protéines du lactosérum sont obtenues après avoir éliminé les caséines et les lipides par centrifugation et précipitation sélective à pH 4,6. Le lactosérum chez la vache contient en majorité de l' α -lactalbumine, de la β -lactoglobuline, de l'albumine, de la lactoférine, de la transférine et des anticorps (Miranda *et al.*, 2020).

I-2-2-2-4- Glucides

Le sucre principal du lait est le lactose. C'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 50 g par litre de lait (Pacheco, 2016). Le lactose est fermentescible par de nombreux microorganismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers. La fermentation lactique due aux bactéries lactiques naturelles qui utilisent le lactose en le transformant en acide lactique. La fermentation propionique due aux bactéries propioniques qui transforment le lactose en acide propionique et en acide acétique. La fermentation butyrique due aux bactéries du genre

Clostridium qui utilisent l'acide lactique déjà produit en le transformant en acide butyrique. La fermentation alcoolique due à des levures qui hydrolysent le lactose en glucose et galactose et qui transforment ensuite le glucose en alcool éthylique (Adediran et Aforijiku, 2020).

I-2-2-2-5- Minéraux et vitamines

Les minéraux du lait (7g à 7,5g/l) sont fondamentaux d'un point de vue nutritionnel et technologique. Les minéraux sont présents, soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles. Les ions calcium, phosphore, magnésium et soufre existent dans les deux fractions (Zwierzchowski et Ametaj, 2019).

En raison de la présence concomitante de lactose et de phosphopeptides (produits d'hydrolyse de la caséine), les minéraux sont de tous les éléments du lait, ceux qui sont les mieux adsorbés et retenus. A cet égard, le rapport calcium/phosphore du lait de vache (voisin de 1,2), bien qu'inférieur à celui du lait maternel (voisin de 2,2), est de loin supérieur à celui des autres denrées alimentaires, faisant du lait une excellente source de calcium et un bon correctif des rations pauvres en calcium (Gille et Schmid, 2015). Parmi les minéraux majeurs, on peut citer le Calcium (1,25 g/l), le Potassium (1,25 g/l), le Phosphore (1 g/l), le Chlore, (1 g/l), le Sodium (0,5 g/l), le Magnésium (0,12 g/l) (Zwierzchowski et Ametaj, 2019).

Les vitamines, quant à elles, sont présentes sous forme liposoluble, comme la vitamine A, D et E, ou sous forme hydrosoluble, comme la vitamine B. Cette dernière, et plus spécialement la B12, est fortement présente chez les ruminants comparativement aux monogastriques du fait de son origine microbienne (Gille et Schmid, 2015).

I-2-2- Facteurs de variation de la qualité du lait cru de vache

Le lait constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe. Les principaux facteurs de variation du lait sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation, hygiène de la traite) (Billa, 2020).

I-2-2-1- Facteurs intrinsèques

I-2-2-1-1- Facteurs génétiques

Les polymorphismes au sein d'une même espèce permettent de définir des races. Les polymorphismes de chaque race peuvent affecter divers paramètres tels que la synthèse ou la

sécrétion de certains constituants du lait comme les protéines (Sanchez *et al.*, 2017). Il existe différentes races de vaches laitières, chacune ayant des caractéristiques phénotypiques qui leur sont propres, telles que le potentiel de production de lait, la composition du lait, les performances de reproduction, la santé ou la facilité d'élevage (Balandraud *et al.*, 2019). Par exemple, les comparaisons de réponses de vaches Holstein et Montbéliarde à divers systèmes d'élevage (systèmes à l'herbe, système extensif et semi-extensif) ont montré une plus grande sécrétion de lait, de matière grasse, de matière protéique et de lactose chez la race Holstein (Pires *et al.*, 2015).

I-2-2-1-2- Stade de lactation

La lactation se divise en quatre phases : la phase de sécrétion du colostrum, le début, le milieu et la fin de lactation. Durant les cinq à sept premiers jours de lactation, la vache produit le colostrum destiné au nouveau-né. Sa composition est adaptée pour lui fournir tous les nutriments dont il a besoin. Il est particulièrement riche en protéines (essentiellement des immunoglobulines et des facteurs antimicrobiens). Après, la production de lait diminue graduellement et la composition change au cours du temps (Larsen et Moyes, 2015). Les taux de matière grasse et de matières azotées, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois. Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques que les laits sécrétés par les animaux âgés (Kaouche-adjlane et Mati, 2017).

I-2-2-1-3- Age et nombre de vêlage

La quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{ème}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{ème}. Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (Mansour, 2015).

I-2-2-1-4- Etat sanitaire

Lors d'infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait (Srairi *et al.*, 2013). Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait. La mammite, par exemple, réduit la teneur en caséine et en lactose, tandis qu'elle augmente les

teneurs en protéines totales tout en altérant la qualité microbiologique du lait produit (Pacheco, 2016).

I-2-2-2- Facteurs extrinsèques

I-2-2-2-1- Alimentation

Les facteurs alimentaires ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche (Bony *et al.*, 2005 ; Sraïri *et al.*, 2009 ; Gabbi *et al.*, 2013 ; Kaouche-Adjlane *et al.*, 2014 ; Kaouche-Adjlane *et al.*, 2015 ; Kaouche-Adjlane et Mati, 2017). L'alimentation joue un rôle important dans la composition du lait. Elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matière grasse, de protéines et de minéraux du lait (INRA, 2010). Ces effets se manifestent aussi bien à travers le type d'aliment distribué à l'animal que son mode de présentation et de distribution. En dehors de l'effet de la race des vaches laitières, ce sont les variables de maîtrise de l'alimentation qui permettent le mieux d'expliquer les variations de la composition chimique du lait (nature des fourrages et niveau des apports nutritifs) (Agabriel *et al.*, 1995).

Ainsi les vaches ayant une ration pauvre en calcium, développe une hypocalcémie entraînant la fièvre de lait. Cette dernière, également appelée hypocalcémie puerpérale, est une hypocalcémie clinique peripartum. En d'autres termes, il s'agit d'une chute importante de la concentration sanguine en Calcium, qui entraîne l'apparition de signes cliniques chez l'animal. Elle résulte de l'incapacité de l'animal à mobiliser ses réserves de Calcium pour faire face aux besoins accrus de la lactation. Notons que la fièvre de lait entraîne la baisse des teneurs en Calcium dans le lait (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

L'acidose subaigüe du rumen, également appelée acidose subclinique du rumen est également une pathologie alimentaire des vaches laitières. Le pH du fluide ruminal diminue quand les acides gras volatils ou l'acide lactique s'accumulent dans le rumen (Dijkstra *et al.*, 2012). Une baisse trop importante du pH résulte en l'acidose ruminale. Cette dernière peut être définie comme des périodes où le pH ruminal est inférieur à 5,5 ou 5,8. L'acidose affecte les fonctions du rumen. On observe généralement dans ces conditions une diminution de la prise alimentaire et de la digestion de la fibre ainsi qu'une inhibition de la synthèse de la protéine microbienne (Dijkstra *et al.*, 2012). Ces modifications entraînent une baisse de production laitière et des teneurs en matière grasse du lait (Pacheco, 2016). Les résultats d'études sur le pouvoir acidogène et le pouvoir tampon des aliments démontrent que les aliments énergétiques ont les pouvoirs acidogènes plus élevés, suivi des aliments fibreux (graminées), tandis que des aliments protéiques et les légumineuses ont généralement un pouvoir tampon, par conséquent

ils sont capables de neutraliser l'acidification et maintenir un pH stable. La maturité des fourrages a tendance à diminuer le pouvoir acidogène des fourrages (Brocard *et al.*, 2020).

Par ailleurs, la qualité microbiologique du lait a pu être associée la qualité du fourrage (Agabriel *et al.*, 1995 ; Tasci, 2011 ; Gabbi *et al.*, 2013). Certains de ces auteurs ont signalé une augmentation du nombre de levures et de moisissures consécutivement à une plus forte concentration de mycotoxines dans les aliments des bovins. Ces microorganismes selon ces auteurs sont transférés de l'alimentation au lait (Tasci, 2011).

I-2-2-2-2- Hygiène de la traite

L'hygiène lors de la traite constitue la première étape de récolte du lait. Le bon déroulement de cette étape est primordial pour obtenir un lait d'une bonne qualité sanitaire. Une mauvaise technique et hygiène de traite est donc à l'origine d'introduction de germes dans la mamelle et de contamination du lait (FAO, 2018). Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes/ml). A sa sortie du pis, il est pratiquement stérile et est protégé par des substances inhibitrices appelées lacténines à activité limitée dans le temps (une heure environ après la traite) (Lindahl *et al.*, 2018).

Sur le plan pratique, un nettoyage correct de la mamelle avant la traite est indispensable pour assurer un lait de bonne qualité microbiologique. Les premiers jets récoltés lors de la traite doivent être éliminés car ils renferment un nombre de germes plus important que le reste du lait et qui sont de l'ordre de 2×10^5 à 5×10^5 germes par ml. Les jets ultérieurs ne renferment que 3×10^3 germes/ml et même moins de 10^3 germes/ml (Nyokabi *et al.*, 2021).

I-2-2-2-3- Saison et climat

Lorsque la vache sort de sa zone de confort thermique, elle souffre de ce que l'on appelle un stress thermique (Habeeb *et al.*, 2018). Pour lutter contre ce stress, son corps tente de restaurer des conditions favorables à son fonctionnement physiologique en éliminant l'excédent de chaleur dans l'environnement selon divers mécanismes tels que l'évapotranspiration, le rayonnement, la conduction et la convection (Wang *et al.*, 2018).

En période de lactation, elle génère d'importantes quantités de chaleur métabolique surenchérisant le surplus de chaleur déjà induit à la suite du stress thermique (Wang *et al.*, 2018; Promket *et al.*, 2020). Ce dernier engendre ainsi une diminution de la production laitière, et une modification de la qualité du lait, soit par la variation de la composition du lait (teneur en protéines et en matières grasses), soit par la hausse de la fréquence des cellules somatiques dans

le lait et des mammites (Rojas-Downing *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2018; Amamou *et al.*, 2019; Blanco-Penedo *et al.*, 2020; Ji *et al.*, 2020; Promket *et al.*, 2020).

I-2-3- Sécrétion du lait par la mamelle

I-2-3-1- Anatomie de la glande mammaire et synthèse du lait

I-2-3-1-1- Anatomie de la glande mammaire

La glande mammaire chez la vache, est subdivisée en quatre quartiers fonctionnels et indépendants (Charton, 2017). Deux types de tissus sont présents dans la glande mammaire. L'épithélium, composé de canaux et d'alvéoles (ou acini), et le stroma, appelé aussi tissu conjonctif ou coussinet adipeux mammaire, qui assure le soutien des tissus producteurs. Ces tissus sont constitués de différents types cellulaires. L'épithélium est divisé en lobes, eux même divisés en lobules formés d'acini ou alvéoles (Figure 2). La fonction sécrétrice des acini est assurée par une monocouche de cellules épithéliales luminales qui sont les cellules sécrétrices polarisées. Ces cellules se différencient de deux façons : en cellules luminales canalaire le long des canaux, ou en cellules productrices et sécrétrices de lait au niveau des alvéoles (Husvéth, 2011). Les acini sont bordés par des capillaires sanguins permettant l'apport d'éléments essentiels à la production du lait (glucose, AA, minéraux ...), et par des cellules myoépithéliales qui permettent, par leurs contractions, l'évacuation du lait dans les canaux qui finissent par se rejoindre dans la citerne (Charton, 2017) (Figure 3).

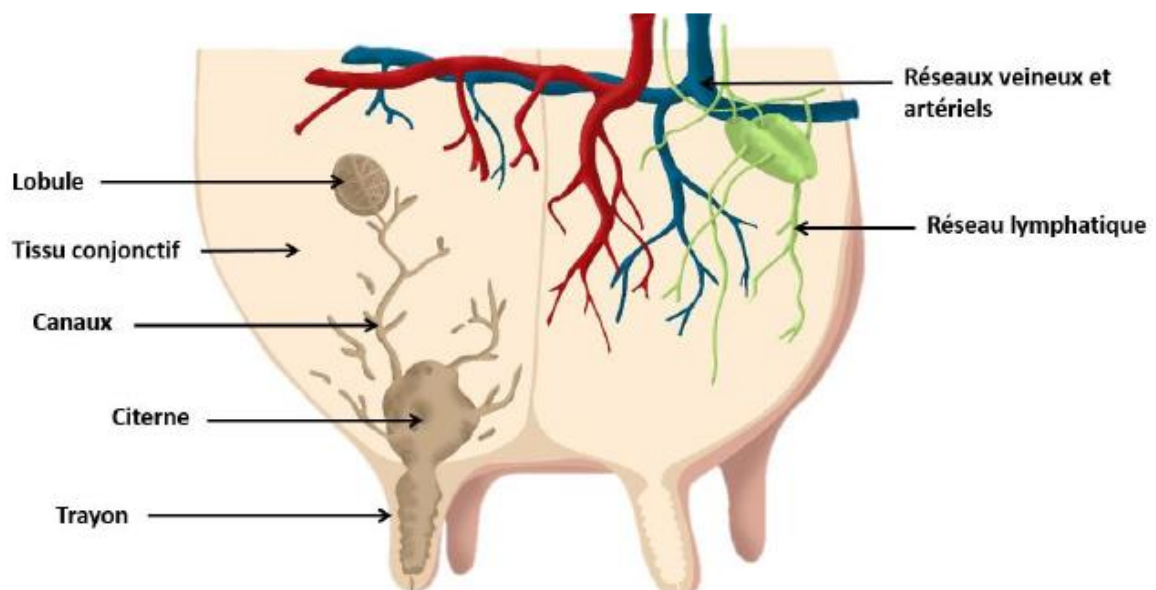


Figure 2 : Anatomie de la glande mammaire de vache (Charton, 2017)

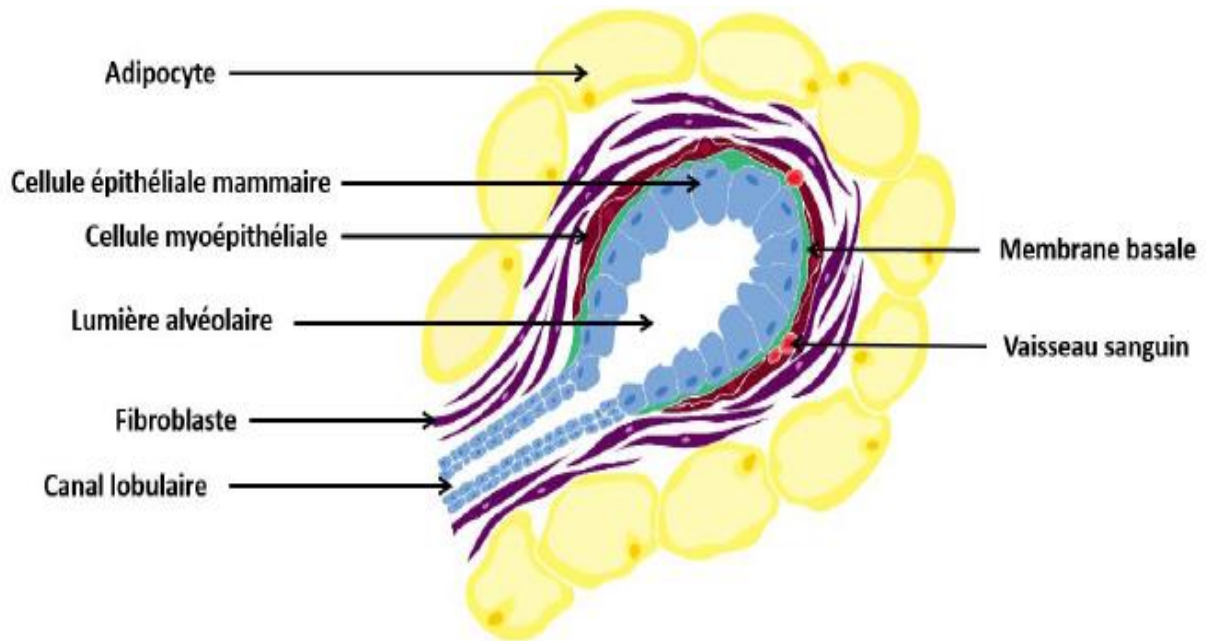


Figure 3 : Structure de l'alvéole mammaire (Charton, 2017)

I-2-3-1-2- Synthèse du lait dans les alvéoles

Les cellules lactogènes puisent dans le sang les éléments dont elles ont besoin pour synthétiser le lait. Certains composants sont directement filtrés depuis le sang vers le lait tandis que la majorité, sont prélevés dans le sang par les cellules épithéliales mammaires afin d'être utilisés comme précurseurs des synthèses qui se déroulent au sein de ces cellules lactogènes (Charton, 2017). La production varie avec le débit sanguin (Keshri *et al.*, 2019). L'augmentation du pourcentage du flux cardiaque destiné à la mamelle est proportionnelle à l'augmentation de production laitière. Ces modifications circulatoires influent aussi sur la concentration des nutriments filtrés par la mamelle. Pour produire un kg de lait, il faut qu'entre 400 et 500 kg de sang aient traversé la mamelle (Rattez, 2017).

Après sa synthèse, le lait est temporairement stocké dans la lumière des acini mammaires en attendant son transfert dans la citerne via les canaux galactophores lors de l'allaitement ou de la traite (Billa, 2020). L'expulsion active du lait hors des acini découle d'un processus neuroendocrinien. La stimulation des trayons génère un influx nerveux qui gagne le complexe hypothalamus-post-hypophyse par les nerfs mammaires et la moelle épinière, influx qui provoque une décharge d'ocytocine par la post-hypophyse. L'ocytocine est ensuite acheminée vers la mamelle par voie sanguine et induit la contraction des cellules myoépithéliales qui entourent les acini, d'où l'expulsion du lait. La quantité d'ocytocine augmente très rapidement après le début de la traite puis varie à des taux élevés pendant 6 à 8 minutes en moyenne avant de

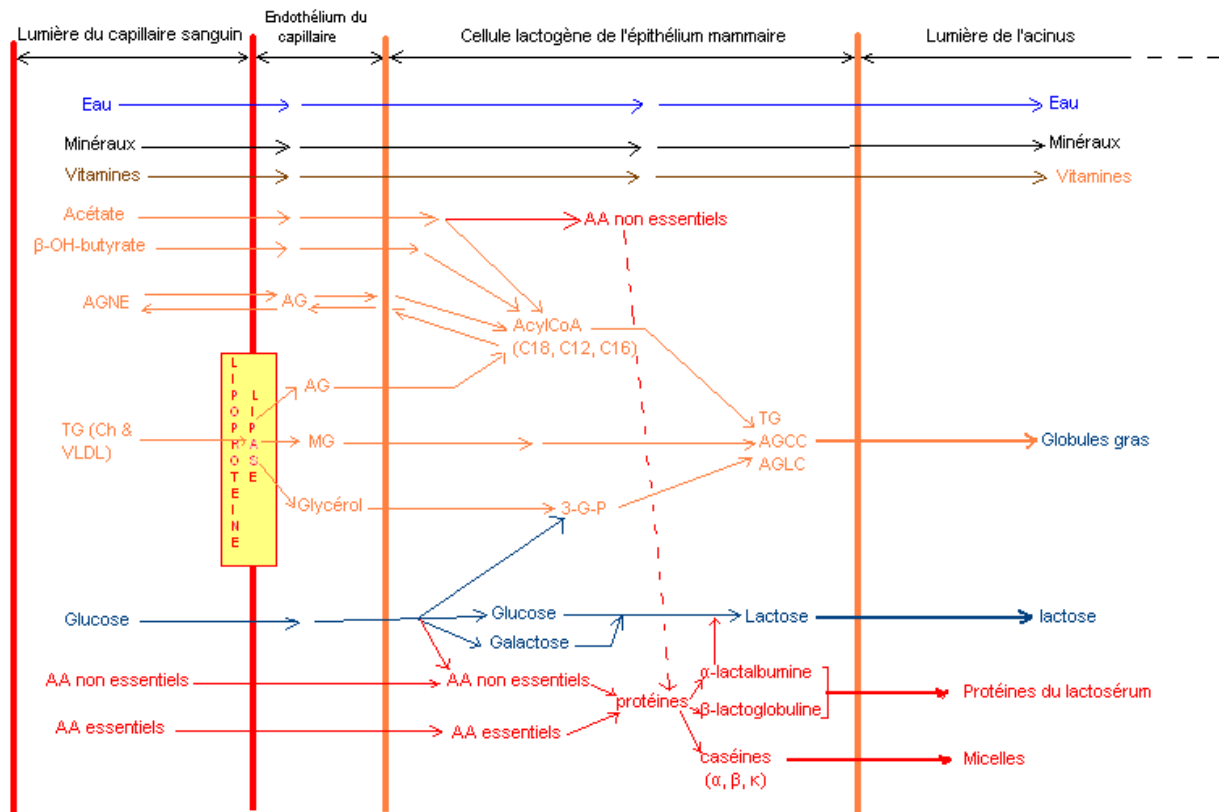
diminuer fortement. La décharge d'ocytocine est facilitée par le conditionnement de la femelle au rituel de la traite et stimulée par la vue du veau (Lacasse *et al.*, 2016).

I-2-3-2- Origine globale des divers composants du lait

Les constituants directement filtrés depuis le sang passent du sang à la lumière des acini à travers les cellules lactogènes de l'épithélium mammaire. C'est le cas de l'eau, l'urée, les minéraux et les vitamines (Figure 4). Cependant, les concentrations de ces éléments diffèrent entre sang et lait. On a en effet une concentration en Calcium bien plus élevée dans le lait que dans le sang (respectivement 1,23 et 0,1 g/l), le Potassium est lui aussi plus concentré dans le lait (1,51 g/l contre 0,25 g/l), et à l'inverse, le Sodium et le Chlore sont en concentrations bien moindres dans le lait par rapport au sang (Na : 3,36 g/l et Cl : 3,5g/l dans le sang) (Brodziak *et al.*, 2018).

Quelques protéines sont aussi directement issues du sang. Ce sont la sérumalbumine, la transferrine, certaines enzymes et anti-enzymes, et les Immunoglobulines G (IgG). La concentration en IgG du lait est supérieure à celle du sang car elles sont surtout amenées dans le lait par transport actif. On a ainsi 17 fois plus d'IgG dans le lait que dans le sang (et 20 fois plus dans le colostrum). En cas d'affection mammaire et au début de la lactation dans le colostrum, les concentrations de sérumalbumine et d'immunoglobuline sont beaucoup plus grande (Keshri *et al.*, 2019).

Des acides aminés, de la créatinine, de l'acide urique, de l'ammoniac et de la créatine viennent aussi du sang. Enfin, certains acides gras sont eux aussi transférés du sang au lait sans modification. Il s'agit de 50 % des acides gras à 16 atomes de carbone et des acides gras à plus de 16 atomes de carbone : ils viennent directement de l'alimentation et sont transportés par le sang sous forme d'acides gras non estérifiés, de chylomicrons et de VLDL (lipoprotéines à très faible densité) (Figure 4). La filtration opérée par les cellules lactogènes est donc active et sélective. Une partie des composants du lait provient ainsi du milieu sanguin, mais la majeure partie est synthétisée par les cellules lactogènes. Les constituants synthétisés par la mamelle sont majoritairement des protéines, une partie des acides gras et le lactose. Lorsque la teneur en éléments fabriqués par la mamelle diminue, celle des éléments venus du sang augmente (Keshri *et al.*, 2019).



AGNE = acides gras non estérifiés ; AG = acides gras ; AcylCoA (C18, C12, C16) = Acyl-coenzyme A ; MG = monoglycérides ; TG = triglycérides ; Ch = chylomicron ; VLDL = very low density lipoprotein ; 3-G-P = 3-glycérol-phosphate ; AA = acides aminés ; AGCC = acides gras à chaîne courte ; AGLC = acides gras à chaîne longue.

Figure 4 : Origine globale des constituants du lait (Keshri *et al.*, 2019)

I-3- MICROBIOLOGIE DU LAIT CRU

Le lait contient un nombre variable de cellules ; celles-ci correspondent à la fois à des constituants normaux comme les globules blancs, mais également à des éléments d'origine exogène que sont la plupart des microorganismes contaminants. Les microorganismes, principalement, présents dans le lait sont les bactéries. Mais, on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voire des virus. De très nombreuses espèces bactériennes sont susceptibles de se développer dans le lait qui constitue, pour elles, un excellent substrat nutritif (Velázquez-Ordoñez *et al.*, 2019). Au cours de leur multiplication dans le lait, elles libèrent des gaz (oxygène, hydrogène, gaz carbonique, etc.), des substances aromatiques, de l'acide lactique (responsable de l'acidification en technologie fromagère), diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (Kabir, 2015).

I-3-1- Flore originelle

La flore originelle du lait cru se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles. Il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles. Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation et n'ont aucun effet significatif sur la qualité du lait et sur sa production (Lucey, 2015)

I-3-2- Flore de contamination

La flore de contamination est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (Pexara *et al.*, 2018). Ces contaminations peuvent provenir de l'environnement par l'intermédiaire du matériel de traite et de stockage du lait, par le sol, l'herbe ou la litière (Tableau I) (Bradley *et al.*, 2018 ; Gagnon *et al.*, 2020a).

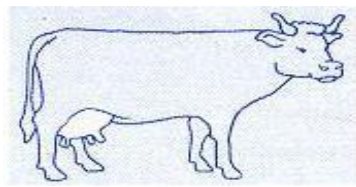

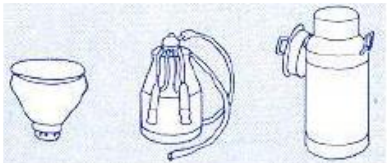
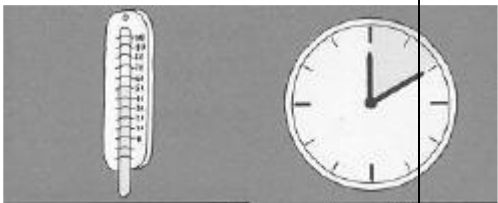
Tableau I: Provenance des germes de contamination du lait cru (Bradley *et al.*, 2018).

Germes	Sources de contamination
Gram positifs	
-Entérocoques	Fèces, résidus de lait
-Staphylocoques	Peau, muqueuses
-Microcoques	Peau, résidus de lait
-Bactéries lactiques	Plantes, ensilages, résidus de lait, muqueuses
Gram négatifs	
-Colibactéries (<i>E. coli</i>)	Fèces, eaux usées
-Entérobactéries	Plantes, fèces, eaux usées
-Pseudomonas	Eau, sol (très répandu)
-Alcaligenes, Flavobacterium, etc.	Eau, sol (très répandu)
Levures	Sol, plantes, résidus de lait (très répandues)

D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait, lorsqu'il est issu d'un animal malade. Il peut s'agir d'agents de mammites, c'est-à-dire d'infections du pis : *Streptococcus pyogenes*, *Corynebacterium pyogenes*, staphylocoques, etc. Il peut s'agir aussi de germes d'infection générale qui peuvent passer dans le lait en l'absence d'anomalies du pis. Il s'agit de *Salmonella* sp., *Brucella* sp., agent de la fièvre de Malte, *Listeria monocytogenes*, agent de la

listériose, *Mycobacterium bovis* et *Mycobacterium tuberculosis*, agents de la tuberculose, *Bacillus anthracis*, agent du charbon, *Coxiella burnetii*, agent de la fièvre Q et quelques virus (Vanderburg *et al.*, 2014; Michel *et al.*, 2015 ; Yilma *et al.*, 2016 ; Ducrotoy *et al.*, 2017 ; Pexara *et al.*, 2018). Hormis les maladies de la mamelle, le niveau de contamination est étroitement dépendant des conditions d'hygiène dans lesquelles sont effectuées ces manipulations, à savoir l'état de propreté de l'animal et particulièrement celui des mamelles, du milieu environnant (étable, local de traite), du trayon, du matériel de récolte du lait (seaux à traire, machines à traire) et, enfin, du matériel de conservation et de transport du lait (bidons, cuves, tanks) (Tableau II) (Bradley *et al.*, 2018 ; Zigo *et al.*, 2021).

Tableau II : Sources et niveaux de contamination du lait (Bradley *et al.*, 2018)

Sources	Niveaux de contamination	
	Normal	Anormal
Pis 	<100 germes par millilitre	100000 et plus par millilitre
Environnement 	1000-5000 germes par millilitre	10000 et plus par millilitre
Ustensiles à lait 	1000-30000 germes par millilitre	100000 et plus par millilitre
Refroidissement et durée de stockage 	Pas d'augmentation significative	500000 et plus par millilitre

I-3-2-1- Contamination par l'animal

La propreté des vaches a un impact significatif sur la santé du pis et en particulier sur le taux de mammites environnementales. Le maintien de la propreté du pis et des membres des vaches permet de diminuer la propagation d'agents pathogènes de l'environnement vers le canal du trayon (Zigo *et al.*, 2021 ; Staaf *et al.*, 2021). La figure 5 montre les différents degrés d'état corporel des vaches.

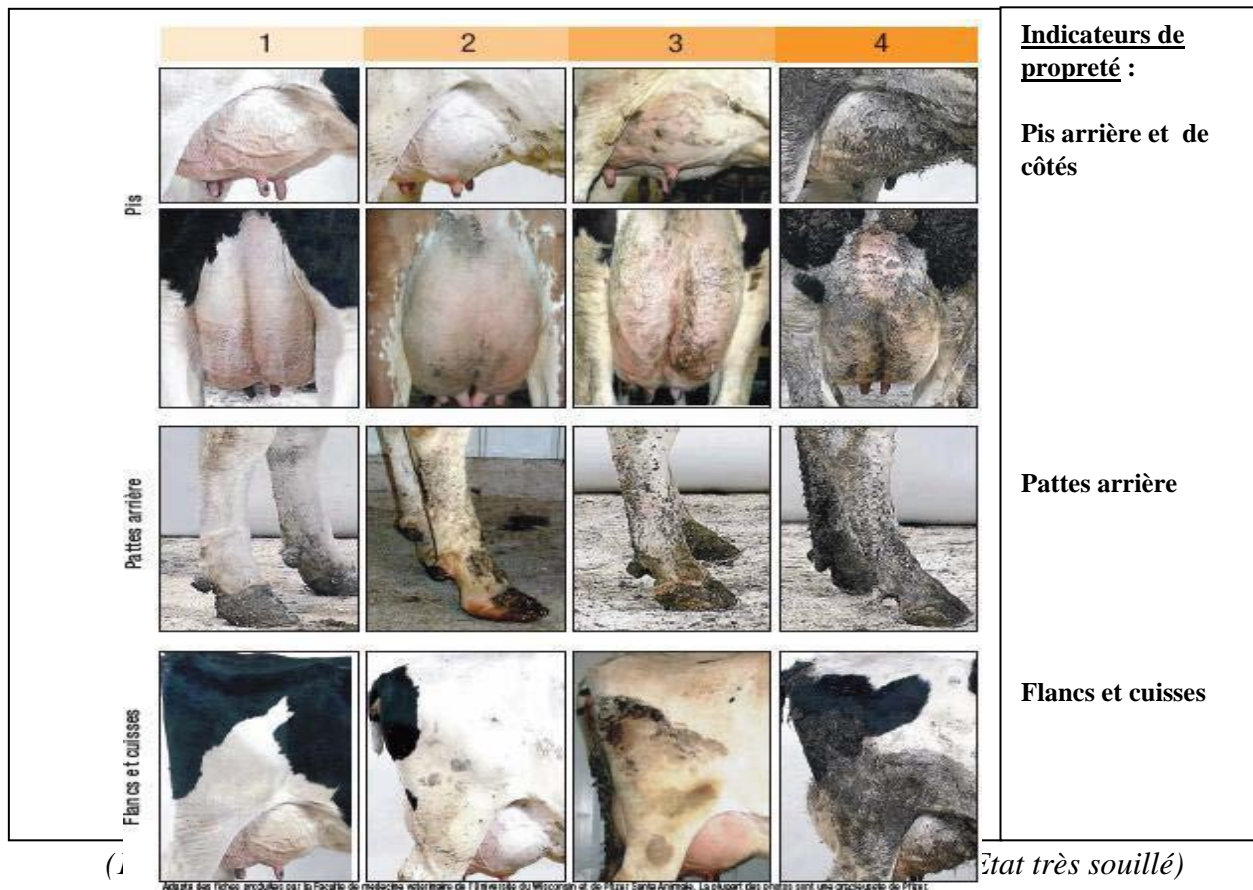


Figure 5: Photos illustrant différents degrés d'état corporel des vaches (Staaf *et al.*, 2021).

I-3-2-2- Contamination du lait cru après la traite

La collecte et le transport du lait doivent se faire dans des ustensiles propres afin de livrer un lait de bonne qualité. Par ailleurs, la flore du lait cru est abondante et susceptible d'évoluer rapidement. Il faut donc abaisser sa température à moins de 10°C le plus rapidement possible, au mieux dans l'heure qui suit la traite. Dans ces conditions, la flore microbienne est stabilisée. La durée de conservation du lait est courte en raison de la possibilité du développement des germes psychrotrophes et psychrophiles (quelques jours) (Dębowski *et al.*, 2021).

I-3-3- Risques sanitaires liés à la consommation du lait cru et des produits laitiers en Afrique

Les principaux pathogènes préoccupants dans le lait et les produits laitiers comprennent traditionnellement *Mycobacterium bovis*, *Brucella abortus* et *Coxiella burnettii*, qui sont les agents responsables de la tuberculose bovine ou d'une forme de tuberculose humaine, la brucellose et la fièvre Q, respectivement. Ces agents pathogènes et ces maladies ont été signalés comme étant largement répandus dans de nombreux pays développés, et présents dans certains pays d'Afrique (Vanderburg *et al.*, 2014; Michel *et al.*, 2015 ; Yilma *et al.*, 2016 ; Ducrotoy *et al.*, 2017 ; Pexara *et al.*, 2018).

Mycobacterium bovis, le pathogène responsable de la tuberculose bovine, a été détecté dans le lait et les produits laitiers sur le site différent, dans des pays africains tels que l'Afrique du Sud, le Mozambique, le Nigeria, la Tunisie et la Zambie (Kahla *et al.*, 2011 ; Pandey *et al.*, 2013 ; Ogundeji *et al.*, 2015 ; Michel *et al.*, 2015 ; Machado *et al.*, 2018 ; Sichewo *et al.*, 2019).

Coxiellaceae est l'organisme responsable de la fièvre Q, une zoonose de distribution presque mondiale (Angelakis et Raoult, 2010 ; Vanderburg *et al.*, 2014; Eldin *et al.*, 2016). Les réservoirs les plus courants de *Coxiella burnettii* sont les bovins, les ovins et les caprins, et sont considérés comme les principales sources d'infection humaine (Angelakis et Raoult, 2010). Ainsi, la consommation de lait non pasteurisé et de ses produits en Afrique peut être une source importante de contamination humaine par *Coxiella burnettii*. *Coxiella burnettii* a été détecté dans des échantillons de lait en Gambie, au Nigeria et au Sénégal (Breurec *et al.*, 2010 ; Vanderburg *et al.*, 2014 ; Klaasen *et al.*, 2014). Environ 9 % des pneumonies communautaires chez les patients âgés de plus de 15 ans au Cameroun ont été testés positifs pour *Coxiella burnettii*. Cette dernière étant le troisième agent de pneumonie le plus fréquemment isolé, après *Streptococcus pneumoniae* et *Mycoplasma pneumoniae* au Cameroun (Vanderburg *et al.*, 2014).

Les espèces de *Brucella*, notamment *Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Brucella suis* et *Brucella canis*, sont toutes capables de produire la brucellose chez l'homme, la maladie étant considérée comme l'une des plus lourdes charges de santé publique de toutes les zoonoses dans le monde (Whatmore *et al.*, 2014 ; Al Dahouk *et al.*, 2017). Les ruminants sont les principaux hôtes de *Brucella abortus* et de *Brucella melitensis*, et les humains sont infectés par la consommation de lait cru et de produits laitiers, par le contact direct avec des fœtus avortés, par la postnatalité et la parturition fluids et par les pratiques d'abattage (Doganay *et al.*, 2003 ; FAO, 2010 ; WHO, 2020). Bien qu'il n'existe que peu de données sur la prévalence de la brucellose en Afrique, on pense que la maladie pourrait être endémique dans la région en raison du niveau

élevé d'infection dans les troupeaux laitiers dans certaines parties de la région différent (Musallam *et al.*, 2019). Bonfoh *et al.* (2003) ont estimé que jusqu'à 30 % du lait et des produits laitiers dans les points de vente à Bamako, au Mali, étaient contaminés par *Brucella*. Plus récemment, des cas de *Brucella* sp. et notamment de *Brucella abortus* ont été signalés dans le lait et les produits laitiers avec une forte prévalence dans certains pays africains, notamment en Afrique du Sud, en Ouganda, au Togo, au Mali, au Burundi, au Cameroun, au Sénégal et au Niger (Hoffman *et al.*, 2016 ; Caine *et al.*, 2017 ; Musallam *et al.*, 2019). Ce qui indique que la brucellose et les microorganismes responsables sont très répandus dans les chaînes d'approvisionnement en produits laitiers en Afrique, ce qui représente une menace pour la santé publique des populations locales, en particulier les consommateurs de lait cru et de produits laitiers traditionnels, ainsi que les travailleurs des fermes laitières (Owusu-Kwarteng *et al.*, 2020).

Les autres agents pathogènes significatifs qui posent un problème de sécurité dans la chaîne laitière africaine sont des souches toxigènes d'*Escherichia coli*, de *Bacillus cereus* et de *Listeria monocytogenes*. Les souches d'*E. coli* toxigènes ont été signalées dans le lait cru de différents pays africains tels que le Bénin, l'Égypte, l'Éthiopie, le Ghana, au Nigeria, en Afrique du Sud, en Tanzanie et en Zambie (Farougou *et al.*, 2012 ; Ombarak *et al.*, 2016 ; Enabulele *et al.*, 2016 ; Msolo *et al.*, 2016 ; Knight-Jones *et al.*, 2016 ; Msalya *et al.*, 2017 ; Bedasa *et al.*, 2018). La toxine Shiga d'*Escherichia coli* (STEC), a émergé dans le lait cru comme une souche hautement pathogène, caractérisée par la production d'une ou plusieurs toxines Shiga (Kunadu *et al.*, 2018).

De même, les *Bacillus cereus* sont particulièrement préoccupants pour la sécurité alimentaire et la santé publique en raison de leur capacité à provoquer des maladies chez l'homme par la production de diverses formes d'entérotoxines et de toxines émétiques (Agata *et al.*, 2002 ; Sergeev *et al.*, 2006). Des souches de *Bacillus cereus* possédant diverses formes de facteurs virulents ont été détectées dans du lait cru et des produits laitiers traditionnels au Ghana et en Côte d'Ivoire (Yobouet *et al.*, 2014 ; Owusu-Kwarteng *et al.*, 2017).

Listeria monocytogenes, parmi d'autres agents pathogènes humains, est considéré comme une menace microbiologique et publique importante associée à la consommation de lait cru. *Listeria monocytogenes* a récemment été isolée à partir de divers produits animaux et laitiers en Afrique. La prévalence et les caractéristiques de *Listeria monocytogenes* dans le lait cru et les produits laitiers traditionnels au Ghana ont été signalées (Owusu-Kwarteng *et al.*, 2018). *Listeria monocytogenes* a également été récemment signalée comme étant présent dans le lait d'autres pays africains, notamment l'Égypte, le Nigeria, le Maroc et la Tanzanie (Usman *et al.*, 2016 ;

Tahoun *et al.*, 2017 ; Msalya *et al.*, 2017 ; Amajoud *et al.*, 2018). D'autres agents pathogènes ont été détectés dans le lait et les produits laitiers en Afrique, notamment *Campylobacter jejuni*, *Klebsiella pneumonia* et *Staphylococcus aureus* (El-Zamkan *et al.*, 2016 ; Walsh *et al.*, 2017 ; Beyene *et al.*, 2017 ; Wanjala *et al.*, 2017).

I-4- FOURRAGE VERT ET SON UTILISATION EN PRODUCTION LAITIÈRE

On distingue 3 catégories de fourrages, sur base de leur mode de conservation et de leur teneur en matière sèche : les fourrages verts, les ensilages et les fourrages secs. Une 4^e catégorie d'aliments peut être assimilée aux fourrages : il s'agit des racines, des tubercules et de leurs dérivés. Dans notre étude, nous nous pencherons plus spécifiquement sur le fourrage vert.

Les fourrages verts comprennent les herbes (la partie aérienne des plantes). La qualité de l'herbe est variable. De nombreux facteurs influencent celle-ci. Citons notamment le stade de végétation (l'âge de l'herbe), la composition botanique de la prairie, la saison (le cycle de végétation), mais aussi le sol et le climat, et la fertilisation (Delaby et Horan, 2021).

I-4-1- Habitat phyllosphérique

La phyllosphère est définie comme étant l'ensemble d'habitats de la partie aérienne des plantes. Les organismes appartenant à la phyllosphère sont aussi bien les organismes vivant à l'extérieur (épiphytes) ou à l'intérieur (endophytes) de la partie aérienne de la plante (Vorholt, 2012). Cependant, l'attention des microbiologistes s'est souvent focalisée à la surface du système foliaire des plantes (phylloplan), ou leurs fruits (carposphère) et plus rarement aux tiges (caulosphère) ou aux fleurs (anthosphère) et autres organes (bractées, bourgeons, écorces). Cet habitat abrite de nombreuses bactéries, champignons filamenteux, levures, algues, et parfois des protozoaires et des nématodes. Sur les feuilles ce sont près de 10^6 à 10^7 bactéries qui seraient présentes par cm^2 et, 2 à 13 millions d'espèces de bactéries résideraient dans la phyllosphère. Les champignons filamenteux, eux, y seraient plus rares, détectables sous forme de spores transitoires, tandis que les levures y seraient plus abondantes (Yaseen Mir *et al.*, 2022).

Les facteurs qui semblent fortement corrélés à la composition des communautés de microorganismes dans la phyllosphère sont : la température, la pluviométrie, l'âge de l'organe végétal considéré, son état physiologique, son état structurel (endommagé ou non), la pression osmotique, la dose d'UV ou encore les apports en eau et en nutriment. Tous ces facteurs sont autant de variables qui font de la phyllosphère un habitat hostile (Cordier *et al.*, 2012). Sur un temps plus long, les changements climatiques liés aux saisons ont également un impact sur la

structuration de la communauté de microorganismes. Il a par exemple été montré que la diversité et la spécificité de la communauté bactérienne du phylloplan sont maximales en saison de pluie, (en juillet et août), tandis qu'elles sont plus faibles en saison sèche (Zhalnina *et al.*, 2014 ; Balint *et al.*, 2015).

Grâce à l'approche des microbiomes par le métabarcoding des changements de structures, les diversités des communautés bactériennes et fongiques de la phyllosphère ont pu être reliés à de nombreux facteurs tels que le climat, les variations saisonnières, les variations pédologiques, le pH, la température du sol, les stress notamment liés à la présence des métaux ou encore le génotype de la plante hôte pour ne citer que les plus déterminants (Balint *et al.*, 2013 ; Zhalnina *et al.*, 2014 ; Balint *et al.*, 2015 ; Žifčáková *et al.*, 2016 ; Couradeau *et al.*, 2016 ; Frossard *et al.*, 2017).

I-4-2- Composition botanique de la prairie et qualité de l'herbe

La composition botanique de la prairie se compose en général d'un mélange de graminées, de légumineuses et de plantes divers (pissenlits, renoncules,...). D'une manière générale, les légumineuses contiennent plus de protéines et de minéraux (particulièrement du calcium et du manganèse) que les graminées (Delaby et Horan, 2021).

Les légumineuses permettent l'alimentation azotée de la végétation. Certains microorganismes qui se fixent sur leurs racines sont en effet capables de transformer l'azote atmosphérique en azote ammoniacal, permettant un enrichissement du sol en azote qui profite à l'ensemble de l'écosystème prairial, dont les graminées. Une prairie associant légumineuse et graminée nécessitera donc moins d'engrais azoté qu'une prairie de graminées pures. Ces caractéristiques rendent les légumineuses relativement attractives (Delaby *et al.*, 2016). En effet, vu l'augmentation constante des coûts des intrants, l'autonomie alimentaire est de plus en plus envisagée par les éleveurs. Dans ce contexte, la production d'un fourrage mixte légumineuses/graminées permet de diminuer d'une part les achats de protéines végétales telles que le tourteau de soja, et d'autre part la quantité d'intrants azotés. La composition idéale de la prairie permanente devrait ainsi tendre vers un minimum de 10 à 20 % de légumineuses et de 75 % de graminées et un maximum de 15 % d'autres dicotylées (fleurs, plantains...) (Hanrahan *et al.*, 2017).

I-4-3- Stade/cycle de végétation et valeur alimentaire du fourrage

Les légumineuses et graminées présentent plusieurs cycles de croissance successifs. Le premier cycle désigne la pousse de printemps, c'est-à-dire le cycle par lequel la plante passe de l'état végétatif (feuille) à l'état reproducteur (épi). Ce premier cycle est en général incomplet

puisqu'il est interrompu par la coupe, via le pâturage ou le fauchage. On distingue 7 stades de végétation : la feuille, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison, le stockage et la maturation. La durée entre le départ en végétation et le stade début épiaison est appelée souplesse d'exploitation. Plus elle sera longue, plus il sera possible d'exploiter une herbe feuillue et donc de faire pâturer la 1^{ère} pousse dans de bonnes conditions. Le but du pâturage étant la valorisation de la production de fourrage feuillu, il faut favoriser le stade végétatif (avant la montaison), ce qui peut être obtenu avec un pâturage précoce (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

La date de coupe, ou plus précisément le stade de végétation au moment de la coupe, influence fortement la valeur alimentaire du fourrage. Ainsi, en général, plus une plante est âgée, plus ses teneurs en matière sèche et en fibres augmentent. En effet, plus la plante avance dans les différents stades de développement, plus les parois cellulaires s'épaississent, et donc plus les teneurs en cellulose et hémicellulose augmentent. Parallèlement, les parois s'imprègnent de lignine, ce qui a pour effet de rendre la cellulose et l'hémicellulose moins accessibles aux fermentations du rumen, et donc de diminuer la digestibilité du fourrage. L'herbe contient également des sucres solubles, dont la teneur diminue avec l'âge de la plante. La teneur en matières azotées totales de l'herbe diminue quant à elle également avec le stade de développement, de même que la teneur en énergie. Par conséquent, la valeur alimentaire de l'herbe diminue avec l'âge de la plante (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

Il est important de noter que, comparativement aux légumineuses, la valeur alimentaire des graminées chute plus rapidement après le stade idéal d'exploitation. Par conséquent, il faut retenir deux éléments : d'une part, une prairie riche en légumineuses sera plus souple d'exploitation qu'une prairie de graminées pure, et d'autre part, ce sera surtout le stade de développement des graminées principales qui déterminera le moment d'exploitation (Michaud *et al.*, 2020).

I-4-4- Performances des vaches laitières au pâturage

Les performances des vaches laitières au pâturage sans complémentation peuvent être élevées lorsque l'herbe est disponible en qualité et en quantité. Le tableau III ci-dessous présente certaines caractéristiques nécessaires à la production de 20 kg de lait uniquement avec le pâturage.

Dans ce contexte, et pour garantir des performances optimales tout au long de la saison de pâturage, il est primordial de respecter certaines règles de conduite du pâturage. Celles-ci concernent la mise à l'herbe, la fertilisation, la gestion du troupeau et du pâturage en général. Il s'agit de sortir les animaux le plus tôt possible, c'est-à-dire lorsque les conditions climatiques et

surtout de portance du sol le permettent (peu importe la hauteur et la quantité d’herbe), en réalisant une transition alimentaire de 2 à 3 semaines idéalement. Dans les systèmes de pâturage tournant, faire entrer les animaux sur la nouvelle parcelle lorsque la hauteur d’herbe y est de 15 cm maximum. Dans les systèmes de pâturage continu, ne pas dépasser 15 % de refus. Effectuer un broutage ras (hauteur de sortie de l’ordre de 5 cm) pour garantir une production optimale. Raisonner la fertilisation azotée et ensiler le plus tôt possible les parcelles réservées à la fauche afin de hâter les repousses. Faucher les refus en fin de printemps si nécessaire, éviter tout ce qui peut occasionner des vides dans le gazon, sursemmer dès apparition de ceux-ci, et réaliser une gestion raisonnée du parasitisme des animaux (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

Tableau III : Composition chimique et valeurs nutritionnelles de l’herbe nécessaire pour satisfaire les besoins d’une vache laitière pour une production de 20 kg de lait au pâturage (Cuvelier et Dufrasne, 2015)

Eléments considérés	Quantité dans l’herbe à consommer
Teneur en MS (%)	15-20
Teneur en énergie (VEM/kg de MS)	Au moins 850
Teneur en protéines (g de DVE/kg de MS)	Au moins 80
Teneur en minéraux (g/kg de MS)	Calcium : 7,1 Phosphore : 4,0 Magnésium : 2,0 Sodium : 1,5 Soufre : 1,5

MS : Matière sèche ; VEM (Voeder Eenheid voor Melk) : quantité d’énergie nette contenue dans 1kg de matière sèche ; DVE (DarmVerteerbaar Eiwit) : protéines digestibles dans l’intestin.

I-5- EAU D’ABREUVAGE

I-5-1- Origines de l’eau d’abreuvement

L’eau d’abreuvement dans la Région de l’Ouest Cameroun peut provenir notamment des eaux superficielles (rivières, lacs, étangs), des eaux souterraines (puits, sources et forages), du réseau public de distribution d’eau potable et des eaux de pluie (ANSES, 2010 ; Mfonka, 2019).

I-5-1-1- Eaux superficielles

Les eaux superficielles sont rencontrées à la surface de la terre. On les subdivise en milieu lentique et milieu lotique (Tachet *et al.*, 2010).

- Les milieux lenticques représentent 1,4 % des ressources en eau douce disponible sur la Terre. Ils sont caractérisés par un courant presque inexistant. Ce sont des systèmes qui prennent des formes très diverses, allant d'une petite collection d'eau temporaire de quelques centimètres de profondeur à plusieurs mètres de profondeur. Il s'agit des lacs, des flaques, des étangs et des marais.

- Les milieux lotiques sont ceux alimentés par les eaux de sources, les nappes phréatiques et les eaux de ruissellement. Elles présentent des formes diverses, allant des ruisselets dont la largeur du lit est inférieure à 1 mètre, aux fleuves de largeur supérieure à 25 mètres. On y regroupe l'ensemble des eaux continentales s'écoulant à une vitesse plus ou moins grande. Il s'agit des rivières, des cours d'eau, les ruisseaux entre autres.

Ces eaux sont vulnérables aux pollutions microbiologiques et chimiques en raison des rejets liés aux activités humaines et au ruissellement (Ajeegah *et al.*, 2018 ; Ngong *et al.*, 2019). Si le pompage en rivière permet de disposer d'eau courante renouvelée, l'utilisation de retenue et l'abreuvement direct dans les mares ou des trous d'eau exposent de plus les animaux à boire de l'eau souillée par la terre et leurs propres déjections. La qualité de ces eaux, souvent stagnante, est très peu évoquée dans la bibliographie. Mais en règle générale, plus les volumes et les courants sont faibles, plus les effets d'une contamination seront importants. Par ailleurs, les eaux stagnantes soumises à des pressions d'eutrophisation (phosphore, azote, matières organiques, etc.) et de faible profondeur peuvent favoriser le développement de cyanobactéries productrices de neurotoxines ou d'hépatotoxines pouvant provoquer soit la mort des animaux, soit la contamination des denrées alimentaires produites (ANSES, 2010 ; Foto *et al.*, 2021).

I-5-1-2- Eaux souterraines

Les éleveurs peuvent abreuver leurs animaux avec de l'eau d'origine souterraine, provenant des puits ou de forages privés (ANSES, 2010). Les eaux souterraines comprennent les nappes libres, superficielles, et les nappes captives, en général plus profondes. Les nappes libres sont les plus utilisées pour l'alimentation en eau. Elles ne sont pas limitées vers le haut par des terrains imperméables et sont alors alimentées par les précipitations. Elles sont le plus souvent en relation avec les rivières qui les drainent et/ou les alimentent. Ces nappes sont donc vulnérables aux différentes pollutions provenant de la surface qui percolent à travers les sols. Parmi les nappes libres, on distingue principalement les nappes alluviales (en relation avec les cours d'eau), les grandes nappes de formations sédimentaires (calcaires, craie, sable) et les nappes peu productives des roches dures fissurées (granite, roches volcaniques, schistes, etc.). Les nappes captives sont situées entre deux couches imperméables et sont donc sous pression dans l'aquifère.

C'est la raison pour laquelle ces nappes sont moins vulnérables aux infiltrations des pollutions anthropiques. Les nappes captives peuvent tout de même comporter une partie libre située en bordure d'aquifère, au niveau de laquelle les pluies s'infiltrent (Mfonka *et al.*, 2019).

Les conditions réductrices qui prévalent dans les nappes captives sont favorables à la solubilisation de certains métaux comme le fer, le manganèse, l'arsenic, etc. Les teneurs en métaux détectées dans les nappes sont essentiellement dues à la composition géochimique naturelle de leur aquifère. Dans le cas des puits privés peu profonds (moins de cinq mètres de profondeur), l'eau est peu filtrée par le sol et peut présenter les mêmes contaminations qu'une eau de surface (Mfonka *et al.*, 2019).

I-5-1-3- Eaux destinées à la consommation humaine

Lorsque le site de l'élevage est relié au réseau de distribution public, certains éleveurs préfèrent ou sont contraints d'utiliser les eaux destinées à la consommation humaine (EDCH). Par ailleurs, il est important de souligner que si de l'eau répondant aux limites et références de qualité des EDCH est fournie à l'entrée des installations d'élevage, l'eau effectivement bue par les animaux peut être de moindre qualité, en fonction des pratiques mises en place au sein des exploitations (ANSES, 2010).

I-5-1-4- Eaux de pluie

Certains éleveurs utilisent les eaux de pluie provenant principalement des toitures des bâtiments de l'exploitation et stockées dans une réserve ou une citerne. Les quantités disponibles sont liées à la pluviométrie de l'année pour la région considérée, et constituent en général seulement une ressource d'appoint. Les eaux récupérées sur les toitures contiennent en général des micro-organismes, des particules liées au trafic automobile, des métaux, etc (Mfonka *et al.*, 2019).

I-5-2- Qualité de l'eau d'abreuvement des bovins laitiers

L'eau est vitale pour tous les organismes de notre planète, il est donc évident qu'elle soit la base de l'alimentation animale. Ainsi, la qualité de l'eau peut avoir un impact sérieux sur la santé et la performance des animaux. Dans les élevages de vache, l'eau est d'autant plus importante puisque les vaches doivent avoir une bonne production laitière et que, l'eau est constituant principal du lait. Pour produire 1 kg de lait, la vache doit utiliser 875 g d'eau (Chayer, 2021).

I-5-2-1- Qualité microbiologique de l'eau d'abreuvement des bovins laitiers

On trouve un grand nombre de bactéries dans les eaux d'abreuvement du bétail. Les bactéries coliformes telles que *E. coli*, *Campylobacter jejuni*, *Klebsiella* sp., *Enterobacter aerogenes*, de *Salmonella* sp., *Shigella* sp. et *Vibrio cholera* qui peuvent entraîner des diarrhées, des infections des voies urinaires, des mastites et de nombreuses autres infections peu attrayantes et généralement mortelles. Les publications recherchées sont contradictoires concernant la recommandation de contamination maximale en coliformes fécaux dans l'eau avant l'apparition de problèmes de santé, car ce sujet est peu étudié. Les recommandations pour les veaux sont de 1coliforme/100ml et pour les bovins adultes, les recommandations varient entre 10 et 100 coliformes/100ml. Malgré tout, ces valeurs peuvent être difficiles à atteindre en présence de bovins, puisqu'une des sources les plus importantes de contamination des eaux d'abreuvement est l'industrie de la production animale elle-même (Giri *et al.*, 2020).

L'eau contaminée par l'urine contient des leptospires qui provoquent des pertes de reproduction (infertilité et avortement tardif) et une diminution de la production de lait chez les bovins à cause de la leptospirose. L'eau contaminée peut transmettre *Fusobacterium necrophorum*, un microbe terrien connu pour être la cause principale du piétin. Les infections à *Listeria*, *Coxiella*, *Brucella* et *Mycoplasma* peuvent être transmises par l'eau. Dans la mesure du possible, les animaux devraient recevoir une eau bactériologiquement propre et chimiquement satisfaisante (Umar *et al.*, 2014).

D'autres formes d'organismes unicellulaires présents dans l'eau affectent également sa qualité et ont leurs propres effets sur la santé et les performances des animaux. Les œufs, les larves et les parasites adultes eux-mêmes sont présents dans l'eau de boisson et ils peuvent infester l'animal, affectant ensuite l'état de santé, la croissance et les performances. *Faciola hepatica*, *Faciola gigantica* sont transmis par les plans d'eau. En outre, les bovins sont couramment les hôtes de *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp., de nématodes et d'autres parasites qui affectent leur santé et qui se propagent dans l'eau. *Giardia* et *Cryptosporidium* provoquent des diarrhées chez les veaux (Schütz, 2012). Les carcasses mortes et en décomposition libèrent des agents pathogènes, des nutriments et d'autres composants qui peuvent se mélanger à des facteurs environnementaux et affecter les eaux souterraines et de surface (Umar *et al.*, 2014).

Les toxines fongiques peuvent également se retrouver dans l'eau potable, provoquant le plus souvent des problèmes chroniques et subcliniques. Les algues et les proliférations d'algues (*Cyaanobacterium* spp., *Anabaena*, *Microcystis* et *Nodularia*) se développent par temps chaud et ensoleillé et produisent des produits chimiques nocifs qui provoquent une hépatotoxicité ou une neurotoxicité chez les animaux, réduisant ainsi leur productivité et beaucoup produisent des

composés aromatiques qui affectent l'appétence (Schütz, 2012). L'empoisonnement par les algues bleu-vert chez les animaux présente des signes tels que l'allergie, l'ataxie, les tremblements musculaires, la dysenterie, les convulsions, la photosensibilisation, la jaunisse et la mort dans les cas aigus (Looper, 2012 ; Robinson, 2012).

I-5-2-2- Qualité physicochimique de l'eau d'abreuvement des bovins laitiers

I-5-2-2-1- Potentiel Hydrogène (pH)

Le Potentiel Hydrogène (pH) est l'un des premiers indicateurs d'une altération chimique de la qualité des eaux. Le pH d'une eau dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés (Mfonka *et al.*, 2021). Le pH influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux (Balloy Mwanza *et al.*, 2019). Les eaux naturelles ont habituellement des valeurs de pH qui varient de 4 à 9 UC (Noah *et al.*, 2020). Cependant, la plupart sont légèrement alcalines en raison de la présence de bicarbonates, de carbonates et de métaux alcalins et alcalino-terreux (Santé Canada, 2015).

Le niveau de pH accepté pour l'eau de boisson des bovins est de 6-8 UC (ANSES, 2010). Le pH semble avoir un effet sur le goût, l'efficacité de la chloration, le potentiel corrosif et de nombreuses autres propriétés de l'eau (El Allaoui *et al.*, 2016). Une alcalinité mineure est plus tolérable que l'acidité chez les vaches. Un pH inférieur à 5,5 provoque une acidose, un problème potentiel de perte de poids et de production. En dehors de ces plages, le pH peut entraîner une réduction de la consommation d'eau et d'aliments, des altérations digestives, des diarrhées et une mauvaise conversion alimentaire (AAFC, 2020).

I-5-2-2-2- Température

La température affecte la densité et la viscosité de l'eau, la solubilité des gaz et en particulier le taux d'oxygène dissous, ainsi que la vitesse des réactions chimiques. La température de l'eau est un facteur important du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques (Balloy Mwanza *et al.*, 2019). La température de l'eau superficielle est affectée par les fluctuations des précipitations et des températures saisonnières (Merhabi *et al.*, 2019). La température d'un milieu souterrain qu'à lui dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont la latitude et l'altitude (Mfonka *et al.*, 2021).

La température affecte la consommation d'eau et d'aliments, la fréquence respiratoire, la température rectale, la fermentation du rumen, la concentration d'hormones thyroïdiennes dans le plasma, la production de lait, le gain de poids et les performances des animaux. La température affecte directement la qualité en modifiant l'appétence et l'acceptation par l'animal ou en

perturbant la microflore du tube digestif. En général, les animaux d'élevage aiment l'eau fraîche, surtout dans des conditions chaudes. Une eau chaude diminue la prise alimentaire, ce qui entraîne une baisse de la production et de la croissance (Lemoufouet *et al.*, 2020).

I-5-2-2-3- Turbidité et Couleur

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau. Exprimée en Formazine Turbidity Unit (FTU), elle permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...) (Girault *et al.*, 2016). Les valeurs acceptables de l'eau destinée à la consommation des vaches doit être ≤ 10 FTU (ANSES, 2010). Une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau (Rodier *et al.*, 2016).

La valeur acceptable de la couleur de l'eau destinée à la consommation des vaches doit être ≤ 15 Pt.Co (ANSES, 2010). La couleur résulte entièrement de l'extraction des matières organiques en décomposition, ainsi que de la dissolution de certains ions tels que le Fe, le Mn et le Cu (Gonfa *et al.*, 2019). Ces ions dissous peuvent favoriser la croissance bactérienne alors que d'autres peuvent plutôt faciliter l'augmentation de la vitesse d'adhésion cellulaire (Aklouche et Houheche, 2017). La couleur dépend de certains facteurs à l'instar de la température et du pH qui influeraient sur la solubilité et la stabilité des fractions dissoutes et particulières de l'eau (Santé Canada, 2015).

I-5-2-2-4- Dureté

La dureté de l'eau est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est produite principalement par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient (Leyou et Bouguetaib, 2014). La dureté de l'eau est liée à la nature du terrain traversé (Rodier *et al.*, 2016). Les valeurs acceptables pour l'eau d'abreuvement des bovins laitiers est de 100 mg/l de Ca^{2+} et 50 mg/l de Mg^{2+} (ANSES, 2010). Une eau dure perturbe l'absorption intestinale des oligo-éléments et des macro-éléments et favorise les irritations intestinales (El Allaoui *et al.*, 2016). Certains auteurs ont indiqué que le degré de dureté de l'eau n'a pas d'effet sur la performance des bovins laitiers et la consommation d'eau (Umar *et al.*, 2014).

I-5-3- Importance de l'eau d'abreuvement en production laitière

L'eau est un nutriment vital nécessaire au maintien de la vie et à l'optimisation de la production laitière, mais elle est malheureusement un élément peu étudié. Si quelqu'un parle des besoins en nutriments du bétail, l'eau est souvent considérée comme un élément secondaire. Elle

est importante pour le métabolisme intracellulaire et constitue un composant surabondant des corps vivants (Umar *et al.*, 2014).

L'eau représente environ 70 à 80 % du poids vif du bétail à la naissance et 65 à 70 % à l'âge adulte, en fonction de l'âge, de l'état d'engraissement et des conditions physiologiques. C'est un composant surabondant du lait (78-90%) et la molécule la plus courante du corps (98% de toutes les molécules). L'eau est utilisée dans le corps à différentes fins, presque dans toutes les fonctions, y compris la thermorégulation, la lubrification, le milieu pour les réactions chimiques, la digestion, l'absorption, la lactation, le transport, le soutien, le coussin, l'équilibre minéral et l'aide pour les autres nutriments pour compléter leurs fonctions (Hersom et Crawford, 2008 ; Umar *et al.*, 2014).

Une eau de mauvaise qualité n'est pas appétissante et les animaux ne l'acceptent pas facilement, ce qui se traduit par une faible consommation d'eau et d'aliments, un faible indice de consommation, une diminution de la croissance et de la production, des performances médiocres et des maladies non spécifiques. Les performances des animaux sont améliorées lorsque de petits changements positifs sont apportés à la qualité de l'eau ; le risque de maladie diminue, ce qui se traduit par un gain net de profit (Bodering *et al.*, 2018).

I-6- DIGESTION RUMINALE ET MICROBIOTE DU RUMEN

I-6-1- Anatomie et physiologie digestive des ruminants

Le système digestif des bovins présente la particularité d'être pourvu de 4 estomacs : 3 « préestomacs » (réseau, rumen et feuillet) et un estomac proprement dit, la caillette (Figure 6). Cette configuration particulière permet au ruminant d'effectuer une prédigestion microbienne des aliments, facilitant une utilisation poussée des fibres présentes dans la ration. Le rumen est un écosystème peuplé de microorganismes qui vivent en symbiose avec le ruminant. Ces microorganismes, adaptés à vivre dans un environnement caractérisé par un pH de 6,0 à 7,0, dégradent, via des processus d'hydrolyse et de fermentations, la plupart des composants de la ration alimentaire (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

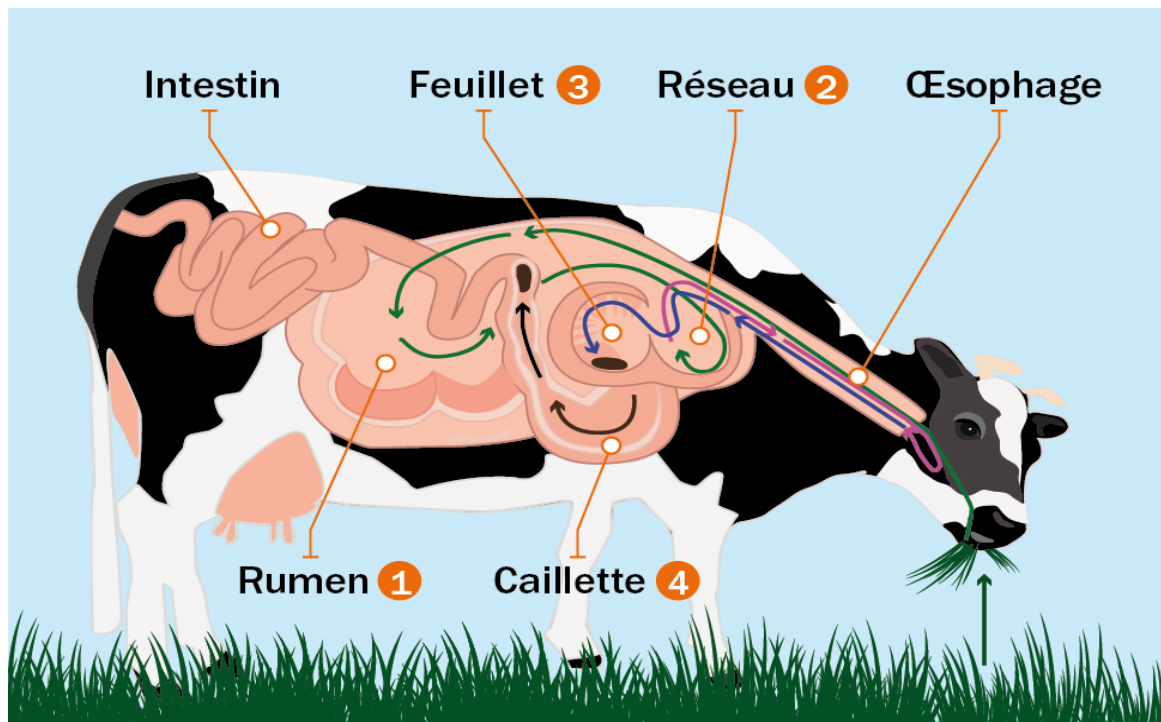


Figure 6: Anatomie de l'appareil digestif de bovin (Cuvelier et Dufrasne, 2015)

I-6-2- Digestion des aliments

I-6-2-1- Digestion des glucides

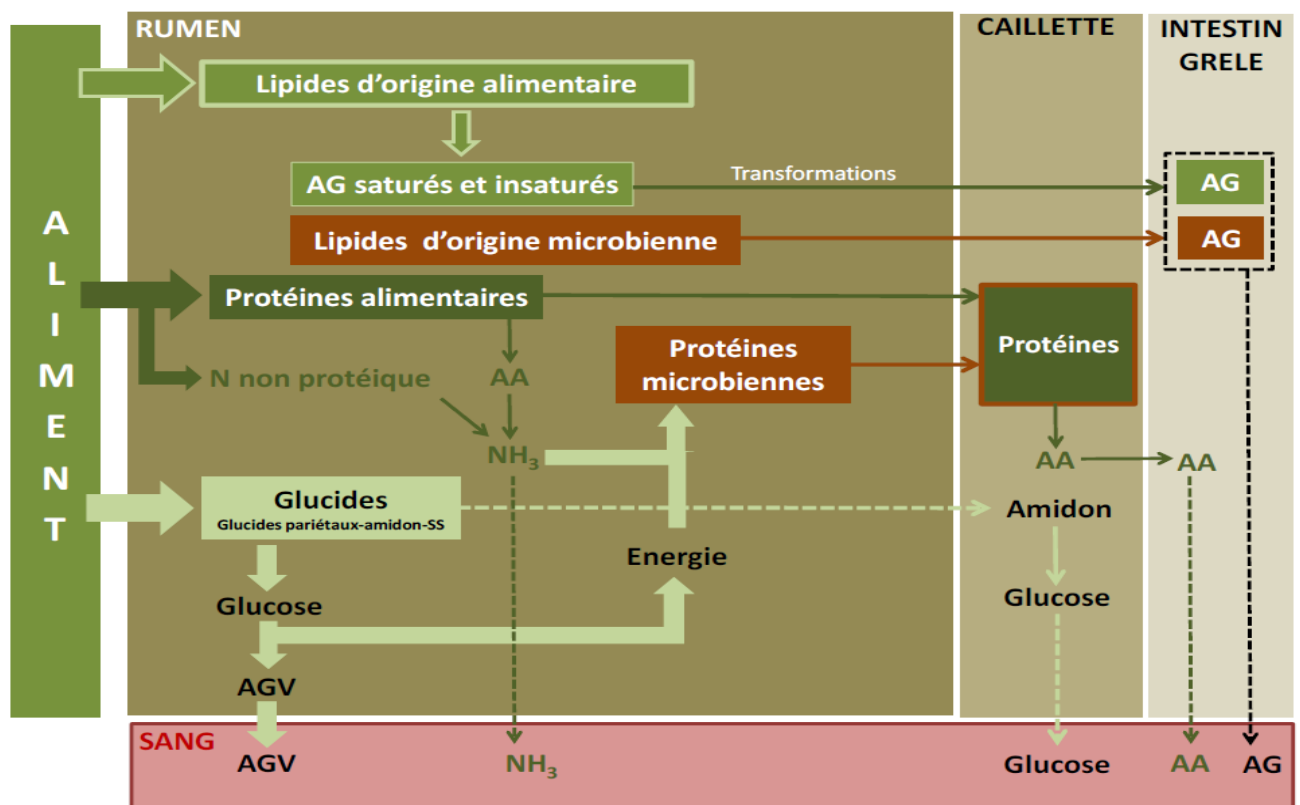
Une fois arrivés dans le rumen, les glucides subissent une fermentation microbienne conduisant à la formation d'un mélange d'acides gras volatils (AGV) : acide acétique, acide propionique et acide butyrique, les proportions de ces 3 acides gras étant généralement de l'ordre de 65 : 20 : 15. Ces différents AGV sont ensuite absorbés à travers la paroi du rumen (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

I-6-2-2- Digestion des lipides

Les lipides alimentaires sont hydrolysés par les microorganismes du rumen, ce qui permet la production de glycérol et d'acides gras libres. A côté de leur activité de dégradation des lipides alimentaires, les microorganismes synthétisent également, au sein de leur organisme, des lipides microbiens. Lorsque ces microorganismes quittent le rumen et passent dans la caillette, ils sont détruits par le suc gastrique. Ceci entraîne la libération des lipides microbiens ; les acides gras libres microbiens rejoignant le pool d'acides gras libres d'origine alimentaire pour subir une digestion et une absorption intestinales (Cuvelier et Dufrasne, 2015) (Figure 7).

I-6-2-3- Digestion des matières azotées

Les matières azotées alimentaires subissent dans le rumen une dégradation dont le produit terminal est l'ammoniac. Cet ammoniac est utilisé par les microorganismes du rumen pour synthétiser leurs propres protéines, appelées protéines microbiennes. Cette synthèse ne peut cependant avoir lieu qu'en présence d'une quantité suffisante d'énergie. C'est principalement la dégradation des glucides via les fermentations microbiennes qui va fournir l'énergie nécessaire à cette synthèse protéique. S'il existe un excédent de matières azotées par rapport à l'énergie présente, l'ammoniac excédentaire est absorbé puis transformé en urée dans le foie. Les protéines microbiennes subissent une digestion enzymatique dans la caillette, conduisant à la formation d'acides aminés (Dufreneix, 2019) (Figure 7).



AA : acide aminé ; AG : acides gras ; AGV : acide gras volatil ; N non protéique : azote non protéique ; NH₃ : Ammoniac ; SS : sucres solubles

Figure 7: Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant (Cuvelier et Dufrasne, 2015)

I-6-3- Microbiote ruminal

Le ruminant, comme les autres organismes complexes, tisse et maintient des liens étroits avec les multiples microorganismes qui le colonisent et qui constituent ses microbiotes.

L'association de l'organisme hôte (ici l'animal) et de la cohorte de microorganismes qu'il héberge constitue une entité vivante appelée holobionte (du grec « holos », tout, et « bios », vie). Le microbiome correspond à l'ensemble de ces microorganismes et de leurs génomes, de leur habitat et de leurs conditions environnantes (Marchesi et Ravel, 2015). Chez les ruminants, les microbiotes sont hébergés dans différents habitats : sur la peau, en particulier du trayon, de l'espace interdigité, dans les tractus digestif, respiratoire et génital etc (Swartz *et al.*, 2014 ; Zinicola *et al.*, 2015; Tapio *et al.*, 2016 ; Frétin *et al.*, 2018; Zeineldin *et al.*, 2019). Ces microbiotes sont d'une grande importance pour la physiologie et la santé de l'animal (Nicola *et al.*, 2017 ; Alipour *et al.*, 2018). Ils contribuent tant aux performances zootechniques qu'à la qualité des produits (Frétin *et al.*, 2018 ; Li *et al.*, 2019 ; Ramayo-Caldas *et al.*, 2020).

Le rumen accueille un microbiote diversifié : environ 200 espèces de bactéries (10^{10} à 10^{11} bactéries par ml), des protozoaires (de 10^4 à 10^6 par ml) et des champignons (entre 10^3 et 10^5 zoospores par ml). Les zoospores sont des spores mobiles flagellées participant à la reproduction de certains Eumycètes). On trouve également entre 10^7 et 10^9 particules virales par ml de type bactériophages (Zened *et al.*, 2021). Le rumen est un fermenteur, présentant des conditions physicochimiques particulières, qui permet la multiplication d'un microbiote anaérobie. Il permet ainsi aux ruminants de tirer parti des fibres végétales.

I-6-4- Principaux facteurs de variation du microbiote ruminal

Le microbiote ruminal est principalement affecté par l'alimentation des animaux. Le microbiote de la peau des trayons de la vache laitière est, quant à lui, un carrefour des transferts microbiens entre les différents environnements de la ferme et le lait. Il est affecté par le processus de traite, y compris la nature des matières actives appliquées sur les trayons au moment de la traite, et par les conditions environnementales générales de l'exploitation (Doyle *et al.*, 2017).

I-6-4-1- Composition de la ration alimentaire

L'alimentation est le facteur de variation le plus important du microbiote ruminal (Malmuthuge et Guan, 2017). L'alimentation modifie également le microbiote intestinal. En élevage, l'élément de la ration qui a le plus de répercussion est le ratio fourrages/concentrés. Fréquemment, les vaches laitières reçoivent une alimentation riche en céréales pour satisfaire leurs besoins énergétiques élevés. Généralement, dans le rumen, on observe une augmentation des bactéries amylolytiques (*Streptococcus bovis*, *Ruminobacter amylophilus*) avec les rations riches en concentrés et à l'opposé des bactéries fibrolytiques (*Fibrobacter succinogenes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*) avec des rations riches en fourrages. Au sein de ces deux grands

groupes fonctionnels de bactéries, il existe des variations de réponse en fonction de la nature des fourrages et des concentrés. Par exemple dans le rumen, une ration riche en amidon peut être associée à une augmentation importante de la population de *Lactobacillus* (Zened *et al.*, 2021). Plus globalement, l'effet principal d'une ration riche en céréales est une baisse de la diversité des bactéries, associée à une diminution marquée des populations de protozoaires et de champignons (Ishaq *et al.*, 2017). Ce type de ration provoque dans certains cas une acidose ruminale et intestinale qui altère les fonctionnalités du microbiote digestif, diminue l'utilisation des nutriments de la ration et peut parfois déclencher des réponses inflammatoires (Plaizier *et al.*, 2017). Au-delà de ces phénomènes inflammatoires, ce type de ration favoriserait la croissance de certaines bactéries pathogènes dans la mamelle, et pourrait, directement ou indirectement, modifier le microbiote de la peau des mamelles (Zhang *et al.*, 2015). Par ailleurs, Fréтин *et al.* (2018) ont mis en évidence des différences d'abondance de taxons bactériens (regroupement de bactéries sur la base de leurs relations phylogénétiques) en surface des trayons des vaches laitières selon si la conduite au pâturage avait lieu avec ou sans concentrés ajoutés : le genre *Clostridium* qui est plus abondant sur les trayons des animaux en système semi-extensif, pourrait provenir des fèces ; il pourrait être favorisé par la distribution de concentrés.

Le deuxième grand facteur de variation du microbiote ruminal et de son activité sont les acides gras polyinsaturés présents dans les fourrages ou les concentrés, potentiellement toxiques pour certaines bactéries (Enjalbert *et al.*, 2017). En outre, l'effet des acides gras insaturés est fonction de la teneur en amidon de la ration (Zened *et al.*, 2021). Les probiotiques sont également capables de modifier le microbiote ruminal. Les plus étudiées chez les ruminants sont les levures. Celles-ci peuvent privilégier certaines populations de bactéries, champignons et protozoaires (Ishaq *et al.*, 2017). Enfin d'autres substances en particulier d'origine végétale sont de potentiels modulateurs mais leur efficacité/innocuité reste à prouver pour nombre d'entre elles. On peut néanmoins citer les tanins qui se montrent assez efficaces (Buccioni *et al.*, 2017 ; Corrêa *et al.*, 2020).

I-6-4-2- Environnement

Les fourrages, le pâturage, les litières, les bouses, les microorganismes aéroportés dans les bâtiments, l'eau, ainsi que la machine à traire et les pratiques associées sont autant de sources potentielles de microorganismes susceptibles de contaminer le trayon (peau et/ou canal) des animaux et le lait ou d'impacter le microbiote digestif. Les conditions de logement des animaux semblent jouer un rôle central dans la composition microbienne de la peau des trayons. En effet, des différences de diversité bactérienne d'échantillons de lait, de fèces et de surface de trayons

ont été mises en évidence selon le mode de conduite des animaux, en bâtiment ou au pâturage (Doyle *et al.*, 2017).

D'autres facteurs inhérents aux modes d'hébergement des animaux sont à considérer, tels que le type de litière ou la saison. (Rowbotham et Ruegg, 2016 ; Guarín *et al.*, 2017 ; Derakhshani *et al.*, 2018). Les sources microbiennes pouvant conduire à une contamination accidentelle par des bactéries pathogènes étant nombreuses, les pratiques de traite sont souvent choisies pour les éliminer sans tenir compte des réservoirs potentiels en microorganismes utiles (Rowbotham et Ruegg, 2016). L'application de procédures d'hygiène drastiques (nettoyage des trayons pré et/ou post-traite, avec ou sans désinfection des trayons, nettoyage et décontamination de la machine à traire) peut réduire de 2,6 log (UFC/ml) les niveaux microbiens sur la peau des trayons (Rowbotham et Ruegg, 2016 ; Guarín *et al.*, 2017). En particulier, une hygiène de traite intensive serait associée à des niveaux plus faibles de bactéries Gram-positive catalase-positive et de levures (Monsallier *et al.*, 2012).

D'autres pratiques, comme la monotraite ou la traite robotisée, ainsi que l'antibiothérapie intra-mammaire, les obturateurs externes voire internes des trayons, pourraient également être associées à des modifications qualitatives ou quantitatives de certains microbiotes commensaux et/ou opportunistes de la peau des trayons, et par conséquent du lait (Zened *et al.*, 2021).

I-7- GENERALITES SUR LES ANTIBIOTIQUES UTILISES EN ELEVAGE BOVIN

Les antibiotiques sont définis comme toute substance antibactérienne d'origine biologique, synthétique ou semi synthétique, capable d'inhiber sélectivement certaines voies métaboliques des bactéries, sans exercer d'effets toxiques pour les organismes supérieurs. Le tout premier d'entre eux fut la pénicilline, découverte en 1928, par Alexander Fleming, médecin, biologiste et pharmacologue britannique qui a découvert, par hasard, qu'une ou des substances produites par un champignon, *Penicillium notatum*, avaient la faculté d'inhiber la croissance bactérienne (Veyssiere, 2019).

I-7-1- Classification et mode d'action des antibiotiques

I-7-1-1- Classification des antibiotiques

On distingue cinq classes principales d'antibiotiques utilisés en milieu clinique, les bêta-lactamines, les aminoglycosides ou aminosides, les macrolides et apparentés, les quinolones et les cyclines.

En dehors de ces cinq classes on retrouve aussi les glycopeptides ou lipoglycopeptides (vancomycine, teicoplanine, dalbavancine), la fosfomycine, un lipopeptide (daptomycine), les polymyxines, les phénicolis, l'acide fusidique, les oxazolidinones, les quinoléines, la mupirocine, les sulfamides et triméthoprime, les produits nitrés et les antituberculeux (Veysiere, 2019).

I-7-1-1-1- Bêta-lactamines

Dans la famille des bêta-lactamines, on retrouve des sous-familles, elles-mêmes subdivisées pour certaines en sous-groupe. Toutes les molécules de cette famille possèdent un noyau bêta-lactame (en rouge sur la figure 8) qui est la partie efficace de la molécule. Des variations au niveau de la chaîne latérale naturelle ou greffée permettent de modifier les propriétés de la molécule antibiotique (Veysiere, 2019).

Le groupe principal et le plus ancien est celui des pénicillines qui comprend le groupe des pénicillines G et V et les formes retard (benzathine benzylpénicilline), les pénicillines du groupe A (amoxicilline), celles du groupe M (cloxacilline, oxacilline), les carboxypénicillines (ticarcilline), les uréidopénicillines (pipéracilline), les aminidopénicillines (pivmécillinam), la témocilline (dérivé de la ticarcilline) (Veysiere, 2019).

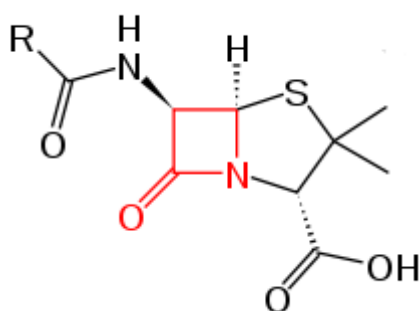


Figure 8: Structure d'une bêta lactamine (Veysiere, 2019)

Le second sous-groupe principal derrière les pénicillines, est celui des céphalosporines avec les céphalosporines de 1ère génération ou C1G (céfalexine, céfalotine, céfazoline...), les céphalosporines de 2ème génération ou C2G (céfuroximes, céfoxitine...), les céphalosporines de 3ème génération ou C3G divisées en forme orale (céfixime, cefpodoxime, céfotiam) et les formes injectables (céfépime, céfotaxime, ceftazidime, ceftriaxone). Des nouvelles céphalosporines anti-SARM rentrent dans ce groupe, il s'agit de ceftaroline et ceftobiprole (Veysiere, 2019).

Dans les bêta-lactamines, on a ensuite les carbapénèmes avec l'ertapénem, l'imipénem et le méropénem ainsi qu'un monobactam, l'aztréonam. Certains inhibiteurs de bêta-lactamases (acide clavulanique, sulbactam, tazobactam) possèdent également un noyau bêta-lactame. Ces inhibiteurs sont toujours utilisés en association. L'avibactam est également un inhibiteur des bêta-lactamases mais ne possède pas de noyau bêta lactame comme les précédents (Bevan *et al.*, 2017).

I-7-1-1-2- Aminoglycosides ou aminosides

Les aminoglycosides sont des hétérosides naturels formés par un ou plusieurs glycosides aminés. Il existe plusieurs centaines de molécules naturelles et semi-synthétiques. Les plus importants sont la tobramycine, la gentamicine, et l'amikacine (Persico, 2021). La figure 9 montre la structure chimique d'un exemple d'aminoglycoside, la tobramycine.

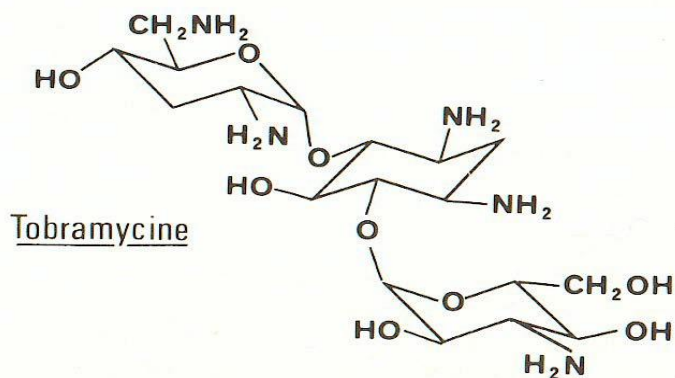


Figure 9: Structure des aminoglycosides (la tobramycine) (Persico, 2021).

I-7-1-1-3- Macrolides et apparentés

On va distinguer les macrolides vrais ou macrolides à 14 chaînons ou C14 (clarithromycine, érythromycine qui est le chef de file, roxithromycine, diritromycine), les macrolides particuliers avec les azalides à 15 chaînons (azithromycine) et les kétolides à 15 chaînons également (télithromycine dont la commercialisation a cessé récemment) ainsi que les macrolides à 16 chaînons (spiramycine et ses dérivés : josamycine, midécamycine) (Buxeraud et Faure, 2016). La figure 10 représente la structure chimique de l'érythromycine, chef de file des macrolides.

Dans la catégorie des apparentés, on retrouve des molécules de structures chimiques différentes, mais dont l'activité anti-bactérienne est proche, que sont les lincosamides

(clindamycine, lincomycine) et les synergistines (dalfopristine, quinupristine et pristinamycine étant la seule disponible actuellement) (Buxeraud et Faure, 2016).

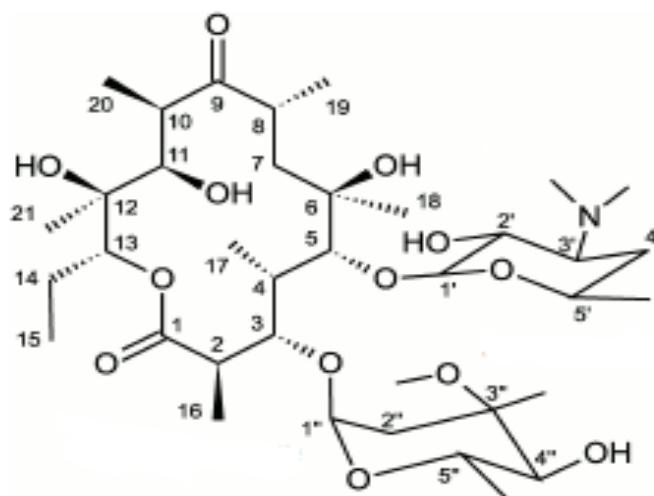


Figure 10: Structure de l'Erythromycine, chef de file des macrolides (Buxeraud et Faure, 2016)

I-7-1-1-4- Quinolones

Les quinolones sont des agents antibactériens obtenus par synthèse chimique, dérivant de l'acide nalidixique. Toutes les quinolones actuelles présentent une structure bicyclique, avec un azote en position 1, un carboxylate en position 3 et un carbonyle en position 4. Actuellement de nouveaux composés de cette même famille d'antibiotiques ont été mis au point, dont certains additionnés d'un atome de fluor (norfloxacin, péfloxacin, ciprofloxacine, ofloxacine...) possèdent une activité plus étendue et sont indiqués dans le traitement des infections systémiques et tissulaires à bacilles à Gram négatif et à cocci à Gram positif (LeJeune, 2021). La figure 11 présente la structure chimique de l'acide nalidixique.

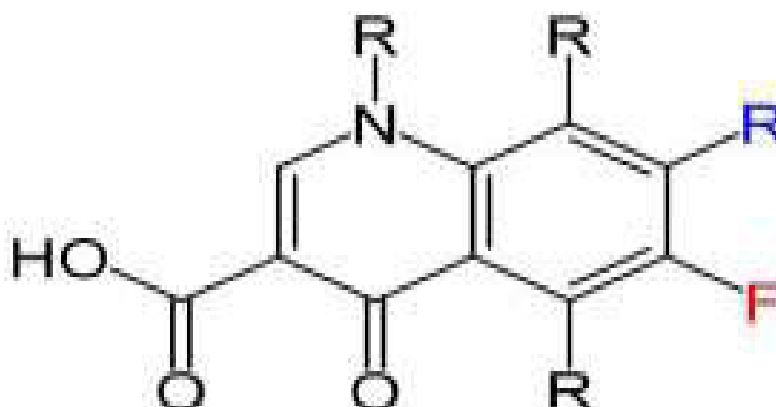


Figure 11 : Structures chimiques de l'acide nalidixique (LeJeune, 2021).

I-7-1-1-5- Cyclines

Les cyclines ou tétracyclines ont quatre cycles accolés (Figure 12). Dans cette famille on retrouve la doxycycline, lymécycline, minocycline et tigécycline (Buxeraud et Faure, 2016).

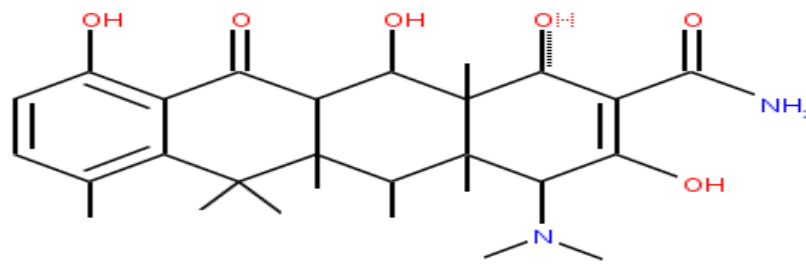


Figure 12: Structure de base des cyclines (Buxeraud et Faure, 2016)

I-7-1-2- Mode d'action des antibiotiques

Les antibiotiques agissent de manière spécifique sur les bactéries, en bloquant une ou des étapes essentielles de leur développement. Ce blocage se produit lorsque l'antibiotique se fixe sur sa cible, une molécule de la bactérie qui participe à l'un de ces processus métaboliques essentiels.

Les bêta lactamines agissent sur la paroi en se fixant sur les protéines liant la pénicilline (PLPs) qui sont des enzymes (D-D carboxypeptidases, transpeptidases) qui sert à fabriquer les ponts peptidiques du peptidoglycane, et vont donc ainsi provoquer un arrêt de synthèse du peptidoglycane (Figure 13). L'effet bactéricide des bêta-lactamines résulte de la dérégulation des autolysines, qui entraîne la lyse de la bactérie (Veyssiere, 2019). Les β -lactamines sont les antibiotiques les plus utilisés. Leur succès est dû à leur efficacité et leur tolérance (Bush et Bradford, 2016).

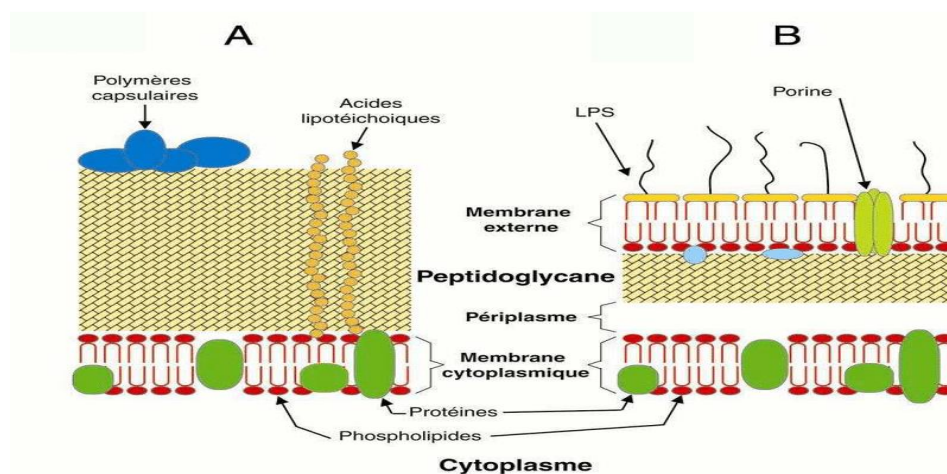


Figure 13: Schéma des deux types de paroi bactérienne. A : paroi des bactéries Gram positives composée de peptidoglycane ; B : paroi des bactéries Gram négatives avec une couche de peptidoglycane plus mince mais composée en plus d'une membrane externe (Veyssiere, 2019)

Les aminosides, les macrolides et les cyclines sont actifs sur la synthèse protéique et plus particulièrement sur le ribosome qui est un complexe composé de protéines et d'ARN, permettant ainsi la fabrication de protéines par décodage de l'ARN messager. Elles sont composées de deux sous-unités : la petite appelée 30S (ARNr 16S + 21 protéines) et la grosse sous-unité 50S (ARNr 23S et 5S + 34 protéines). Les aminosides créent une mauvaise reconnaissance du codon de l'ARN messager (ARNm) par l'ARN de transfert (ARNt) chargé, conduisant à des erreurs de traduction. Les macrolides, en raison de leur taille imposante ils se placent au début du tunnel de sortie du peptide en formation et bloquent ainsi la chaîne peptidique. Le ribosome se dissocie du peptide en formation. Les cyclines inhibent la synthèse des protéines en se liant à la sous-unité 16S, près du site de décodage (site «A»). Ceci bloque l'accès au site «A» pour l'ARNt (Figure 14).

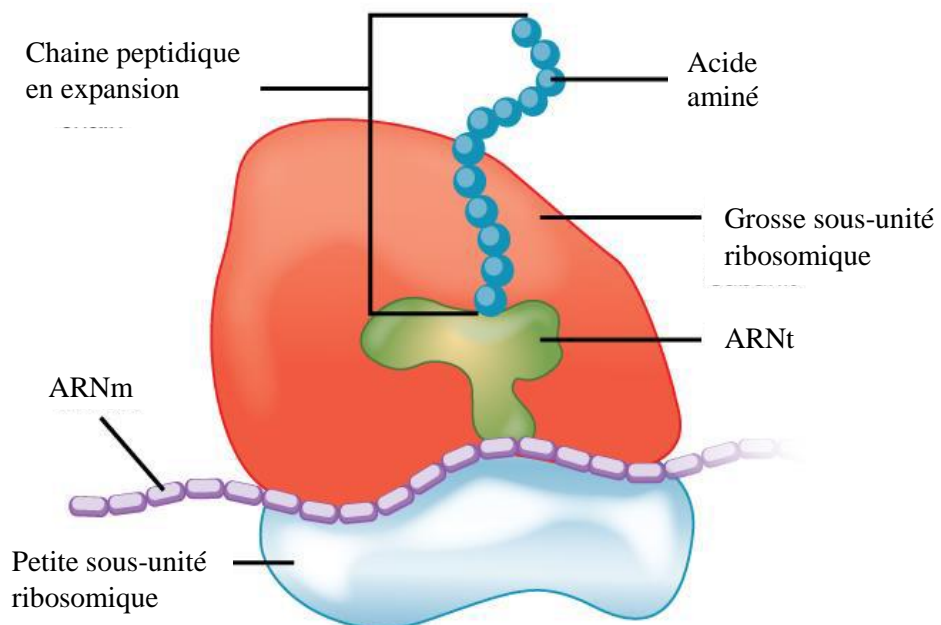


Figure 14: Ribosome en cours de traduction (Veysiere, 2019)

Les quinolones sont des antibiotiques actifs sur la synthèse des acides nucléiques. La synthèse de l'ADN met en jeu des complexes enzymatiques dont des topoisomérases de type II (ADN gyrase et topoisomérase IV). L'ADN gyrase permet la création des surenroulements négatifs dans l'ADN, favorisant ainsi un déroulement local de la double hélice d'ADN permettant la réplication. Les topoisomérases de type II sont composées de deux sous-unités GyrA ou ParC et de deux sous-unités GyrB ou ParE. Les quinolones se placent au centre de ces sous-unités empêchant ainsi l'action de ces enzymes.

I-7-2- Résistance des microorganismes aux antibiotiques

I-7-2-1- Définition et détermination de la résistance aux antibiotiques

Les antibiotiques utilisés pour les animaux d'élevage appartiennent en majorité aux mêmes classes d'antibiotiques que ceux utilisés en médecine humaine. Selon l'EFSA, l'antibiorésistance est le principal effet indésirable de l'usage des antibiotiques chez les humains et les animaux (EFSA et ECDC, 2016). D'un point de vue thérapeutique, une bactérie est considérée comme résistante lorsqu'elle possède l'aptitude à résister à l'action d'un antibiotique auquel elle était préalablement sensible. La notion de « breakpoint » est utilisée pour classer les bactéries comme sensibles et résistantes afin de guider la thérapie (Leclercq *et al.*, 2013).

L'émergence de microorganismes résistants peut survenir indépendamment de la présence d'antibiotiques. En revanche, l'augmentation et la dissémination des bactéries résistantes survient à la suite de pression de sélection due à l'exposition aux antibiotiques. C'est donc l'usage abusif et/ou l'utilisation inadaptée des antibiotiques, que ce soit chez les patients ou les animaux ou leur relargage dans l'environnement qui, en fin de compte, va favoriser l'augmentation des proportions de bactéries résistantes (Roca *et al.*, 2015). La résistance aux antibiotiques est rencontrée soit chez les bactéries naturellement insensibles à des antibiotiques donnés, soit chez des bactéries ayant acquis la résistance.

I-7-2-2- Résistance naturelle aux antibiotiques

On parle de résistance naturelle lorsque toutes les souches d'une même espèce bactérienne sont résistantes à un antibiotique donné. Il s'agit en fait de bactéries qui sont insensibles au mode d'action de l'antibiotique. La résistance naturelle est stable et transmise à la descendance (elle a pour support génétique le chromosome bactérien) mais elle n'est pas transmissible sur un mode horizontal c'est-à-dire d'une bactérie à l'autre au sein d'une même espèce ou entre espèces différentes (Bouyahya *et al.*, 2017). La résistance naturelle peut être due à la faible affinité de l'antibiotique pour sa cible chez la bactérie, à la production naturelle d'enzymes qui inactivent les molécules, ou encore, à l'éviction des molécules par exporteurs actifs codés par le chromosome bactérien (Hollenbeck et Rice, 2012).

I-7-2-3- Résistance acquise aux antibiotiques

On parle de résistance acquise lorsqu'une ou plusieurs souches d'une espèce bactérienne naturellement sensible à un antibiotique y deviennent résistantes. La résistance acquise se caractérise donc par l'apparition subite d'une résistance à un ou plusieurs antibiotiques chez certaines bactéries qui étaient auparavant sensibles. La résistance acquise résulte de mécanismes qui sont liés à l'ADN de la bactérie et sont donc caractérisés par des mutations ou des transferts

de gènes résistant d'une bactérie résistante vers une bactérie sensible, via un plasmide par exemple (Bouyahya *et al.*, 2017).

Les mutations peuvent survenir au niveau du chromosome bactérien. Ce sont des évènements ponctuels qui permettent de contourner l'effet délétère de l'antibiotique cependant ce phénomène ne concerne qu'un antibiotique ou qu'une famille d'antibiotiques à la fois. L'acquisition de gènes de résistance peut résulter du transfert de matériel génétique porteur d'un ou plusieurs gènes de résistance venant d'une bactérie résistante. Ce deuxième mécanisme est le plus répandu et le plus préoccupant car il peut simultanément concerner plusieurs antibiotiques, voire plusieurs familles d'antibiotiques. Une même souche bactérienne peut accumuler les mécanismes de résistance, mutation ou acquisition de gènes, on parle alors de multi résistance. Les bactéries multi résistantes (BMR), résistantes à plusieurs familles d'antibiotiques et les bactéries pan-résistantes sont celles qui conduisent à des impasses thérapeutiques (Silva *et al.*, 2019).

I-7-2-4- Mécanismes de résistance

La résistance aux antibiotiques peut résulter de plusieurs mécanismes : modification de la cible de l'antibiotique, inactivation de l'antibiotique et diminution de la quantité d'antibiotique. Ces mécanismes peuvent être isolés ou associés (Veyssiere, 2019) (Figure 15).

I-7-2-4-1- Modification de la cible

La modification de la cible peut se faire par mutation de la cible de l'antibiotique. Une modification consécutive à une mutation ou par des protéines empêchant l'accès au site de fixation suffit souvent à empêcher la liaison. Les bactéries peuvent aussi sécréter une enzyme spécifique qui effectue une modification chimique covalente de la cible, par exemple par une méthylation qui inhibera la fixation de l'antibiotique. Ce type de mécanisme est rencontré dans la résistance aux macrolides, où une méthylase confère une résistance en modifiant l'ARN ribosomique au niveau du site de liaison de l'antibiotique.

Cette modification peut également se traduire par la surexpression de la cible de l'antibiotique. En produisant davantage de la macromolécule ciblée, la bactérie arrive à maintenir suffisamment d'activité biologique pour se développer, malgré la présence de l'antibiotique qui est alors dépassé. L'augmentation des concentrations ne peut pourtant contrer ce phénomène.

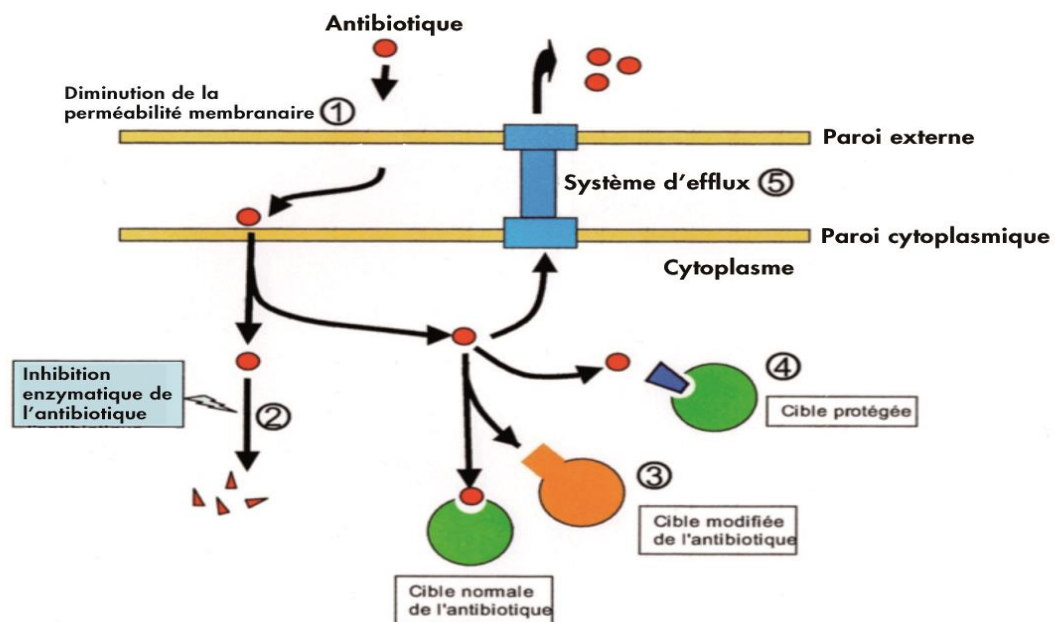
I-7-2-4-2- Inactivation de l'antibiotique

De nombreuses souches résistantes fabriquent une enzyme qui modifie ou qui clive la molécule d'antibiotique, la rendant inactive. C'est le mécanisme principal de résistance aux béta-

lactamines (famille de la pénicilline et des céphalosporines) qui implique les enzymes de la famille des bêta-lactamases.

I-7-2-4-3- Diminution de la quantité d'antibiotique

La diminution de la quantité d'antibiotique se fait généralement par le phénomène d'efflux des antibiotiques et par la réduction de la perméabilité membranaire. Les bactéries sont capables d'éliminer les antibiotiques par pompage actif hors de la cellule, qui efflue les composés toxiques au dehors. Par ailleurs, la « porte d'entrée » des antibiotiques est représentée par des pores normalement constitués de protéines qui forment des canaux et que l'on appelle des porines. Les bactéries résistantes réduisent leur nombre de porines et déstabilisent ainsi ces canaux empêchant la pénétration de l'antibiotique dans la cellule.



- (1) Diminution de la pénétration de l'antibiotique dans la bactérie.
- (2) L'antibiotique peut être inactivé par l'action d'une enzyme.
- (3) La modification de la cible empêche la fixation de l'antibiotique.
- (4) La protection de la cible empêche la fixation de l'antibiotique.
- (5) Les systèmes d'efflux provoquent une élimination de l'antibiotique hors de la cellule.

Figure 15 : Mécanismes d'action de la résistance antibiotique (Veysiere, 2019).

I-7-2-5- Bases génétiques de la résistance

Quelle que soit la nature de la résistance, innée ou acquise, elle s'établit via des allèles spécifiques dans le pool génétique d'une souche bactérienne. L'origine de la diversité génétique est due essentiellement des phénomènes tels que les mutations chromosomiques, des hypermutations et le transfert horizontal de gènes entre les espèces de nature différente (Bouyahya *et al.*, 2017).

I-7-2-5-1- Mutations chromosomiques

Les mutations chromosomiques peuvent se produire spontanément lors de la réplication de l'ADN (en absence d'un vrai système de réparation). Cette marque génétique donne lieu à des protéines biochimiquement modifiées. Ce type de mutation est plus étudié chez *Escherichia coli* dont la mutation du gène *gyrA* lui confère une forte résistance. Chez *Pseudomonas aeruginosa*, une mutation dans le gène *mexR* cause la répression de l'opéron *mexAB-oprM* et confère la multirésistance à cette souche pathogène (Adewoye *et al.*, 2002).

I-7-2-5-2- Hypermutation

L'hypermutation est un phénomène génétique qui désigne un état transitoire durant lequel une souche bactérienne subit un taux de mutation très élevé, permettant ainsi l'acquisition de la résistance aux antibiotiques. Cet état a été montré chez certaines souches pathogènes telles que *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Helicobacter pylori* (Marshall *et al.*, 2009). D'autres souches bactériennes utilisent cette stratégie pour lutter contre d'autres agents pathogènes (Blazquez, 2003).

I-7-2-5-3- Transfert des gènes

Les espèces microbiennes partagent des éléments génétiques entre elles d'une manière perpétuelle. Cet échange est appelé transfert horizontal du matériel génétique. Ce transfert est généralement réalisé grâce à trois phénomènes essentiels. La transduction qui est le transfert des gènes via les bactériophages, la transformation qui est l'incorporation par une bactérie des fragments d'ADN libérés par d'autres bactéries et la conjugaison qui est le transfert des fragments via des plasmides conjugatifs (Wellington *et al.*, 2013).

Le transfert des gènes peut se produire entre des bactéries phylogénétiquement éloignées, essentiellement entre les bactéries à Gram+ et celles à Gram- (Schwarz *et al.*, 2018). Le transfert horizontal des gènes a donné lieu à une résistance aux différentes classes d'antibiotiques telles que les aminoglycosides, les céphalosporines et les fluoroquinolones. Dans certains cas, les éléments transposables (éléments mobiles qui se transposent d'une manière intra- ou interchromosomique) portent avec eux des copies des gènes via les trois mécanismes de transfert possibles : la conjugaison, la transformation et la transduction (Bouyahya *et al.*, 2017).

D'autres éléments responsables du transfert des gènes entre les bactéries sont appelés les intégrons. Ce sont des fragments d'ADN connus sous le nom des cassettes des gènes que les bactéries s'intègrent dans certaines régions d'ADN chromosomique via un mécanisme de recombinaison d'une manière site-spécifique (Davies et Davies, 2010). Ces éléments transfèrent des gènes impliqués dans la résistance bactérienne aux antibiotiques. Les intégrons ne sont pas

des éléments mobiles, mais leurs associations avec d'autres facteurs de transfert et d'insertion les rendent mobiles. Les mécanismes d'acquisition des intégrons ont commencé à être connus, et certaines cassettes de gènes responsables sont décrites aujourd'hui tels que les intégrons codant pour les lactamases de type métalloenzyme qui confèrent la résistance au carbapénème (Chaudhary, 2016).

CHAPITRE II- MATERIEL ET METHODES

II-1- MATERIEL

II-1-1- Présentation de la Région de l'Ouest Cameroun

La Région de l'Ouest Cameroun est une unité administrative correspondante à une région, composée de 40 arrondissements répartis dans huit départements : la Menoua, les Bamoutos, le Noun, la Mifi, le Haut-Kam, le Ndé, le Koung-khi et les Hauts Plateaux. Elle est limitée au nord-ouest et à l'ouest par les Régions du Nord-ouest et du Sud-ouest, au sud et à l'est par les Régions du Littoral et du Centre ; et enfin, au nord-est par la Région de l'Adamaoua. La Région de l'Ouest s'étend entre 4° 52' et 6° 20' de latitude nord et entre 9° 88' et 11° 50' de longitude est. Elle couvre une superficie de 13 892 km², soit 3% du territoire national et abrite plus de 1 982 100 habitants en 2001 (1 720 047 en 2005). Elle est la plus petite région en superficie mais la plus importante du pays en densité. Elle est constituée d'une population à majorité jeune et très dynamique (MINEPAT, 2015).

II-1-1-1- Relief

La Région de l'Ouest est constituée des plateaux bamiléké (1400 m) et bamoun (1200 m) séparés par la vallée du Noun (1000 m) et limités au sud-ouest par la plaine des Mbos (600-700 m) et la vallée du Nkam, et au nord-est par la plaine Tikkar et la vallée du Mbam. La crête des Monts Bamoutos et le Pic de Santa limitent au nord-ouest le plateau bamiléké, tandis qu'au plateau bamoun succède la plaine de Ndop elle-même limitée par les Monts de Bamenda et le Massif de l'Okou (3070 m). Des massifs montagneux isolés, tels le Mbapit (1988m), le Nkogam (2263 m), le Mbam (2335 m) dominant de leur relief vigoureux le plateau bamoun. Le plateau bamiléké est dominé sur ses bordures par des massifs au relief plus mou mais parfois plus élevés. C'est le cas avec le Massif du Bani à l'ouest (1921 m), au sud le massif de Batié (1924 m) et du Bana (2037 m). Au nord, le Pic de Santa ou mont Léfo (2550 m) domine la localité de Mbouda. Au nord-est, les Monts Bamoutos, avec une série de sommets au-dessus de 2700 m atteignent au Mont Mélétan 2740 m, point culminant de l'ex-Cameroun Oriental. L'arête sommitale des Monts Bamoutos constituait la limite des Cameroun Oriental et Occidental (ex frontière entre les tutelles française et anglaise) (Da Costa *et al.*, 2005).

II-1-1-2- Climat

Le climat est de type tropical d'altitude unimodal, avec une saison sèche de 4 à 5 mois (de novembre à mars) et une saison des pluies de 7 à 8 mois (d'avril à octobre). Les précipitations annuelles varient de 1673 mm à 2092 mm selon les années, la pluviométrie annuelle moyenne est de 1854,6 mm. Durant la saison des pluies, les précipitations mensuelles moyennes varient selon les années de 103 mm à 205 mm pour les minima et de 156 mm à 374 mm pour les

maxima. Le pic maximum pluviométrique se situe en septembre où il atteint, en moyenne, les 293 mm. Durant la saison sèche, les précipitations mensuelles moyennes varient selon les années de 0 mm à 23,7 mm pour les minima et de 12,5 mm à 156 mm pour les maxima. Les températures annuelles varient de 16 °C à 19,8 °C selon les années, la température moyenne annuelle est de 18,6°C. Les températures mensuelles moyennes varient de 12,6 °C à 13,9 °C pour les minima et de 21,2 °C à 26 °C pour les maxima. Les températures moyennes mensuelles minimales sont relevées durant la saison des pluies, les températures moyennes maximales sont relevées durant la saison sèche. Cette variation de température observée est étroitement liée aux variations pluviométriques. Il est intéressant de remarquer que la variation de température observée est surtout due aux variations des maxima, puisque les minima varient peu d'un mois à l'autre (Da Costa *et al.*, 2005).

On a reporté dans le tableau IV la pluviométrie moyenne annuelle de la Région de l'Ouest durant l'année 2020.

Tableau IV: Pluviométrie moyenne annuelle de la Région de l'Ouest (INC, 2020)

Poste	Pluviométrie moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Coefficient de variation
Foumban	1904	226	0,119
Dschang	1937	160	0,083
Foumbot	1733	216	0,123
Bafoussam	1809	183	0,101
Koundja	2063	224	0,109
Mbouda	1700	177	0,104

II-1-1-3- Végétation

La succession zonale de la végétation est essentiellement le reflet du climat. Ainsi, on définit trois grands domaines phytogéographiques dans la région (Njoya, 2007 ; Nkalih Mefire, 2016).

- Les forêts et savanes zonales : on distingue une forêt ombrophile dominée par les légumineuses. Elle remonte les contreforts méridionaux du plateau bamiléké où la pluviosité permet son installation, couvre le nord-est du département de la Ménoua, la moitié sud du département du Haut-Nkam et le quart sud-ouest de celui du Ndé. Une forêt semi-décidue ou héli-ombrophile à *Sterculacées* caractérisée par la caducité

périodique de son feuillage. Elle se situe immédiatement au nord de la précédente, sur une bande étroite qui part du centre du département du Haut-Nkam et se dirige en arc de cercle en s'agrandissant à travers le département de Ndé. La savane péri-forestière est dominée par des pâturages constitués de *Sporobolus africanus*, *Pennisetum clandestinum*, *Pennisetum purpureum*, *Calliandra calothyrsus*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum*, *Panicum phragmitoides*, *Hyparrhenia rufa*, *Urelytrum fasciculatum*, *Paspalum orbiculare*, *Tripsacum laxum*, *Styloxanthes* spp, *Acacia* spp, *Loudetia* spp, *Desmodium* spp et *Brachiaria* spp.

- Les formations montagnardes et semi montagnardes : ce sont les formations les plus originales en termes de phytogéographie. Il s'agit de la formation végétale qui couvre la plus grande partie du pays bamiléké. Les principales espèces sont les suivantes : *Albizzia gunnifera*, *Carapa grandiflora*, *Syzigium standii*. Au-dessus de 2000 m, sur les Monts Bamboutos, les ravins sont occupés par une forêt essentiellement constituée de *Podocarpus milandjanius*, alors que les pentes portent une prairie à *Spaobulus montannus* ou à *Bromus scabrlda*.
- Les formations édaphiques : ce sont un cas particulier de formation azonale. Elles couvrent les sols hydromorphes comme la plaine de Mbo, les marais de Bamendjing, les marais de la Mifi, de Balenssing et les talwegs des plateaux. Les espèces caractéristiques sont: *Cyata maniana*, pour les marais de Mbo et de Bamendjing, et *Raphia vinifera* pour les marais et talwegs des plateaux.

II-1-1-4- Pédologie

Les sols de l'Ouest Cameroun sont d'une fertilité originelle remarquable. On peut distinguer deux grands types de formations pédologiques (Njoya, 2007 ; Nkalih Mefire, 2016).

II-1-1-4-1- Sols ferralitiques

Les sols ferralitiques sont les formations les plus courantes, on les trouve sur le socle ancien comme sur la couverture volcanique d'âge variable. Ce sont des sols évolués, épais et développés sur le socle cristallin et cristallophyllien ou sur des basaltes anciens. Sur le plan minéralogique, ils sont constitués de kaolinite, des hydroxydes de Fer et d'Alumine. Ce sont des sols peu à moyennement désaturés en éléments alcalins. Leur pH est souvent compris entre 5 et 6 UC. Il s'agit des sols typiques, des sols remaniés, et des sols pénévlués.

Les sols ferralitiques typiques sont des sols rouges gneiss pédiments rhyolithe, des sols brun-rouge basalte et des sols indurés basalte de plateau gneiss. Ils existent sur deux types de roches-

mères : métamorphiques acides et volcaniques, subdivisés en deux sous-groupes: modal et induré. Parmi les sols modaux figure les sols dérivés des roches métamorphiques qu'on rencontre dans les zones où affleure le socle, dans la vallée du Noun et dans la partie sud du pays. Les sols ferrallitiques dérivés du basalte qu'on rencontre dans la partie nord du plateau bamiléké, avec d'importantes interruptions qui laissent apparaître le socle (nord de Bafoussam, près de Bangangté, autour de Batié). Ce basalte datant du Crétacé, les sols y sont fortement développés. Les sols indurés quant à eux sont constitués des sols ferrallitiques qui couronnent les parties supérieures du plateau bamiléké. Ce sont des affleurements de cuirasses ferro-alumineuses. On les rencontre dans les localités de Fongo-Tongo à l'ouest de Dschang, dans la zone de Bamendjinda et Bafounda, ainsi qu'à l'est de Bangangté et dans la localité de Bafoussam bien qu'elles aient été recouvertes par les cendres provenant des volcans du pays Bamoun.

Les sols remaniés ne se rencontrent que sur les roches métamorphiques du socle. Ils ont été remaniés en surface. Leur profil est coupé en deux par une ligne de cailloux, en général du quartz. Ce type de sol est assez peu représenté en pays bamiléké.

Les sols ferrallitiques pérévalués correspondent aux sols ferrallitiques mais relativement jeunes situés sur des basaltes bulbeux ou sur des cendres, et aux sols ferrallitiques anciens recouverts par des épaisseurs variables de matériaux récents situés dans la zone au nord de la chefferie de Bandjoun et comprise entre le Noun et le méridien de Bafoussam.

II-1-1-4-2- Sols hydromorphes

Les sols hydromorphes sont des sols marécageux gorgés d'eau retrouvés dans les bas-fonds. Ils sont caractérisés par une forte accumulation de matière organique. Ce sont des sols noirs, mal drainés, à forte porosité et à pH acide. Les sols hydromorphes en pays Bamiléké ont deux origines distinctes, dues d'une part à la faiblesse de l'érosion sur le plateau, d'autre part à l'obstruction des vallées périphériques par des coulées volcaniques, entraînant l'engorgement de la partie située en amont : un lac se forme, qui se comble peu à peu ; les matériaux de comblements sont soumis à une immersion d'abord totale et permanente, puis partielle et saisonnière. Les premiers sont filiformes et zèbrent l'ensemble du plateau bamiléké en occupant les talwegs et sont peuplés par les raphiales. En effet, sur le plateau les rivières non seulement ne s'encaissent plus, mais aussi ne font quasiment plus d'érosion latérale. Les seconds forment deux tâches dans les plaines périphériques : l'une dans la plaine du Noun au nord-est du pays, l'autre dans la plaine des Mbo sur le Kam au sud-ouest du pays. Quelque soit l'origine de ces sols, ils sont classés en trois groupes selon leur mode d'engorgement au cours de l'année : sols hydromorphes, riches en

matières organiques brutes (immersion totale toute l'année) ; sols humiques à gley (immersion totale mais saisonnière) et sols à pseudo-gley (immersion partielle et périodique).

A ces deux grands groupes, s'ajoute les sols minéraux bruts qui sont des sols non climatiques qui résultent de l'altération et de l'érosion des granites, migmatites et rhyolites et des sols peu évolués.

En pays bamiléké, en termes de pédogenèse, le rôle de la pente est fort. On peut distinguer deux secteurs sur le versant d'un interfluve : en haut (pente convexe) c'est le domaine de l'ablation, en bas (pente concave) c'est celui du dépôt. Dans la partie supérieure de l'interfluve les sols sont faiblement épais et peu fertiles. Cette zone est traditionnellement consacrée à l'élevage et aux cultures peu exigeantes. Dans la partie inférieure de l'interfluve les sols sont épais (zone d'accumulation), et riches. Ceux-ci sont continuellement renouvelés par de nouveaux apports : c'est le domaine de culture par excellence. Cette différenciation régionale correspond aux trois grands types de sols présentés ci-dessus, liés à la nature et à l'âge de la roche mère. Il s'y superpose une différenciation locale, à grande échelle, liée à la topographie. La première commande les densités de population et l'intensité d'utilisation des sols, la seconde l'implantation de la population et l'organisation des terroirs (Nkalih Mefire, 2016).

II-1-1-5- Géologie

La Région de l'Ouest repose sur un socle précambrien cristallin-cristallophyllien (Okomo *et al.*, 2016 ; Tchakounté *et al.*, 2017). Ce substratum est composé de roches plutoniques (granite anatexique et syntectonique) et/ou métamorphique (orthogneiss, mylonite, gneiss à biotite et amphibole) sur lesquelles se forment des coulées volcaniques composées principalement de basaltes de plateau. Il s'agit des basaltes dits de transition (basaltes à olivine et sans olivine) avec la présence de rhyolites locales, de tufs rhyolitiques et d'andésites (Mfonka *et al.*, 2021).

Quant à l'hydrogéologie, les études antérieures réalisées dans ce domaine, ont permis de mettre en évidence la présence de rhyolites et d'andésites dans la région (Okomo *et al.*, 2016 ; Mfonka *et al.*, 2018). La région présente deux types d'aquifères sous-jacents qui fonctionnent en tant que système bicouche : un aquifère supérieur continu (aquifère libre) développé sur la saprolite, généralement utilisé pour les puits et les forages. L'aquifère discontinu fissuré (aquifère confiné) du sous-sol est utilisé uniquement pour les forages (Mfonka *et al.*, 2019).

La relation entre la topographie et la surface piézométrique montre que le niveau de piézométrie suit clairement la forme du paysage de la zone d'étude. Le dôme est observé sous les plateaux et les dépressions dans les vallées. Ces dômes piézométriques situés dans les zones de haute altitude constituent également la ligne de partage des eaux souterraines. Les variations

piézométriques suivent généralement celles des pluies. Ces réactions sont ainsi liées aux caractéristiques physiques et hydrodynamiques de l'aquifère telles que la conductivité hydraulique, l'impact de la zone vadose, la capacité de stockage et la capacité d'absorption, la capacité de stockage des piézomètres, la structure locale de l'aquifère, l'état initial de l'aquifère, l'état initial de la nappe, mais aussi et surtout la topographie (Mfonka *et al.*, 2021).

II-1-1-6- Hydrographie

Le réseau hydrographique de la région est drainé par quatre rivières principales (Mfonka *et al.*, 2018):

- La Mape au nord, affluent du Mbam.
- Le Nkam au sud-ouest, se jette dans le Wouri. Il draine la bordure sud-ouest du plateau Bamiléké ainsi que plusieurs localités du département de la Menoua.
- Le Ndé au sud-est, affluent du Noun.
- Le Noun, qui draine l'essentiel de la Région de l'Ouest après avoir pris naissance dans le massif de l'Okou (3070 m), puis divague dans la plaine de Ndop aujourd'hui inondée par l'ouvrage de retenue de Bamendjin. Le Noun reçoit en rive droite deux affluents d'égale importance drainant le plateau Bamiléké. Ce sont la Mifi-Nord (Babadjou-Mbouda) et la Mifi-Sud formée de la Metchié et de la Mifi-Sud proprement dite (Bandjoun). En rive gauche, le Noun reçoit de petits affluents issus du pays Bamoun; il se jette dans le Mbam, une des branches majeures de la Sanaga.

La région a le réseau hydrographique le plus important du pays. Les forages en eau profonde et les puits plus ou moins aménagés et équipés des pompes manuelles fournissent l'essentiel de l'eau aux populations dans les villages. Le réseau CDE existe uniquement dans le centre urbain (Mfonka *et al.*, 2018).

II-1-2- Choix et cartographie des exploitations laitières enquêtées et des sites d'échantillonnage

La Région de l'Ouest a été choisie parce que c'est l'un des environnements le plus approprié pour l'amélioration de l'offre en produits laitiers dans le pays. Non seulement elle est exempte de mouche Tse Tse, mais la région est reliée aux deux villes principales, Douala et Yaoundé, par un bon réseau routier. Les températures sont les plus basses du pays et conviennent donc aux races à haut rendement. La production de lait dans cette région est une des priorités du gouvernement. Un laboratoire de technologie laitière a été créé dans la région pour améliorer la

transformation du lait. En outre, le Heifer Project International (HPI) a établi son siège social dans la région pour aider étroitement les agriculteurs dans la gestion des produits laitiers (MINEPIA, 2017).

Le choix des exploitations enquêtées a été basé sur le souci de couvrir toute les zones de production laitière active de la région. Les départements concernés ont été Bamboutos, Ndé et Noun avec respectivement 1, 5 et 79 exploitations. On a recensé 23 exploitations à Foumban, 44 exploitations à Koutaba, 12 exploitations à Foumbot, 5 exploitations à Bangangté et 1 exploitation à Mbouda soit un total de 85 exploitations (Figure 16).

Les sites d'échantillonnage choisis se définissent comme étant des lieux d'étude géographiquement différents de par leur latitude, longitude, altitude et le type de sol. Il s'agit donc d'un échantillonnage stratifié. Les caractéristiques des sites d'échantillonnage sont présentées dans le tableau V. Douze exploitations laitières ont été choisies comme sites d'échantillonnage (M, FN1, FN2, FN3, FN4, FN5, KT1, KT2, KT3, KT4, KT5, FT) (Figure 17).

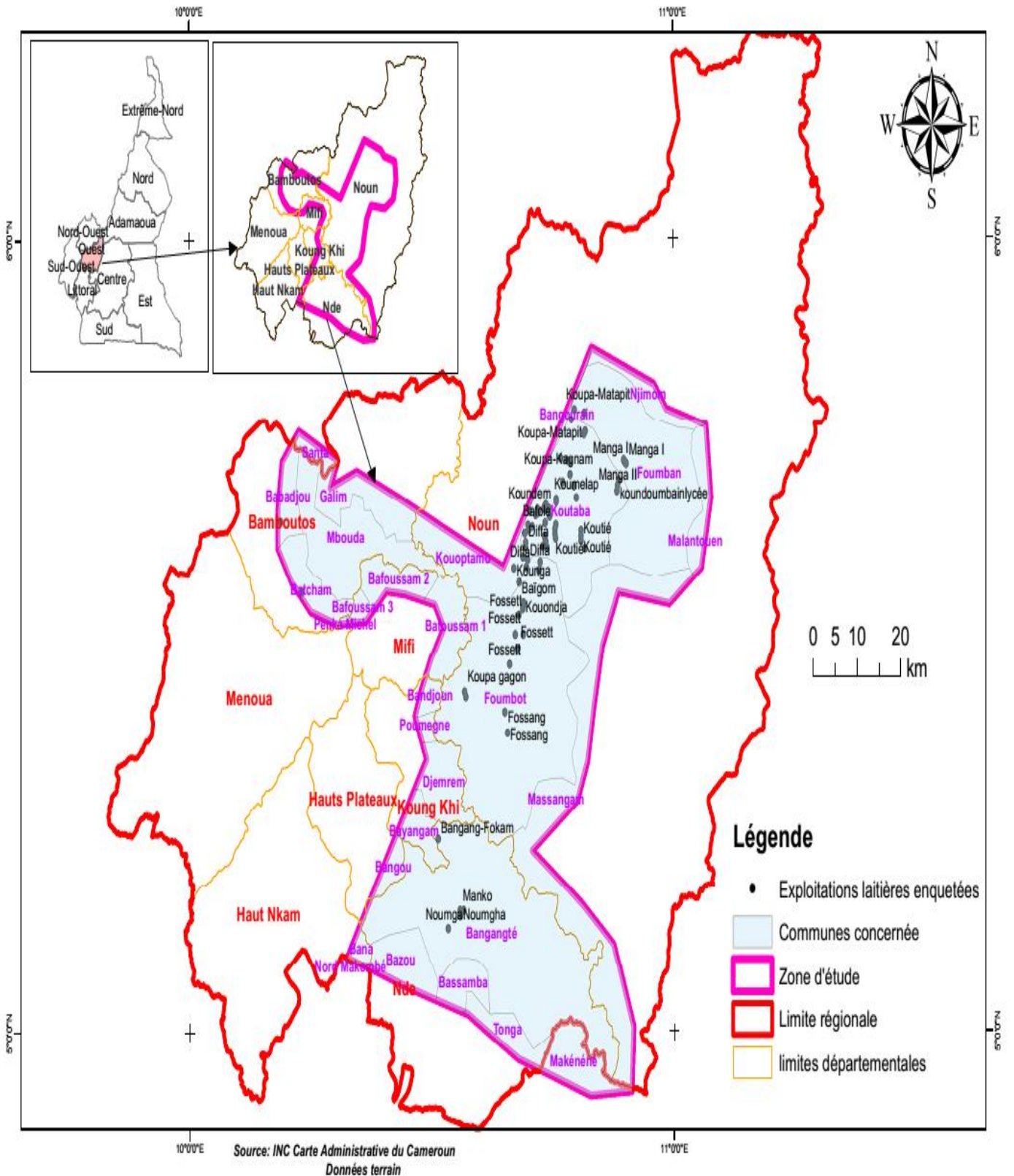


Figure 16 : Localisation de la Région de l'Ouest Cameroun et des exploitations laitières enquêtées

Tableau V : Caractéristiques des sites d'échantillonnage

Sites	Département	Arrondissement	Quartier	Coordonnée GPS	Altitude	Type de sol (INC, 2020)
M	Bamboutos	Mbouda	Babété	33' 29,016" N 13' 58,440" E	1491	Sols ferrallitiques des pentes fortes
FT	Noun	Foumbot	Koundoum-bain lycee	44' 6,822" N 53' 31,075" E	1140	Sols orthiques remaniés
KT1	Noun	Koutaba	Koutié	37' 41,196" N 48' 33,840" E	1145	Sols orthiques remaniés
KT2	Noun	Koutaba	Ngoudoup	37' 27,012" N 44' 6,360" E	1169	Sols orthiques indurés
KT3	Noun	Koutaba	Didango	39' 37,375" N 43' 21,625" E	1225	Sols orthiques indurés
KT4	Noun	Koutaba	Bafolé Centre	38' 32,064" N 42' 0,000" E	1239	Sols orthiques remaniés
KT5	Noun	Koutaba	Koumbouo (Bafolé)	39' 33,480" N 42' 13,680" E	1240	Sols orthiques remaniés
FN1	Noun	Foumban	Koupa gagon	25' 55,452" N 34' 7,680" E	1221	Sols rouges orthiques modaux
FN2	Noun	Foumban	Koufomloun	35' 6,767" N 43' 20,36" E	1129	Sols orthiques remaniés
FN3	Noun	Foumban	Koupa-matapit	47' 1,968" N 48' 58,320" E	1196	Sols rouges orthiques modaux
FN4	Noun	Foumban	Koundem	41' 55,047" N 44' 6,719" E	1270	Sols ferrallitiques des pentes fortes
FN5	Noun	Foumban	Diffa	35' 55,222" N 13' 58,440" E	1118	Sols orthiques remaniés

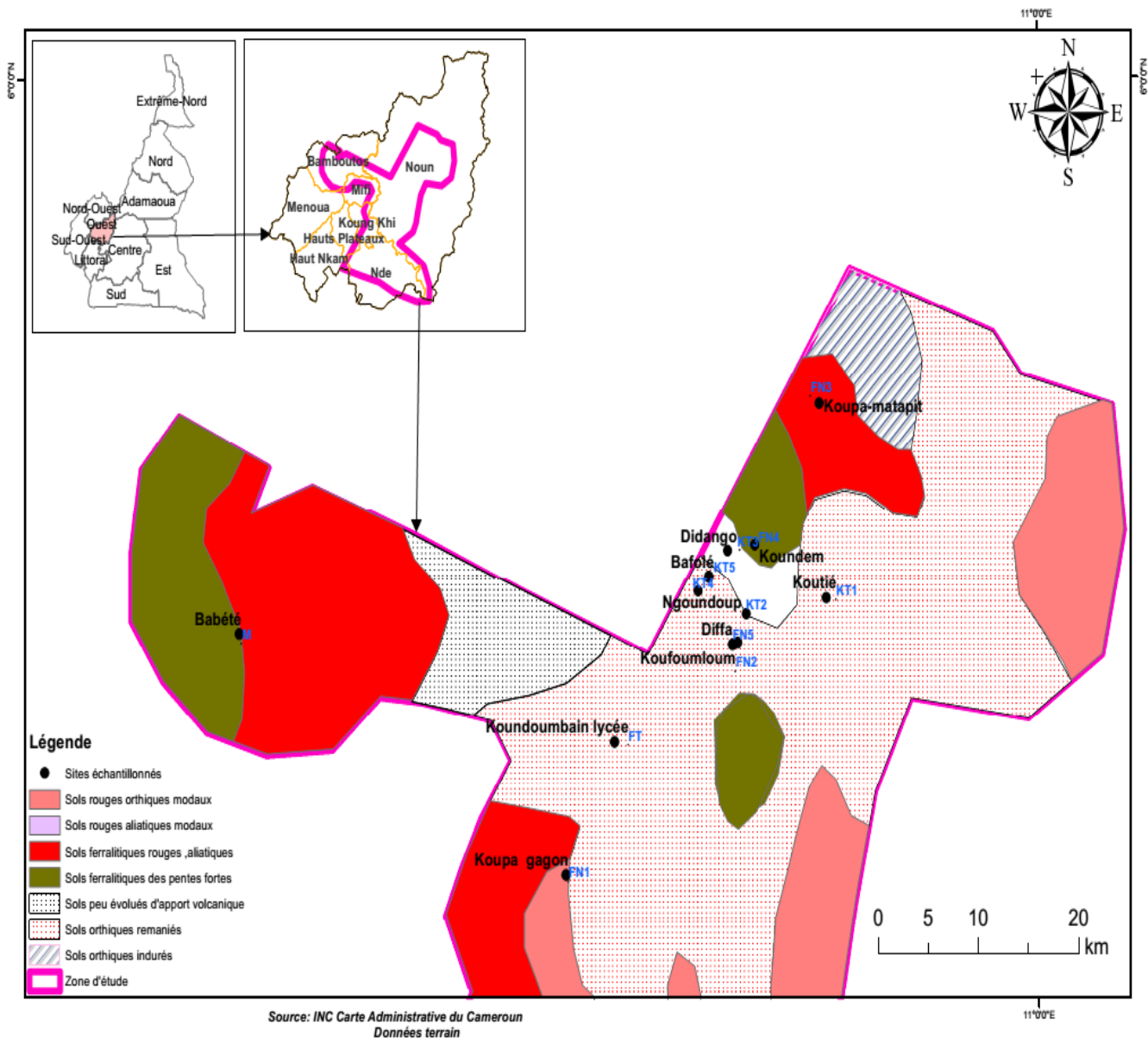


Figure 17 : Carte pédologique des sites d'échantillonnage

II-2- METHODES

II-2-1- Caractérisation des exploitations laitières de la Région de l'Ouest

II-2-1-1- Enquêtes

Les enquêtes par entretiens directs avec les agriculteurs ont été réalisées au cours de la période allant d'octobre 2019 à décembre 2019 et ont porté sur 85 exploitations. Des fiches d'enquêtes ont été préparées sous la forme d'un entretien semi-structuré. Les questions ont concerné l'éleveur, le troupeau et les pratiques d'élevage. Elles portaient ainsi sur la nature juridique des exploitations, le niveau d'instruction des éleveurs et leurs âges, le système d'élevage et les habitats, les types de fourrage et les compléments, les méthodes de pâturage, les

ressources en eau, l'orientation de l'élevage (lait ou viande), les races, la taille du troupeau, la reproduction et la santé du cheptel, les pratiques d'hygiènes, la conduite de la traite, la quantité de lait produite par jour et par vache, le devenir du lait et les contraintes rencontrées (Annexe 1). Le questionnaire a été pré-testé dans la localité de Fouban et réajusté afin de réduire le temps nécessaire aux discussions de groupe, à l'ordre des questions et à l'ajout de quelques questions.

II-2-1-2- Déroulement des enquêtes

L'équipe de recherche était composée d'un cadre des services agricoles du gouvernement, un vétérinaire, le président des éleveurs laitiers de la Région de l'Ouest, un ingénieur agronome et divers techniciens et étudiants. Le président des éleveurs laitiers de la Région de l'Ouest, parlant couramment la langue locale et ayant le contact téléphonique de certains éleveurs a aidé à établir le lien avec les éleveurs. L'équipe a tout d'abord fait une prospection générale des sites de production, et par la suite, des rendez-vous ont été fixés à la convenance de chaque éleveur et responsable.

À chaque arrivée sur le site, l'équipe de recherche a expliqué le but de la visite et a lancé la discussion. L'équipe s'est mêlée aux agriculteurs pour créer plus de confiance entre les deux parties et a sillonné toute la ferme. De nombreuses informations ont également été recueillies à partir de questions posées aux agriculteurs lors de la promenade dans le village. Des observations directes ont été effectuées pendant la marche sur le terrain. Des notes et des photographies ont été prises, un enregistreur (magnétophone) a été autorisé lors des discussions pour éviter la perte de certaines informations. Parfois, il était nécessaire de traduire une partie de la discussion en dialecte local. Cela a été réalisé par le président des éleveurs laitiers de la région. Le manque d'information a été comblé par les observations enregistrées lors des visites et de manière téléphonique à chaque fois que cela a été possible.

II-2-2- Détermination de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit

II-2-2-1- Collecte des échantillons d'eau, de fourrage vert et du lait cru

L'échantillonnage a été effectué de manière aléatoire et simple et à consister à faire des prélèvements d'eau d'abreuvement, de fourrage vert et de lait cru dans les exploitations laitières choisies sur le terrain au cours des mois de décembre 2019 et février, avril, juin, août, octobre 2020. Ce type d'échantillonnage permet d'évaluer la qualité moyenne du milieu. Le choix de cette période a permis de boucler le cycle saisonnier de l'année.

II-2-2-1-1- Eau d'abreuvement

La ressource en eau était constituée des puits aménagés (7 exploitations) et eaux de rivières (5 exploitations) (Figure 18).

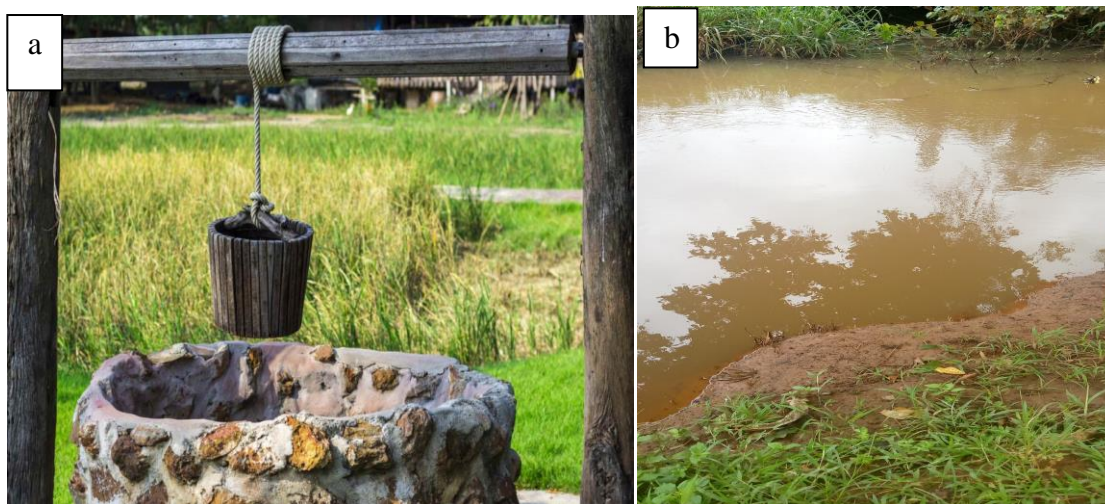


Figure 18 : Ressources hydriques utilisées pour l'abreuvement du bétail dans la Région Ouest du Cameroun : a) Puit aménagé ; b) Rivière

Deux prélèvements ont été effectués dans chaque exploitation pour analyse. Les échantillons d'eau destinés aux analyses microbiologiques ont été prélevés dans des flacons en verre stérile de 500 ml. Ces flacons ont été remplis d'eau au 3/4, afin de faciliter l'homogénéisation avant ensemencement. Les échantillons d'eau destinés aux analyses physicochimiques ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène de 1000 ml minutieusement lavés, rincés et séchés. Dans chaque exploitation, ces flacons ont été tout d'abord rincés sur le terrain avec l'eau à analyser, puis remplis à ras bord et bouchés afin de limiter le dégazage (APHA, 2012). Tous les échantillons étiquetés ont été transportés au laboratoire en enceinte réfrigérée pour analyse. Au total, 144 échantillons d'eau ont été prélevés.

II-2-2-1-2- Fourrage vert

Le fourrage vert récolté dans les jachères et dans les pâturages naturels ou cultivés était servi aux animaux en entier pour certains (*Panicum maximum*) et débité en petits morceaux pour d'autres (*Pennisetum purpureum*) (Figure 19). Les différentes espèces échantillonnées ont été authentifiées à l'Herbier National du Cameroun (HNC) (Yaoundé) par comparaison à un échantillon disponible (Tableau VI).

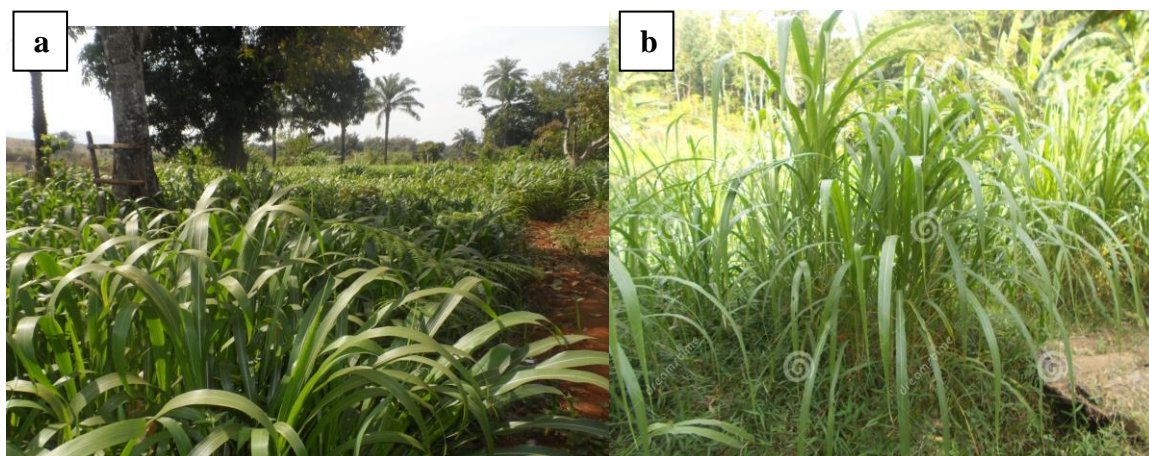


Figure 19: Quelques fourrages verts de la Région de l'Ouest : a) Fourrage cultivé *Panicum maximum* ; b) Fourrage naturel *Pennisetum purpureum*

Tableau VI : Différentes espèces de fourrages verts échantillonnés

Familles	Espèces	Numéro d'identification
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>	34415 HNC
Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i>	34443 HNC
Poaceae	<i>Zea mays</i>	18625/SRF/Cam
Poaceae	<i>Bracharia brizantha</i>	46970 HNC
Poaceae	<i>Echinochloa pyramidalis</i>	34262 HNC
Poaceae	<i>Sporobolus africanus</i>	14322/SRF/Cam
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	42885/HNC
Fabaceae	<i>Calliandra portoricencis</i>	34028 HNC
Fabaceae	<i>Stylosanthes mucronata</i>	8800/SRF/Cam
Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i>	42602 HNC
Fabaceae	<i>Desmodium intortum</i>	53155 HNC
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	49178 HNC
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	10076/SRF/Cam
Fabaceae	<i>Acacia sp.</i>	19235/HNC

Des échantillons simples ont été réunis en un échantillon global. Celui-ci a été ensuite mélangé de manière aussi homogène que possible et réparti de manière uniforme sur une surface propre. Le fourrage a été raccourci jusqu'à une longueur de tige maximale de 5 cm. L'échantillon représentatif a été tiré de l'échantillon global par un nouveau prélèvement d'environ 2 échantillons simples répartis uniformément. Chaque échantillon a été introduit dans des sacs en plastique fermés de manière étanche, dont on a préalablement évacué l'air afin de protéger l'échantillon contre l'air, la lumière, la chaleur et l'humidité (Glauser, 2007). Tous les

échantillons étiquetés ont été transportés au laboratoire en enceinte réfrigérée pour analyse. Au total, 144 échantillons de fourrage vert ont été prélevés.

II-2-2-1-3- Lait cru produit

La collecte aseptique des échantillons de lait au niveau des exploitations a été effectuée conformément aux directives du Conseil National de la Mammite (NMC, 2017). Les échantillons de lait ont été prélevés après lavage et séchage de l'extrémité du trayon. Le premier jet de lait a été éliminé et un flacon en verre stérile de 250 ml de contenance a été rempli avec le lait qui a été tiré par la suite. Deux prélèvements ont été effectués dans chaque exploitation pour analyse. Au total, 144 échantillons de lait ont été prélevés. Tous les échantillons de lait correspondaient aux laits de la traite matinale (Figure 20). Les échantillons étiquetés ont été transportés au laboratoire dans une glacière à des températures de 4 à 8 °C pour être analysés dans les 12 heures maximum qui ont suivi les prélèvements.



Figure 20 : Collecte des échantillons de lait : a) Nettoyage des mammelles ; b) traite du lait

II-2-2-2- Analyses physicochimiques de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit

Les analyses physicochimiques ont porté sur la détermination du Potentiel Hydrogène (pH), turbidité, couleur, teneurs en Calcium et Magnésium pour l'eau d'abreuvement, les teneurs en Calcium et Magnésium pour le fourrage vert consommé par les vaches et, le pH, acidité titrable, matière sèche, densité, teneurs en Calcium et Magnésium pour le lait cru produit. Sur chaque

échantillon, on a fait trois déterminations simultanées et on a considéré la moyenne arithmétique des résultats.

II-2-2-2-1- Potentiel Hydrogène de l'eau d'abreuvement et du lait cru produit

Le Potentiel Hydrogène (pH) de l'eau d'abreuvement et du lait cru produit a été mesuré *in-situ* à l'aide d'un pH-mètre électronique (Orion Star). Après allumage, la sonde de l'électrode a été introduite dans 20 ml de chaque échantillon à 2/3 pendant 1 à 2 min (Rodier *et al.*, 2016).

II-2-2-2-2- Turbidité et couleur de l'eau d'abreuvement

La turbidité et la couleur de l'eau d'abreuvement ont été évaluées par spectrophotométrie à l'aide d'un appareil Wagtech de marque Palintest Photometer 7500. Les cellules en verre de 10 ml contenant des échantillons d'eau ont été placées dans le photomètre, puis les pourcentages de transmission ont été lus. Les valeurs correspondantes lues à des longueurs d'onde de 53 et 54 nm respectivement, ont été exprimées en unité de turbidité de la formazine (FTU) et en unité de platine-cobalt (Pt. Co) (Rodier *et al.*, 2016).

II-2-2-2-3- Calcium et Magnésium de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert et du lait cru produit

Les teneurs en Calcium de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert consommé par les vaches ont été évaluées par complexométrie selon la norme AFNOR NFT 90- 003 au moyen du Complexon III. Ainsi, à 50 ml d'échantillon d'eau d'abreuvement et à 1g de fourrage vert broyé mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée, 1 ml de Cyanure de Potassium (KCN) 1%, 1 ml d'Hydroxyde de Sodium (NaOH 2N) et une pincée du réactif de Pahern, indicateur coloré H-H-S-N-N [acide-2-hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphtyl-azo)-3-naphtéique] ont été ajoutés respectivement. Le mélange obtenu de coloration rose, a ensuite été titré à l'Idranal III jusqu'à l'apparition de la coloration bleu franc. Les résultats exprimés en mg/l et en mg/kg respectivement ont été calculés par la formule (Rodier *et al.*, 2016):

$$\text{Ca}^{2+} = (\text{descente burette}) \times 20$$

Les teneurs en Magnésium de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert consommé par les vaches ont été évaluées par volumétrie. En effet, à 50 ml d'échantillon d'eau d'abreuvement et à 1g de fourrage vert broyé mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée, 1 ml de Cyanure de Potassium (KCN 1 %), 1 ml de tampon ammoniacal et une pincée de noir Eriochrome T y ont été ajoutés respectivement. On a obtenu une solution de coloration violette qui dosée à l'Idranal III a

viré au bleu franc. Les résultats exprimés en mg/l et en mg/kg respectivement ont été obtenus par la formule (Rodier *et al.*, 2016):

$$\text{Mg}^{2+} = (\text{descente burette}) \times 12$$

La détermination des teneurs en Calcium et Magnésium du lait cru produit a été réalisée par spectrométrie d'absorption atomique sur un appareil Techtron 1200 (AFNOR, 2007). Environ 10ml d'échantillon de lait ont été dilués avec environ 100 ml d'eau distillée acidifiée avec 10 ml de Chlorure d'Hydrogène (HCl) afin de favoriser la solubilisation des minéraux. La solution a été complétée à 500 ml avec de l'eau distillée. Cette solution mère a été diluée 10 fois avec une solution d'un sel de Lanthane (500 ppm La). La lecture a été effectuée aux longueurs d'onde suivantes : Ca^{2+} (422,7 nm), Mg^{2+} (285,1 nm), et les résultats ont été exprimés en mg/l. Pour chaque élément, on a tracé la courbe d'étalonnage correspondante.

II-2-2-2-4- Acidité titrable du lait

L'acidité titrable du lait a été déterminée par la technique de titration. Pour cela, 10 ml de lait cru ont été prélevés et versés dans un bécher. Trois à 4 gouttes de phénolphtaléine (0,1 N) comme indicateur ont été ajoutées au lait sous une constante agitation. La titration a été faite à température ambiante par ajout gouttes à gouttes de la solution d'Hydroxyde de Sodium (NaOH) de 0,1 N jusqu'au virage au rose. Le volume final de la soude a ainsi été noté (AOAC, 2005). L'acidité a été exprimée en degré Dornic (1°Dornic correspond à 0,1 g d'acide lactique).

II-2-2-2-5- Densité du lait

La mesure de la densité du lait a été réalisée à l'aide d'un thermo-lacto-densimètre. Le principe a consisté à plonger le densimètre dans une éprouvette de 100 ml rempli de lait à analyser, lorsqu'il se stabilise, une lecture directe donne le résultat (Dra Amira, 2018).

II-2-2-2-6- Matière sèche totale du lait

La détermination de la matière sèche totale du lait s'est faite par dessiccation d'une quantité déterminée de lait (5 ml) pendant 2 heures à l'étuve à 105 ± 2 °C suivant le procédé rapide par un dessiccateur (Mathieu, 1998). Pour cela nous avons utilisé une capsule. Sur une balance, après avoir posé et taré la capsule, une quantité de sable (10g) a été introduit. 5 ml de lait a été ajouté, et la peser P1 a été marquée. Par la suite, la capsule a été introduite dans l'étuve réglée à 105 °C pendant 2 heures. A la sortir de l'étuve, la capsule après un temps de refroidissement (30 minutes environ) a été pesée (P2).

$$\text{L'expression de la matière sèche a été : } \text{MS (g/l)} = (\text{P1-P2}) \times 100.$$

II-2-3- Analyses microbiologiques de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit

Quelques indicateurs microbiologiques qui reflètent la qualité hygiénique et la sécurité du lait cru ont été isolés (les Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophile (BHAM), les coliformes totaux, *E. coli*, *Salmonella* sp., *Brucella* sp., les lactobacilles, les levures et les moisissures).

Le lait cru et l'eau d'abreuvement pris séparément ont été homogénéisés et les dilutions décimales ont été effectuées par ajout de 1 ml de la solution mère de chaque échantillon dans 9 ml d'eau physiologique stérile (NaCl, 8,5 %). Cette opération a été répétée dans une série de tubes à essai jusqu'à obtenir un facteur de dilution aboutissant à un nombre de colonies bien dénombrables. Après homogénéisation, les différentes dilutions (10^{-2} à 10^{-8}) ont été prélevés à l'aide d'une micropipette, ensemencées en triplicata sur des milieux de culture gélosés et incubés à des températures précises en fonction du microorganisme recherché (Rodier *et al.*, 2016).

En ce qui concerne le fourrage vert prélevé, un gramme de tiges et feuilles de ce dernier a été centrifugé pendant 1 h à 150 rpm dans 100 ml de tampon phosphate salin afin de décrocher les bactéries se développant sur les tissus, appelées bactéries épiphytes. Par la suite, des dilutions décimales allant de 10^{-2} à 10^{-8} ont été effectuées et ceci pour déterminer le facteur de dilution aboutissant à un nombre de colonies bien dénombrables. Un ml de chaque dilution a été prélevé, ensemencé en triplicata sur des milieux de culture gélosés et incubés à des températures précises en fonction du microorganisme recherché (Figure 23) (AFNOR, 1999).

L'identification des différentes espèces isolées a été effectuée suivant les critères biochimiques usuels (Holt *et al.*, 2000). La manipulation a été effectuée en condition de stérilité. La composition des différents milieux de culture utilisée est présentée en annexe 2.

II-2-3-1- Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophile (BHAM)

Pour isoler la flore aérobie mésophile, 100 µl d'échantillon ont été ensemencés sur la gélose nutritive PCA (Plate Count Agar). Les boîtes ont été incubées dans une étuve à 30 °C pendant 72 heures et les colonies obtenues dénombrées. (NF V08-051).

II-2-3-2- Dénombrement des coliformes totaux

Pour le dénombrement des coliformes totaux, 100 µl de chaque dilution ont été ensemencés sur la gélose sélective Endo et les boîtes ont été incubées à 37 °C. Après 24 heures d'incubation, les colonies rouge-pourpres de 0,5 mm de diamètre et ayant une zone de précipitation ont été dénombrées. Pour confirmation, les colonies sélectionnées ont été

transférées dans le bouillon vert brillant lactose bile à 2%. Ces cultures ont été incubées à 37 °C pendant 24 à 48 h pour une éventuelle production de gaz (FDA, 2001).

II-2-3-3- Dénombrement d'*Escherichia coli*

L'ensemencement en masse a été effectué sur le milieu Endo. L'incubation a été effectuée à 44 °C pendant 24h. La lecture s'est effectuée en dénombrant les colonies rouge brique à reflet métallique doré, présentant 0,5 mm de diamètre, et ayant une zone de précipitation. Pour confirmation, les colonies sélectionnées ont été transférées dans le bouillon tryptose de Lauryl. Ces cultures ont été incubées à 37 °C pendant 24 à 48 h pour une éventuelle production de gaz (FDA, 2001).

II-2-3-4- Recherche des Salmonelles

La recherche des Salmonelles a été faite en quatre étapes selon les recommandations de la NF ISO 19250 (NF, 2010). Il s'agit d'un pré-enrichissement où 25 ml de l'échantillon ont été ajoutés à 225 ml d'eau peptonnée (EP) et le mélange incubé à 37 °C pendant 24 heures pour régénérer les bactéries présentes; de l'enrichissement sélectif en utilisant le bouillon sélectif de Sélénite afin de permettre le développement de *Salmonella* sp. au détriment des autres bactéries concurrentes (2 ml d'EP pré-enrichie a été introduite dans 20 ml de bouillon Sélénite et incubée à 37 °C pendant 24 heures) ; de l'isolement par ensemencement (la précédente préculture a été ensemencée sur le milieu spécifique de gélose Salmonella-Shigelles (SS) qui a ensuite été incubée à 37 °C pendant 24 heures). Enfin l'étape confirmation par des tests biochimiques à partir des *Salmonella* sp. présomptives (colonies à centre noir matérialisant la formation d'un précipité de sulfure de Fer) isolées sur gélose SS. Les tests biochimiques en tube sur milieu Kligler Hajna, le test de catalase, la coloration de Gram ont été effectués. Ces colonies ont également été observées à l'état frais dans le but de confirmer la mobilité type péritriche de *Salmonella* sp.

II-2-3-5- Recherche de *Brucella* sp.

La recherche de *Brucella* sp. a reposé sur la mise en culture, l'isolement et le typage des souches isolées. L'isolement et la mise en culture des *Brucella* sp. ont été réalisés sur gélose Brucella agar rendu sélectif par addition de cycloheximide, bacitracine, polymyxine B, acide nalidixique, nystatine, vancomycine (Brucella supplement) en atmosphère contenant 5 à 10 % de CO₂ à 37 °C pendant 2 jours d'incubation. Toutes les colonies de *Brucella* sp. suspectes visibles ont été repiquées, typées et identifiées à l'aide de procédures microbiologiques standard (OIE, 2016). Les différentes caractéristiques culturales ont été les suivantes : colonies translucides, rondes à bords réguliers de 2-3 mm de diamètre et colonies lisse de 1-2 mm de diamètre.

La détermination du genre *Brucella* sp. a été effectuée sur la base de la morphologie des colonies, morphologie des bactéries (coloration de Gram), test d'agglutination sur lame avec des anti-sérum polyclonaux anti-*Brucella* (anti-sérum contre les *Brucella* lisses anti-M ou anti-A, anti-sérum anti-*Brucella* rugueuse), tests oxydase et uréase (OIE, 2016).

II-2-3-6- Dénombrement des lactobacilles

Les lactobacilles ont été dénombrés après ensemencement de 100 µl de chaque échantillon dilué sur la gélose MRS (Man, Rogosa et Sharpe) additionnée du cycloheximide (0,1 mg/l). Après 48 heures d'incubation à 37 °C les colonies blanches de taille uniforme ont été dénombrées (Anas et Mebrouk, 2019).

II-2-3-7- Dénombrement des Levures et Moisissures

La recherche des levures et moisissures a été faite sur gélose PDA (Potatoes Dextrose Agar) additionnée au chloramphénicol et incubées 3 à 5 jours à 25 °C. Chaque colonie de levures et moisissures ont été observée à l'aide d'un microscope optique afin d'éviter la confusion avec des bactéries résistantes. La présence de levures est indiquée par la formation des colonies rondes molles semblables aux colonies bactériennes, mais plus volumineuses, opaques et parfois pigmentées. Les moisissures forment des colonies duveteuses, épaisses, pigmentées ou non, parfois envahissantes (AFNOR, 2002).

Chaque échantillon prélevé a été analysé en 3 répétitions afin de limiter les erreurs de manipulation et les résultats ont été exprimés en unités formant colonies par ml et en unités formant colonies par gramme (UFC/ml et UFC/g). Toujours dans le but de contrôler les dérives, un échantillon témoin (échantillon dont la valeur réelle est connue) a été inséré dans chaque série d'analyse. Les souches de référence nous ont été fournies par le Laboratoire de Microbiologie et Environnement du Centre Pasteur du Cameroun (CPC) pour *E.coli* et *Salmonella* sp. et par le Laboratoire National Vétérinaire (LANAVET) pour *Brucella* sp.

II-2-4- Evaluation de la susceptibilité aux antimicrobiens des souches bactériennes isolées de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches et du lait cru produit

II-2-4-1- Tests d'antibiogramme

Les tests d'antibiogramme ont été réalisés selon la méthode de diffusion des disques sur gélose selon les directives du Comité d'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie et de l'European Commity of Antimicrobial Susceptibility Testing (CA-SFM/EUCAST, 2020). Cette méthode a l'avantage d'offrir une variété dans le choix des antibiotiques et ne requiert

aucun matériel particulier. Les profils de résistance aux antibiotiques ont été établis pour 148 souches de *Escherichia coli*, 63 souches de *Salmonella* sp et 105 souches de *Brucella* sp. Les souches de *Escherichia coli* étaient réparties comme suit : 52 souches isolées du lait, 45 souches isolées des eaux d'abreuvement et 51 isolées du fourrage vert. Les souches de *Salmonella* sp. étaient réparties comme suit : 23 souches isolées du lait, 5 souches isolées des eaux d'abreuvement et 35 isolées du fourrage vert. Les souches de *Brucella* sp. étaient réparties comme suit : 48 souches isolées du lait, et 57 souches isolées des eaux d'abreuvement.

II-2-4-2- Choix des antibiotiques

Les souches d'entérobactéries à savoir *Escherichia coli* et *Salmonella* sp. ont été testées pour leur sensibilité aux antibiotiques couramment utilisés dans la pratique vétérinaire et humaine, à savoir : Gentamicine (GM:10 µg); Chloramphénicol (C : 30 µg); Ceftriaxone (CRO : 30 µg); Tétracycline (TE : 30 µg); Ampicilline (AM : 10 µg); Ofloxacin (OFX : 5 µg); Amoxicilline/acide clavulanique (AMC 20/10 µg); Ceftazidime (CAZ : 30 µg); Cefotaxime (CTX : 30 µg). Le choix des antibiotiques testés a été fait sur la base des recommandations du CA-SFM/EUCAST (2020).

Des tests de sensibilité aux antimicrobiens sur les souches de *Brucella* sp. ont été réalisés avec 11 agents antimicrobiens régulièrement utilisés dans le traitement de la brucellose chez l'homme. Il s'agit de : Gentamicine (GM: 10 µg); Streptomycine (S : 10 µg); Doxycycline (DO : 30 µg); Tétracycline (TE: 30 µg); Chloramphénicol (C:30 µg); Rifampicine (RA5 :5 µg); Triméthoprime/Sulfaméthoxazole (SXT : 1,25/23,75 µg); Ciprofloxacine (CIP : 5 µg); Azithromycine (AZM :15 µg) et Levofloxacine (LVX : 5 µg). L'interprétation des valeurs pour GM, S, DO, TE et SXT a été effectuée conformément aux directives du CA-SFM/EUCAST (2020), pour les agents bactériens potentiels du bioterrorisme. Comme les diamètres critiques des CIP, LVX et RA5 n'ont pas encore été établis, les valeurs ont été interprétées selon les directives du CA-SFM/EUCAST (2020) pour la bactérie fastidieuse *Haemophilus influenza*.

II-2-4-3- Préparation du milieu utilisé

Le milieu utilisé a été la gélose Mueller Hinton Agar coulée dans les boîtes de Pétri. L'épaisseur de la gélose a été de 4 mm approximativement. La surface de la gélose a été séchée avant emploi (CA-SFM/EUCAST, 2020).

II-2-4-4- Préparation de l'inoculum et inoculation

Les isolats stockés (préalablement conservés dans du glycérol à 20 %) ont été portés à 37 °C (par incubation) pour activer les microorganismes. Les bactéries activées ont été purifiées sur

milieux de culture sélectif, après quoi des tests de sensibilité aux antimicrobiens ont été réalisés sur gélose Mueller Hinton (MH). Les plaques de gélose MH, qui contenaient une épaisseur de 4 mm de gélose, ont été réchauffées à température ambiante dans l'incubateur avec les couvercles ouverts pendant 10 à 15 minutes pour que l'excès d'humidité soit absorbé par le milieu. Les colonies purifiées ont été mises en suspension de manière homogène dans des tubes à bouchon à vis remplis de 2 ml de solution saline normale tamponnée stérile et la turbidité a été ajustée à un équivalent d'un standard Mc Farland de 0,5 correspondant à une densité bactérienne d'environ 10^8 UFC/ml. Des écouvillons stériles à bouts de coton ont été plongés dans les suspensions homogénéisées et l'excès de fluide a été éliminé en appuyant et en faisant tourner l'écouvillon contre le côté du tube au-dessus du niveau de la suspension. Les écouvillons ont ensuite été répartis uniformément sur toute la surface de la gélose MH pour produire une pelouse confluyente de croissance bactérienne.

II-2-4-5- Dépôt des disques et incubation

Les plaques de gélose MH inoculées ont été laissées à sécher pendant 5 minutes avant de placer les disques d'antibiotiques sur la surface à l'aide de pinces stériles (4 disques sur boîte de pétri de 9 cm de diamètre pour éviter le chevauchement des zones d'inhibition et une erreur possible de mesure). Après une prédiffusion de 15 minutes à température ambiante, les plaques ont été inversées et incubées en aérobiose à 37 °C pendant 16 à 24 heures. Après la période d'incubation, les plaques ont été examinées pour détecter des zones d'inhibition claires autour des disques.

II-2-4-6- Mesure des zones d'inhibition et catégorisation clinique

Les diamètres des zones d'inhibition circulaires ont été mesurés au millimètre le plus proche à l'aide d'un pied à coulisse. Seuls étaient retenus les diamètres des zones d'inhibition compris dans les limites de contrôle de qualité. L'interprétation de ces diamètres s'est faite par référence aux diamètres critiques fournis par le CA-SFM/EUCAST (2020). Les souches ont été catégorisées cliniquement en souche résistante (R), sensible (S) ou intermédiaire (I). Les proportions (%) de chaque catégorie clinique ont ensuite été déterminées par rapport au nombre total de souches testées.

II-2-4-7- Contrôle de qualité interne

Pour valider les tests d'antibiogramme, un contrôle de qualité interne a été organisé à l'aide de la souche de référence *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Haemophilus* sp. pour les tests d'antibiogramme des deux entérobactéries et des brucelles respectivement. Ces souches de référence nous ont été fournies par le Laboratoire de Microbiologie et Environnement du Centre

Pasteur du Cameroun (CPC). Les diamètres d'inhibition des antibiotiques obtenus avec les souches de référence ont été compris dans les limites acceptables fixées par le CA-SFM/EUCAST (2020) comme indiqué dans le tableau VII et tableau VIII.

Tableau VII: Diamètres d'inhibition (mm) obtenus avec la souche de référence *Escherichia coli* ATCC 25922

Antibiotiques	Charge du disque (µg)	Diamètre d'inhibition (mm)	
		Valeurs obtenues	Limites acceptables
Amoxicilline-acide clavulanique (AMC)	20/10	21	18-24
Ampicilline (AM)	10	18-19	15-21
Cefotaxime (CTX)	30	28	25-31
Ceftazidime (CAZ)	30	26	23-29
Ceftriazone (CRO)	30	32	29-35
Chloramphénicol (C)	30	24	21-27
Gentamicine (GN)	10	22-23	19-26
Ofloxacin (OFX)	5	31	29-33

Tableau VIII : Diamètres d'inhibition (mm) obtenus avec la souche de référence *Haemophilus* sp.

Antibiotiques	Charge du disque (µg)	Diamètre d'inhibition (mm)	
		Valeurs obtenues	Limites acceptables
Tétracycline (TE)	30	31	28-34
Chloramphénicol (C)	30	30	26-34
Rifampicine (RA5)	5	24	21-27
Triméthoprime/Sulfaméthozazole (SXT)	1,25/23,75	31	27-35
Ciprofloxacine (CIP)	5	36	32-40
Levofloxacine (LVX)	5	35	31-39

II-2-5- Analyses statistiques des données

II-2-5-1- Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Le principe de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) est de regrouper des individus selon leurs ressemblances et les représenter sous la forme d'un arbre de classification

(Ward, 1963). Le nombre de groupes n'est pas connu à priori. La CAH a été utilisée pour regrouper les exploitations laitières étudiées en fonction de leurs similarités abiotiques d'une part, et de leurs similarités biotiques d'autres sur la base des valeurs moyennes. La classification a été ascendante car elle part des observations individuelles. Elle a été hiérarchique car elle produit des groupes. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel statistique XLSTAT 2018.

II-2-5-2- Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode de statistique factorielle descriptive qui a pour objectif de présenter sous forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données de taille importante. La matrice de données est composée des échantillons « n » en ligne sur lesquels ont été mesurés des variables quantitatives « p » disposées en colonnes. L'ACP a été utilisée pour établir la typologie des exploitations laitières sur la base de l'ensemble des observations faites. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT 2018. La fiabilité des Analyses en Composantes Principales (ACP) a été établie par le test de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) et le test de sphéricité de Bartlett. Pour une analyse factorielle satisfaisante, il faut que $KMO > 0,50$. On considère qu'un coefficient de variation inférieur à 15% indique que la population est homogène, tandis qu'un coefficient supérieur à 15% indique que les valeurs sont relativement dispersées (Peter, 2020 ; Faria *et al.*, 2010).

II-2-5-3- Test de coefficient de corrélation de Pearson

Le coefficient de corrélation « r » de Pearson a été calculé pour mesurer les degrés de liaison entre les variables abiotiques d'une part, et entre les variables biotiques d'autre part. C'est un indice statistique qui exprime l'intensité et le sens (positif ou négatif) de la relation linéaire entre deux variables quantitatives. C'est une mesure de la liaison linéaire, c'est à dire de la capacité de prédire une variable x par une autre y à l'aide d'un modèle linéaire. Ce coefficient varie entre -1 et +1 ; l'intensité de la relation linéaire sera donc d'autant plus forte que la valeur du coefficient est proche de +1 ou de - 1, et d'autant plus faible qu'elle est proche de 0. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT 2018 (Rakotomalala, 2017).

II-2-5-4- Test T de Student

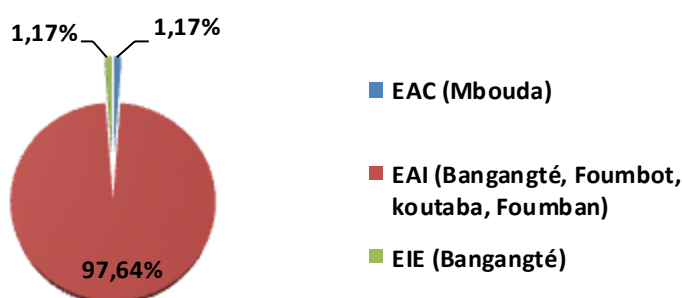
Le test T de Student pour deux proportions a été réalisé pour comparer la susceptibilité aux antibiotiques des souches bactériennes isolées du lait produit, de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert consommés pris 2 par 2. L'utilisation du test T de Student nécessite de décider préalablement si les variances des échantillons doivent être considérées comme étant égales ou non. Ce test a été effectué à l'aide du logiciel statistique XLSTAT 2018.

CHAPITRE III- RESULTATS ET DISCUSSION

III-1- RESULTATS

III-1-1- Caractéristiques structurelles et fonctionnelles des exploitations enquêtées

Quatre-vingt-cinq exploitations ont été prospectées. Les exploitations agricoles individuelles (EAI) ont dominée (97,64 %) dans les arrondissements de Bangangté, Foumbot, koutaba et Foumban. Une exploitation institutionnelle de l'état (EIE) (1,17 %) se trouvant à Bangangté et une exploitation agricole collective (EAC) (1,17 %), issue de la subdivision des domaines autogérés : Coopérative des Eleveurs de Bétail de Babété avec Conseil d'Administration (COOPEB-CA) à Mbouda ont été concernées par l'étude (Figure 21).



EAC : Exploitation agricole collective ; EAI : Exploitations agricoles individuelles ;
EIE : Exploitation institutionnelle de l'état

Figure 21: Classification des exploitations selon leur nature juridique

III-1-1-1- Identification des exploitants

Concernant le niveau d'étude des exploitants, 38,82 % des exploitations étaient gérées par des éleveurs n'ayant reçu aucune formation. Ces derniers pratiquant l'élevage par expérience, mimétisme et sollicitant généralement l'aide des compétents. 57,64 % des exploitations étaient dirigées par des techniciens agricoles et certains ont suivi des formations en production laitières grâce à certains projets (HEIFER, PRODEL). La gestion dans l'exploitation institutionnelle de l'état (EIE) était attribuée à un médecin vétérinaire. L'EAC était dirigée par un ingénieur agricole. Seule l'exploitation agricole individuelle (EAI) était suivie par un infirmier vétérinaire (Figure 22). Quant à l'âge, 62 % des dirigeants étaient âgés de 30 à 50 ans et 38 % de plus de 50 ans.

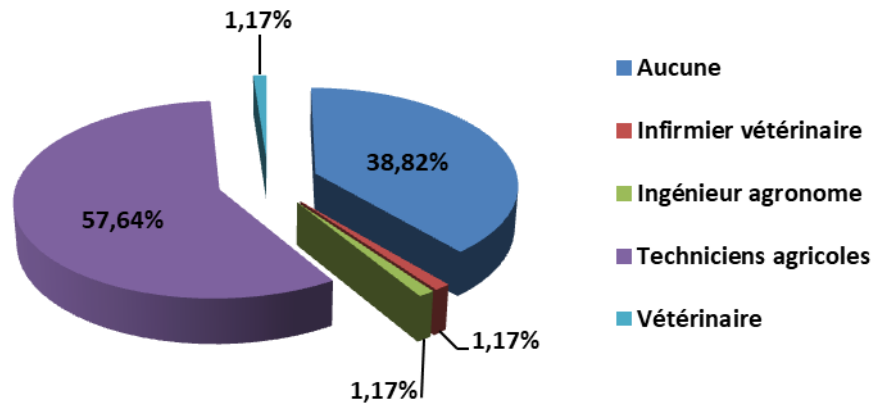


Figure 22: Niveau d'instruction des dirigeants des exploitations enquêtées

III-1-1-2- Système d'élevage et habitat

Environ 32,94 % des éleveurs pratiquaient le système extensif, c'est le cas dans les localités de Fouban et Bangangté. Dans cette gestion traditionnelle, les bovins de races locales passent sur un système de libre parcours en divagant dans la nature à la recherche d'herbe, avec des hangars construits en bois. 65,88 % des éleveurs pratiquaient le système semi-intensif (localité de Foubot et Koutaba). Dans cette gestion périurbaine, il existe des hangars pour dormir construits en bois et le toit est en zinc ou en aluminium. Seul l'EAC de Mbouda pratiquait le système intensif où les vaches sont maintenues en stabulation libre et les habitats, en étable comprennent une aire de couchage, une aire d'alimentation, une aire d'exercice et une aire de traite (Figure 23). Les deux derniers systèmes utilisent les races importées Holsteins.

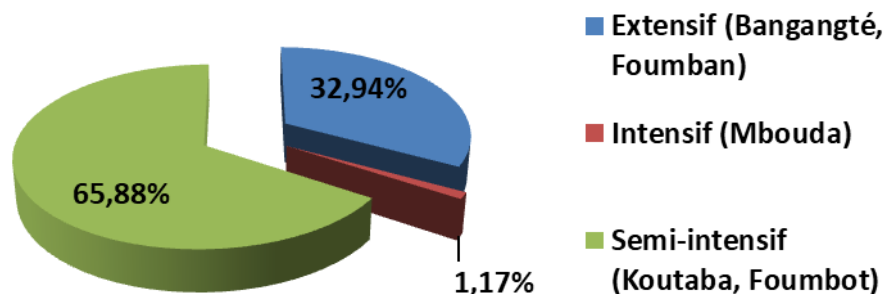


Figure 23: Répartition des exploitations selon leur système d'élevage

III-1-1-3- Elevage bovin et production laitière

Deux systèmes de production bovine ont été remarqués. Le premier a été un système mixte orienté vers la production laitière et la production de viande simultanément avec un taux d'environ 32,94 % de l'ensemble des fermes. Le second était un système laitier représentant environ 67,05 %.

Soixante-sept virgule zéro cinq pour cent (67,05 %) des exploitations représentaient la part de vaches laitières de race pure importées Holsteins Friesian de Heifer Project International (HPI) (probablement venu des USA) et 32,94 % représentaient la part de vaches de race locale à la fois laitières et productrice de viande (White fulani, Red fulani, Goudali) de divers origine (Adamaoua, Bambui, Noun et Ngaoundéré). La taille des vaches était comprise entre 1 et 100 têtes. 32,94 % des exploitations détenaient un effectif de bovin de plus de 10 têtes. Ceux-ci correspondaient à un système d'élevage extensif, orienté à la fois vers la production laitière et la production de viande. Les troupeaux de moins de 10 têtes ont représenté 67,05 % des exploitations et correspondaient à un système d'élevage intensif et semi-intensif, orienté exclusivement vers la production laitière. Les caractéristiques générales des exploitations sont résumées dans le tableau IX.

Tableau IX: Caractéristiques qualitatives et valeurs moyennes (\pm écart type) des variables des différentes exploitations enquêtées.

	Département				
	Noun			Bamboutos	Ndé
Arrondissement	Foumban	Koutaba	Foumbot	Mbouda	Bangangté
Nombre d'exploitation	23	44	12	1	5
Système d'élevage	système extensif	système semi-intensif	système semi-intensif	système intensif	système extensif
Race	White fulani, Red fulani et Goudali	Holstein	Holstein	Holstein	White fulani, Red fulani et Goudali
Nombres moyenne de vaches	40 \pm 8,3	2 \pm 0,2	3 \pm 0,6	10	53 \pm 29,0
Orientation (lait ou lait-viande)	Lait-viande	Lait	Lait	Lait	Lait-viande
Qt/Jr/Vache (l)	1,7 \pm 0,3	8,6 \pm 0,9	8,4 \pm 1,8	17	1,5 \pm 0,5

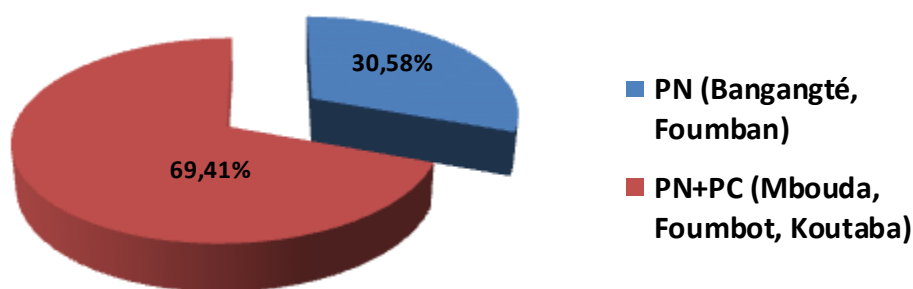
Qt/Jr/Vache (l) : quantité moyenne de lait produite par jour et par vache en litres

Une grande partie du lait produit dans cette région provenait des races importées Holsteins. La quantité de lait journalière par vache a varié de 1 à 17 l/jour/vache. La moyenne de la production laitière a été de l'ordre de $6,39 \pm 3,59$ l/j/vache. D'après les résultats de l'enquête, on a constaté que 64,70 % des exploitations (n=55) avaient une production supérieure à cette moyenne. Une grande partie du lait était produite pendant la saison des pluies lorsque le fourrage était abondant.

III-1-1-4- Alimentation du bétail

III-1-1-4-1- Rations de bases distribuées

Dans 30,58 % des exploitations (n=26), les animaux se nourrissaient exclusivement des pâturages naturels (PN) (Bangangté et Fouban) après avoir parcouru de longues distances. Il s'agit principalement de *Pennisetum purpureum* (Sussongo ou *Elephant grass*), suivi de *Calliandra portoricencis*, *Leucaena leucocephala*, *Echinochloa pyramidalis*, *Sporobolus africanus*, *Desmodium intortum* et *Melinis minutiflora*. Dans 69,41 % des exploitations, les animaux se nourrissaient à la fois des pâturages naturels (PN) et des pâturages cultivés (PC) (Mbouda, Foubot et Koutaba) (Figure 24). Ces bovins étaient pour la plupart élevés dans des enclos avec un mode d'alimentation libre et un système d'élevage sédentaire. Concernant les cultures fourragères, il s'agit des graminées *Panicum maximum*, *Bracharia brizantha*, *Tripsacum laxum* (*Guatemala grass*), des légumineuses et des arbres à usages multiples (*Cajanus cajan*, *Calliandra portoricencis*, *Zea mays*, *Stylosanthes mucronata*, *Moringa oleifera* et *Acacia* sp.).



PN : Pâturage naturel ; PC : Pâturage cultivé

Figure 24: Répartition des exploitations selon la ration de base distribuée aux vaches

Ces bovins étaient également nourris avec des sous-produits, des déchets alimentaires et des fruits et des résidus de récolte tels que des feuilles de canne à sucre, de pomme de terre, de

patates, des goyaves, des bananes mûres, des citrouilles et des résidus de maïs cuits, les tiges de maïs, les fanes d'arachide et de haricot.

III-1-1-4-2- Complémentation

Soixante-dix virgule cinquante-huit pour cent (70,58 %) des éleveurs (n=60) complétaient leur ration avec des concentrés vendus dans le commerce (Figure 25). Ces compléments étaient pour la plupart composés de maïs, son de blé, son de riz, tourteau de soja, tourteau de palmiste, tourteau de coton, concentré porc, cendre d'os, sel de table et sel gemme. Cet aliment complémentaire était procuré aux vaches en moyenne 1 fois par jour et généralement pendant la traite, pour une quantité moyenne comprise entre 3 kg à 6 kg.

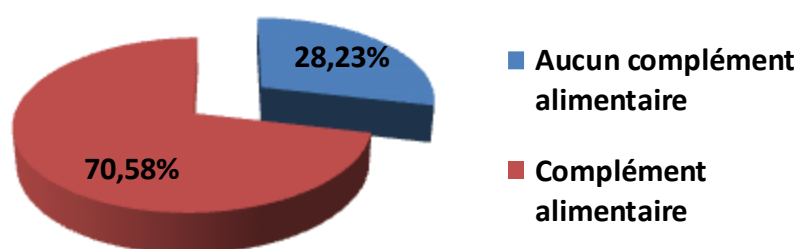


Figure 25: Répartition des exploitations selon leur complémentation

III-1-1-5- Ressources hydriques

Les unités de production de la Région de l'Ouest sont dotées de différentes ressources en eau. La majorité de ces exploitations abreuvaient les vaches avec des eaux provenant des puits aménagés (65,88 %). Les exploitations situées à proximité des rivières (31,76 %) exploitaient ces eaux. Certaines en plus des rivières, exploitaient les eaux de pluies (1,17 %) dans leurs exploitations et une ferme disposait d'un lac artificiel (1,17 %) (Figure 26).

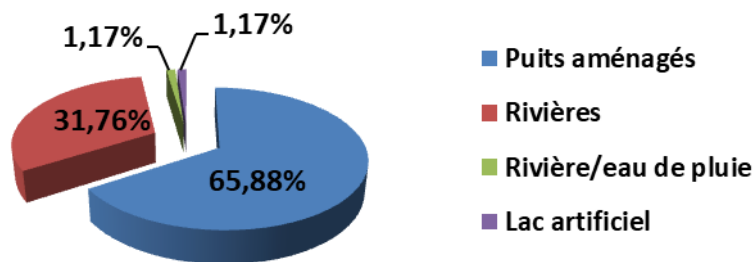


Figure 26: Fréquence des différentes ressources d'abreuvement dans les exploitations enquêtées

III-1-1-6- Conduite d'élevage et de reproduction

La monte naturelle assistée à partir des taureaux sélectionnés visuellement, achetés, échangés ou prêtés à d'autres agriculteurs était pratiquée par 57 exploitations constituées essentiellement des vaches de race importée Holstein-Friesian (Mbouda, Foubot et Koutaba). Cependant, les agriculteurs ne disposaient pas toujours des taureaux de race. La monte naturelle en troupeau n'était rencontrée que chez 32,94 % des élevages enquêtés, soit dans 28 exploitations constituées des vaches de race locale White fulani, Red fulani et Goudali (Bangangté et Fouban) (Figure 27). L'intervalle de vêlage était compris entre 12 et 18 mois. Les races exotiques atteignaient la maturité sexuelle active à 24 mois, tandis que les races locales étaient sexuellement actives à partir de 36 mois.

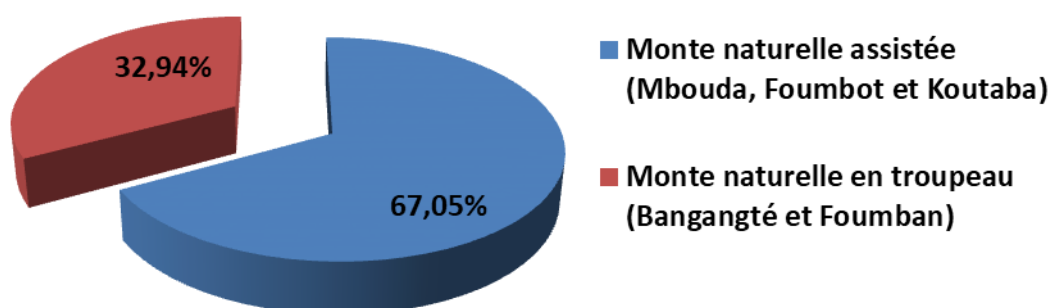


Figure 27: Répartition des exploitations selon leur type de reproduction

III-1-1-7- Santé des bovins

Les principales maladies des bovins laitiers signalées dans la Région sont, par ordre d'importance, les tiques et les maladies tels : babésiose, anaplasiose, dermatophilose, cowdriose, mammites, diarrhée, fièvre aphteuse, quartier noir, fièvre éphémère et infection de l'oreille. La vaccination des vaches laitières (symptovax, pastovax, perivax, nodulovax) n'a été identifiée que dans 59 exploitations. L'automédication sans consultation préalable d'un vétérinaire se faisait par administration des trypanocides (Diminazene, Isometamidium), vermifuges (Albendazole), antiparasitaires externes (Cypermethrine...) et certains antibiotiques dans la plupart des exploitations enquêtées (n=72). Chez certains les médicaments et les services vétérinaires n'étaient pas toujours accessibles et disponibles.

III-1-1-8- Pratique d'hygiène

L'évacuation des bouses et le renouvellement de la litière s'effectuaient le plus souvent 1fois/jour (n=57) ou après accumulation (n=28) (Tableau X). Seule la COOPEB-CA de Mbouda procédait à la désinfection du bâtiment respectivement 1fois/mois. La propreté des étables et enclos a été jugée faible et moyenne respectivement dans 28 et 57 fermes. L'évaluation de la propreté des vaches a défini un état souillé (n=56) et un état très souillé (n=29).

Tableau X: Répartition des exploitations selon la fréquence du renouvellement de la litière.

Fréquence de renouvellement de la litière.	Nombre d'exploitation (%)
1fois/jour	28 (32,94)
après accumulation	57 (67,05)

(%) : *pourcentage*

La traite s'effectuait manuellement dans la majorité des exploitations (98,82 %). Seule l'exploitation agricole collective de Mbouda (la COOPEB-CA) possédait une machine à traire. Plus d'une personne s'occupait de la traite dans toutes les exploitations et aucun habit spécial n'était arboré par le trayeur. Dans 22 exploitations soit un ordre de 25,88 %, les trayeurs utilisaient de l'eau et du savon pour le lavage des mains. Le reste des 63 exploitations soit 74,11 % n'utilisaient que de l'eau. Dans la totalité des fermes, le matériel de traite et de recueil du lait était nettoyé et de qualité jugée moyenne. Le lavage des pis de la vache était général mais se faisait de manière différente d'une exploitation à une autre : eau froide (n=60) et eau tiède (n=25). Toutes les exploitations utilisaient des lavettes collectives pour le lavage des mamelles et les premiers jets étaient éliminés au sol. A la ferme, le lait recueilli était conservé dans des seaux en plastique (97,64 %) ou en aluminium (2,35 %). Cependant, on a remarqué l'absence totale des cuves réfrigérées chez toutes les unités de productions excepté dans la ferme agricole collective de Mbouda.

Ainsi, pour la caractérisation du niveau d'hygiène dans les exploitations, on a utilisé les paramètres mentionnés dans le tableau XI. En se référant à la méthode du degré d'hygiène proposé par Araba et Essalhi, 2002, il a été constaté que 67,06 % des exploitations avaient un degré d'hygiène mauvais et seulement 32,94 % ont été jugés moyens (Tableau XII).

Tableau XI: Méthode de détermination du degré d'hygiène au niveau des étables (Araba et Essalhi, 2002).

Degré d'hygiène	Fréquence de renouvellement de la litière	Etat de la litière	Mode de traite	Nettoyage de la mamelle avant la traite	Nettoyage du matériel de traite
Bon	2fois/jour	Sèche	Mécanique	Eau javellisée + essuie	Eau javellisée
Moyen	1fois/jour	Parfois humide	Mecanique ou parfois manuelle	Eau + lessive + essuie	Eau + détergent
Mauvais	Après accumulation ou litière absente	Toujours humide	Manuelle	Eau + essuie ou absent	Eau

Tableau XII: Répartition des exploitations selon le degré d'hygiène

Degré d'hygiène	Nombre d'exploitation (%)
Moyen	28 (32,94)
Mauvais	57 (67,06)
Total	85 (100)

(%) : pourcentage

III-1-1-9- Devenir du lait

Le lait était soit pris par les veaux, soit autoconsommé à la maison, transformé ou commercialisé. Environ 27 % du lait produit dans la région était autoconsommé à domicile par les familles d'éleveurs. La majorité des exploitations (73 %) vendaient leur lait : le lait produit était soit acheté à la ferme par des particuliers consommateurs, soit par des agriculteurs (colporteur) ou commercialisé par les fermiers eux-mêmes qui le portaient au marché. Cette autoconsommation et cette commercialisation s'accompagnaient très souvent de la transformation dans 60 exploitations. Le lait était en parti transformé en yaourt, fromage, beurre et d'autres laits fermentés. Les produits transformés étaient vendus sur le marché.

III-1-1-10- Relation entre les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des exploitations enquêtées et la production laitière journalière des vaches

Le tableau XIII montre que les caractéristiques structurelles et fonctionnelles de l'exploitation influence la production laitière des vaches. On relève ainsi que le système d'élevage a influencé significativement ($p < 0,001$) la production laitière (PL) journalière des vaches. On a enregistré 17, 8,57 et 1,66 litres de lait respectivement dans le système intensif,

semi-intensif et extensif. L'analyse de la variance a révélé un effet significatif ($p < 0,01$) de la nature juridique de l'exploitation. On a enregistré une production laitière journalière moyenne de 17 ; 6,33 et 1 litre dans les EAC, EAI et EIE respectivement.

Une association entre la formation reçue du gérant et la PL a été révélée. La production moyenne journalière enregistrée dans les exploitations des enquêtés ayant reçu une formation a été significativement plus élevée (8,57 litres) que chez ceux n'ayant reçu aucune formation (2,95 litres), soit une différence de production de 5,62 litres. Des corrélations significatives ($p < 0,001$) ont aussi été observées entre la PL journalière et la propreté des vaches, propreté des étables et enclos, degré d'hygiène, type de litière, type de traite, race, ressource en eau et type de reproduction (Tableau XIII).

Tableau XIII: Influence des caractéristiques structurelles et fonctionnelles des exploitations enquêtées sur la production laitière journalière des vaches

Caractéristiques, nombre et pourcentage relatif des exploitations			Production laitière journalière des vaches (litre/jour/vache)					
Caractéristiques structurelles et fonctionnelles	Nombre (N)	Pourcentage relatif	Moyenne par vache	Écart type	Erreur standard	Somme	Volume minimum	Volume maximum
Formation reçue du gérant (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0.001$)								
Aucune	33	38,82	2,95	2,55	0,44	97,50	1,00	9,00
Oui	52	61,18	8,57	2,17	0,30	446,00	1,00	17,00
Système d'élevage (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0.001$)								
Extensif	28	32,94	1,66	0,40	0,07	46,50	1,00	2,00
Intensif	1	1,17	17,00	/	/	17,00	17,00	17,00
Semi-intensif	56	65,88	8,57	1,18	0,15	480,00	5,00	14,00
Nature des exploitations (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0.01$)								
EAC	1	1,17	17,00	/	/	17,00	17,00	17,00
EAI	83	97,64	6,33	3,39	0,37	525,50	1,00	14,00
EIE	1	1,17	1,00	/	/	1,00	1,00	1,00
Propreté des vaches (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0.001$)								
Etat souillé	56	65,88	8,57	1,18	0,15	480,00	5,00	14,00
Etat très souillé	29	34,12	2,18	2,87	0,53	63,50	1,00	17,00

EAC : Exploitation agricole collective ; EAI : Exploitations agricoles individuelles ; EIE : Exploitation institutionnelle de l'état ; PN : Pâturage naturel ; PC : Pâturage cultivé ; N : Nombre d'exploitations

Tableau XIII (suite)

Caractéristiques, nombre et pourcentage relatif des exploitations			Production laitière journalière des vaches (Litres/jour/vache)					
Caractéristiques structurelles et fonctionnelles	Nombre (N)	Pourcentage relatif	Moyenne par vache	Écart type	Erreur standard	Somme	Volume minimum	Volume maximum
Propreté des étables et enclos (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0,001$)								
Faible	28	32,94	2,19	2,92	0,55	61,50	1,00	17,00
Moyenne	57	67,06	8,45	1,46	0,19	482,00	2,00	14,00
Degré d'hygiène (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0,01$)								
Mauvais	57	67,06	8,45	1,46	0,19	482,00	2,00	14,00
Moyen	28	32,94	2,19	2,92	0,55	61,50	1,00	17,00
Pâturage (corrélation avec la production laitière journalière non significative $p > 0,05$)								
PN	26	30,58	1,67	0,39	0,07	43,50	1,00	2,00
PN+PC	59	69,41	8,47	2,07	0,26	500,00	1,00	17,00
Type de litière (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0,001$)								
Paille	29	34,11	2,19	2,87	0,53	63,50	1,00	17,00
Plancher simple	56	65,88	8,57	1,18	0,15	480,00	5,00	14,00
Type de traite (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0,01$)								
Machine à traire	1	1,17	17,00	/	/	17,00	17,00	17,00
Manuellement	84	98,82	6,26	3,42	0,37	526,50	1,00	14,00
Race (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0,001$)								
Race importée Holstein	57	67,06	8,71	1,62	0,21	497,00	5,00	17,00
Race locale	28	32,94	1,66	0,40	0,07	46,50	1,00	2,00
Ressource en eau (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0,001$)								
Lac artificiel	1	1,17	1,00	/	/	1,00	1,00	1,00
Rivière/Pluie	1	1,17	17,00	/	/	17,00	17,00	17,00
Puits	56	65,88	8,57	1,18	0,15	480,00	5,00	14,00
Rivière	27	31,76	1,68	0,39	0,07	45,50	1,00	2,00
Type de reproduction (corrélation avec la production laitière journalière significative à $p < 0,001$)								
Monte naturelle assistée	57	67,05	8,71	1,62	0,21	497,00	5,00	17,00
Monte naturelle en troupeau	28	32,94	1,66	0,40	0,07	46,50	1,00	2,00

EAC : Exploitation agricole collective ; EAI : Exploitations agricoles individuelles ; EIE : Exploitation institutionnelle de l'état ; PN : Pâturage naturel ; PC : Pâturage cultivé ; N : Nombre d'exploitations

III-1-2- Physicochimie de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit

III-1-2-1- Physicochimie de l'eau d'abreuvement

III-1-2-1-1- Variation spatiale des paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement

Les indicateurs physicochimiques de la qualité de l'eau d'abreuvement ont été assujettis à des variations spatiales (Figure 28). Les valeurs obtenues à chaque campagne sont présentées à l'annexe 3.

Le Potentiel Hydrogène (pH) moyen a été de $6,53 \pm 0,14$ UC avec un minimum de 6,21 UC à l'exploitation KT4 et un maximum de 6,81 UC à l'exploitation KT3. La turbidité moyenne a été de $13,37 \pm 4,01$ FTU. Les valeurs les plus basses ont été observées à l'exploitation FT (8,66 FTU) et les plus élevées à l'exploitation KT5 (23,66 FTU). La couleur a été en moyenne de $76,81 \pm 30,59$ Pt.Co avec un minimum de 24,5 Pt.Co à l'exploitation FT et un maximum de 150,33 Pt.Co à l'exploitation KT5. La dureté calcique de l'eau d'abreuvement des vaches a été relativement plus basse à l'exploitation M (14,66 mg/l) et plus élevée à l'exploitation KT2 (66 mg/l) avec une moyenne de $42,66 \pm 14,76$ mg/l. La dureté magnésienne a été en moyenne de $26,33 \pm 7,71$ mg/l. L'exploitation KT1 a montré les duretés magnésiennes les plus faibles (7 mg/l). Les duretés magnésiennes les plus élevées ont été observées à FN1 (34,33 mg/l) (Figure 28).

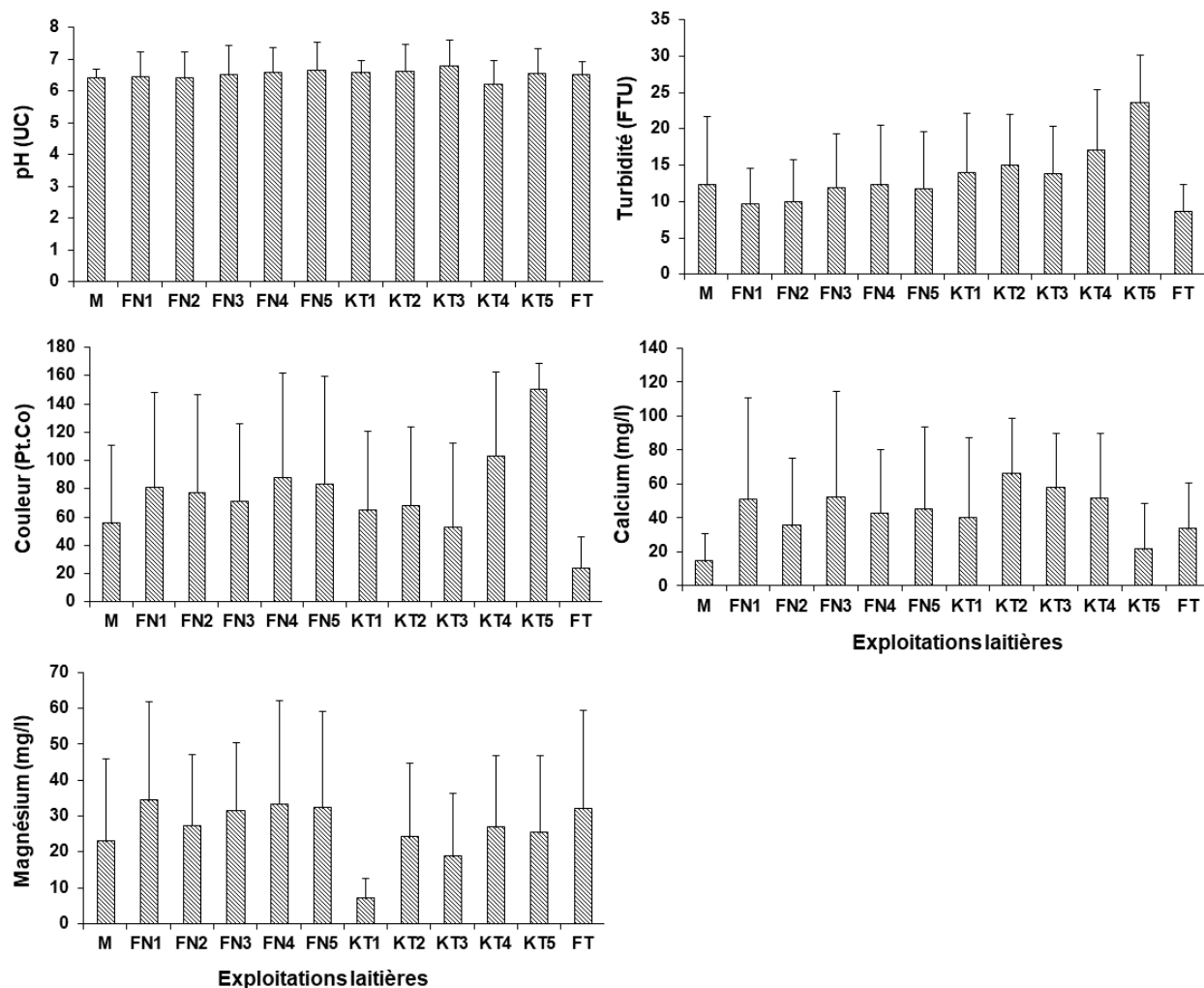


Figure 28: Variation spatiale des valeurs moyennes des paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-2-1-2- Variation temporelle des paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement

Sur le plan temporel, les plus grandes valeurs de pH (6-8 UC) ont été enregistrées en février, avril, juin et août et les plus basses en octobre et décembre (5-6 UC). C'est durant le mois de juin que les eaux ont été les plus troubles (30-40 FTU). La turbidité a été relativement basse en décembre, février, avril et octobre (0-10 FTU). Les plus grandes valeurs concernant la couleur ont été enregistrées en avril, juin et août (150-200 Pt.Co) correspondant à la saison des pluies et les plus petites valeurs en octobre, décembre et février (0-50 Pt.Co). La dureté calcique de l'eau d'abreuvement de la région a montré des valeurs relativement plus élevées en juin et août (80-100 mg/l) correspondant à la saison des pluies et les valeurs les basses en décembre, février, avril et octobre (0-50 mg/l). C'est durant les mois décembre, février et octobre que les eaux ont été les plus riches en Magnésium (40-60 mg/l). La dureté magnésienne a été relativement basse en avril, juin et août (0-20 mg/l) (Figure 29).

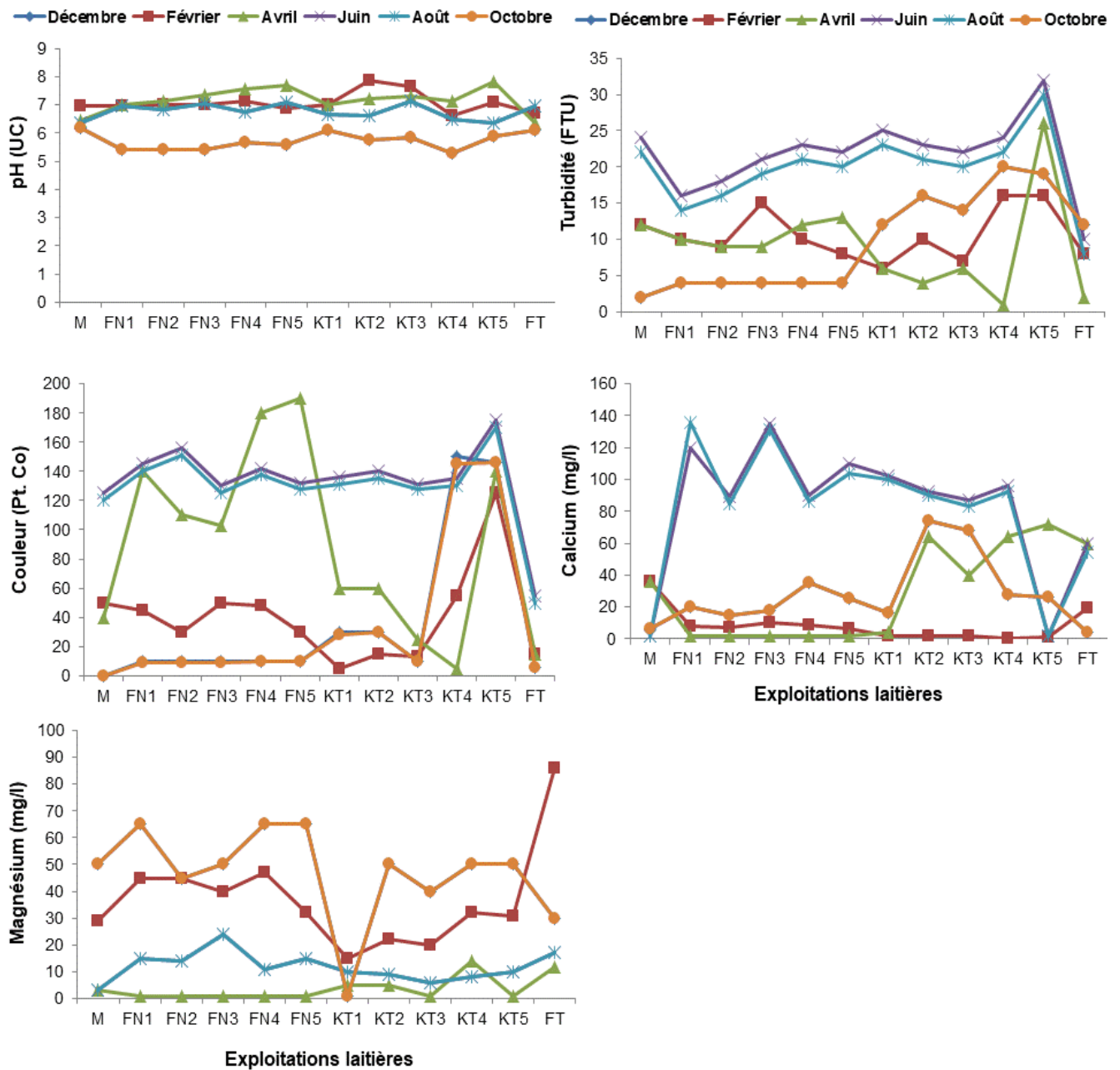


Figure 29: Variation de la fluctuation temporelle des paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-2-2- Physicochimie du fourrage vert consommé par les vaches

La figure 30 et 31 présente respectivement les variations spatiales et temporelles des teneurs en Calcium et Magnésium du fourrage vert analysé. Les valeurs obtenues à chaque campagne sont présentées à l'annexe 4.

La teneur moyenne en Calcium (Ca^{2+}) dans les fourrages verts analysés a été de 1673 ± 501 mg/kg avec un minimum de 383 mg/kg à l'exploitation FN4 et un maximum de 2230 mg/kg à

l'exploitation FN3. Le taux moyen de Magnésium (Mg^{2+}) a montré des fluctuations allant de 1062 mg/kg à 3151 mg/kg avec une moyenne de 1916 ± 597 mg/kg. L'exploitation FN2 a affiché le taux moyen le plus faible. L'exploitation KT1 a affiché le taux moyen le plus élevé (Figure 30).

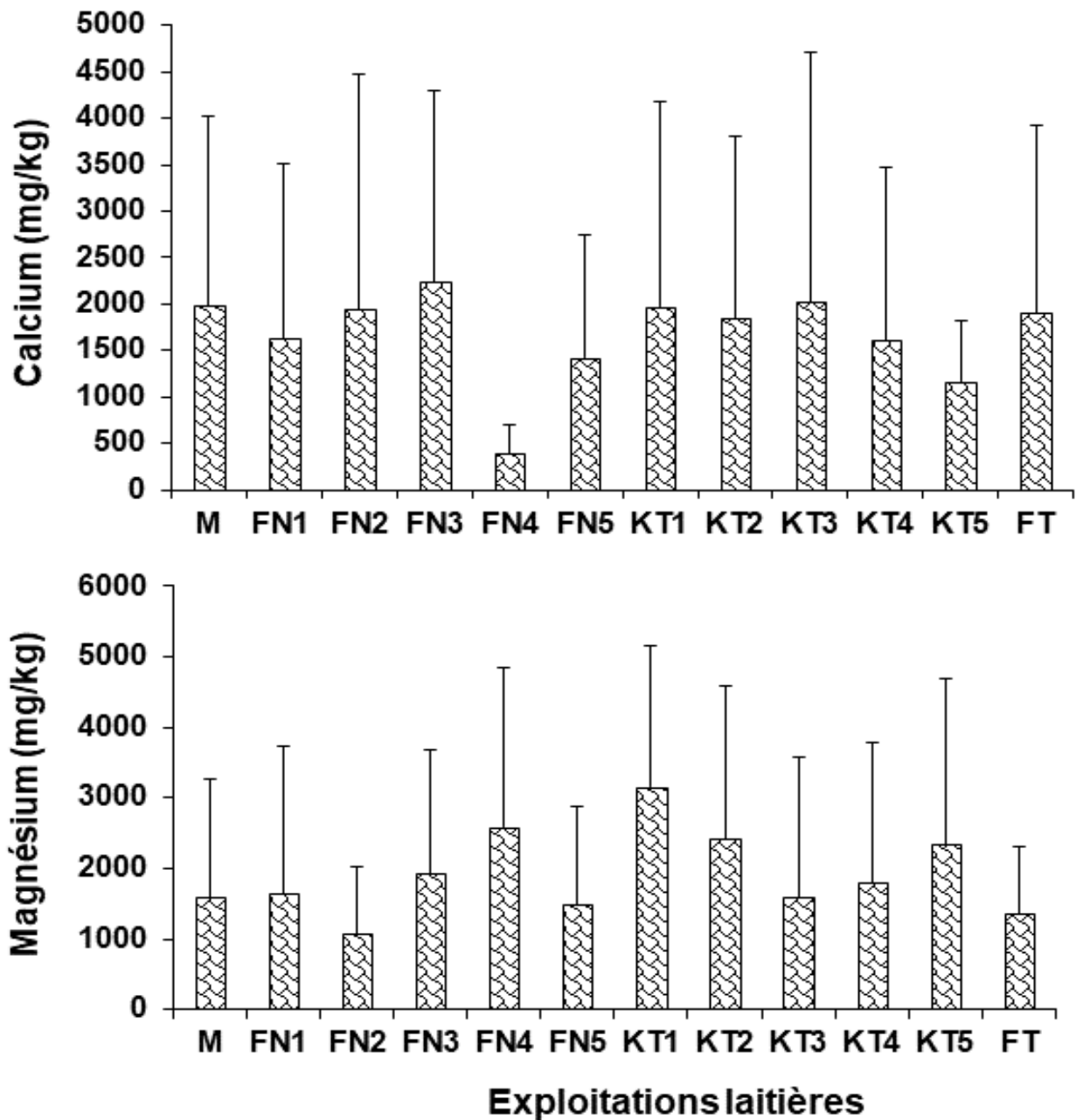


Figure 30 : Variation spatiale des teneurs moyennes en Calcium et Magnésium du fourrage vert consommé par les vaches de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

Sur le plan temporel, les plus grandes valeurs de Ca^{2+} ont été enregistrées en décembre et février (4000-6000 mg/kg) correspondant à la saison sèche. C'est durant les mois d'avril, juin, août, octobre (saison de pluie) que les taux de Ca^{2+} ont été les plus bas (30-2000 mg/kg) (Figure 31). Les plus grandes valeurs de Mg^{2+} ont été enregistrées en décembre et février (2000-7000 mg/kg) correspondant à la saison sèche. C'est durant le mois d'avril, juin et août (saison de pluie) qu'on a observé les teneurs les plus basses en Mg^{2+} (0-2000 mg/kg) (figure 31).

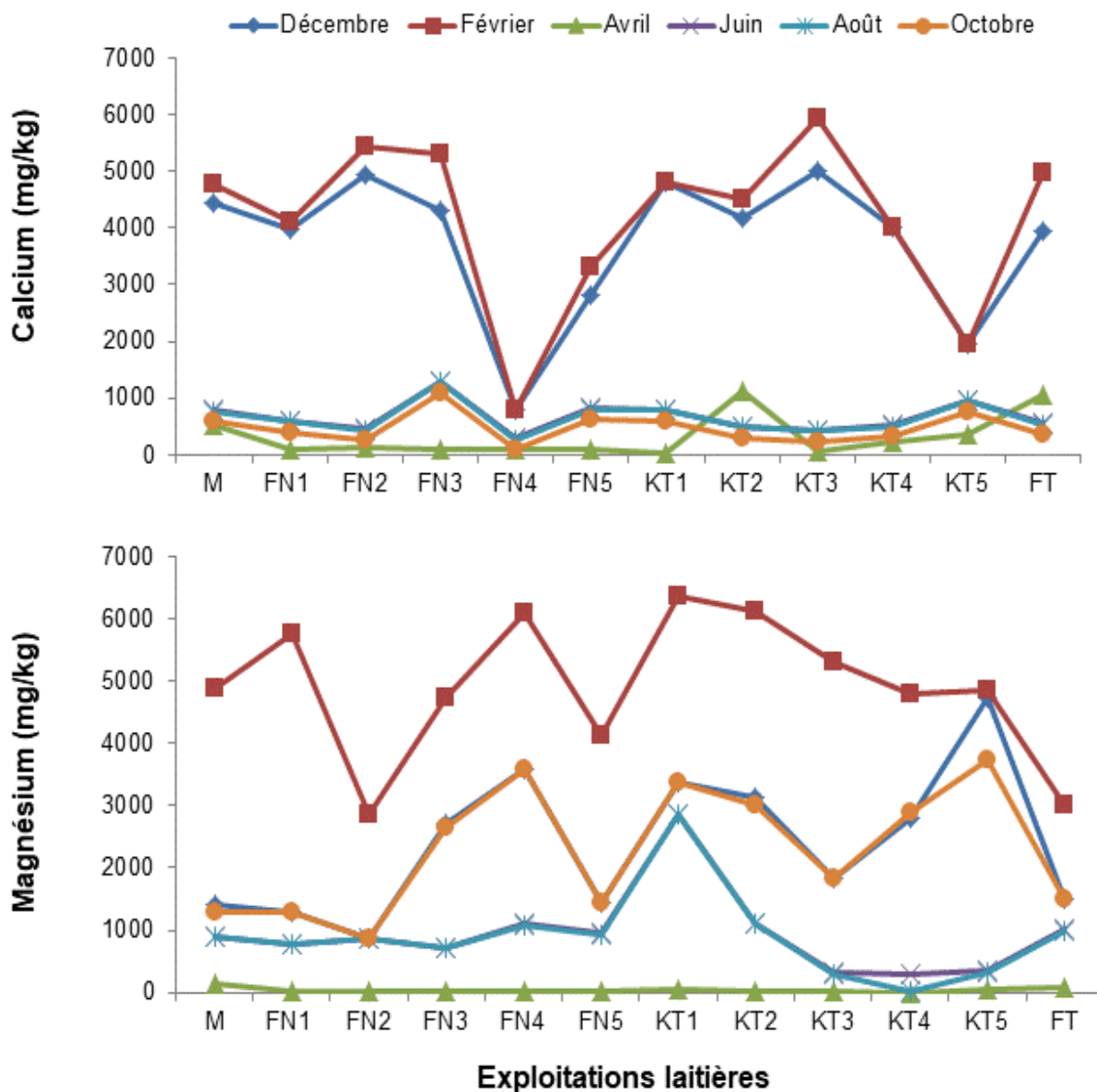


Figure 31 : Variation temporelle des teneurs en Calcium et Magnésium dans le fourrage vert consommé par les vaches de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-2-3- Physicochimie du lait cru produit par les vaches

III-1-2-3-1- Variation spatiale des paramètres physicochimiques du lait cru produit par les vaches

Le Potentiel Hydrogène (pH), la matière sèche (MS) et la densité du lait produit ont présenté de faibles variations (Coefficient de variation < 2 %). L'acidité titrable a relativement varié. Cependant, les plus grandes amplitudes de variation (Coefficient de variation > 80 %) ont été enregistrées pour les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} . Les valeurs obtenues à chaque campagne sont présentées à l'annexe 5.

Le Potentiel Hydrogène moyen a été de $6,31 \pm 0,09$ UC avec un minimum de 6,1 UC à l'exploitation FN1 et un maximum de 6,42 UC à l'exploitation FT. L'acidité titrable moyenne s'est située entre 14,16 et 18,33 °D avec une moyenne de $15,98 \pm 1,35$ °D. Les plus grandes valeurs ont été enregistrées à l'exploitation FN1 et les plus faibles à l'exploitation KT3. La teneur moyenne en matière sèche a été de $128,89 \pm 0,27$ g/l. Les taux les plus faibles ont été enregistrés dans l'exploitation KT4 (128,48 g/l) et les plus élevés à l'exploitation KT1 (129,36 g/l). La densité moyenne dans le lait analysé a été de $1,031 \pm 0,001$ g/cm². Les plus faibles densités ont été enregistrées dans les laits provenant des exploitations M et FN5 (1,029 g/cm²). Ce sont les laits de l'exploitation KT1 qui ont affichés les densités les plus élevées (1,035 g/cm²). Le taux de Calcium du lait a montré des fluctuations allant de 523,66 à 3045,33 mg/l avec une moyenne de $1215,87 \pm 852,47$ mg/l. L'exploitation M a affiché le taux moyen le plus bas en Ca^{2+} . L'exploitation KT3 a affiché le taux moyen le plus élevé en Ca^{2+} . Le taux de Magnésium moyen a été de $160,41 \pm 83,22$ mg/l. Les plus faibles teneurs de Mg^{2+} ont été enregistrées dans l'exploitation FN3 (57,95 mg/l) et le lait provenant de l'exploitation KT2 a été caractérisé par les plus grandes teneurs (325,15 mg/l) (Figure 32).

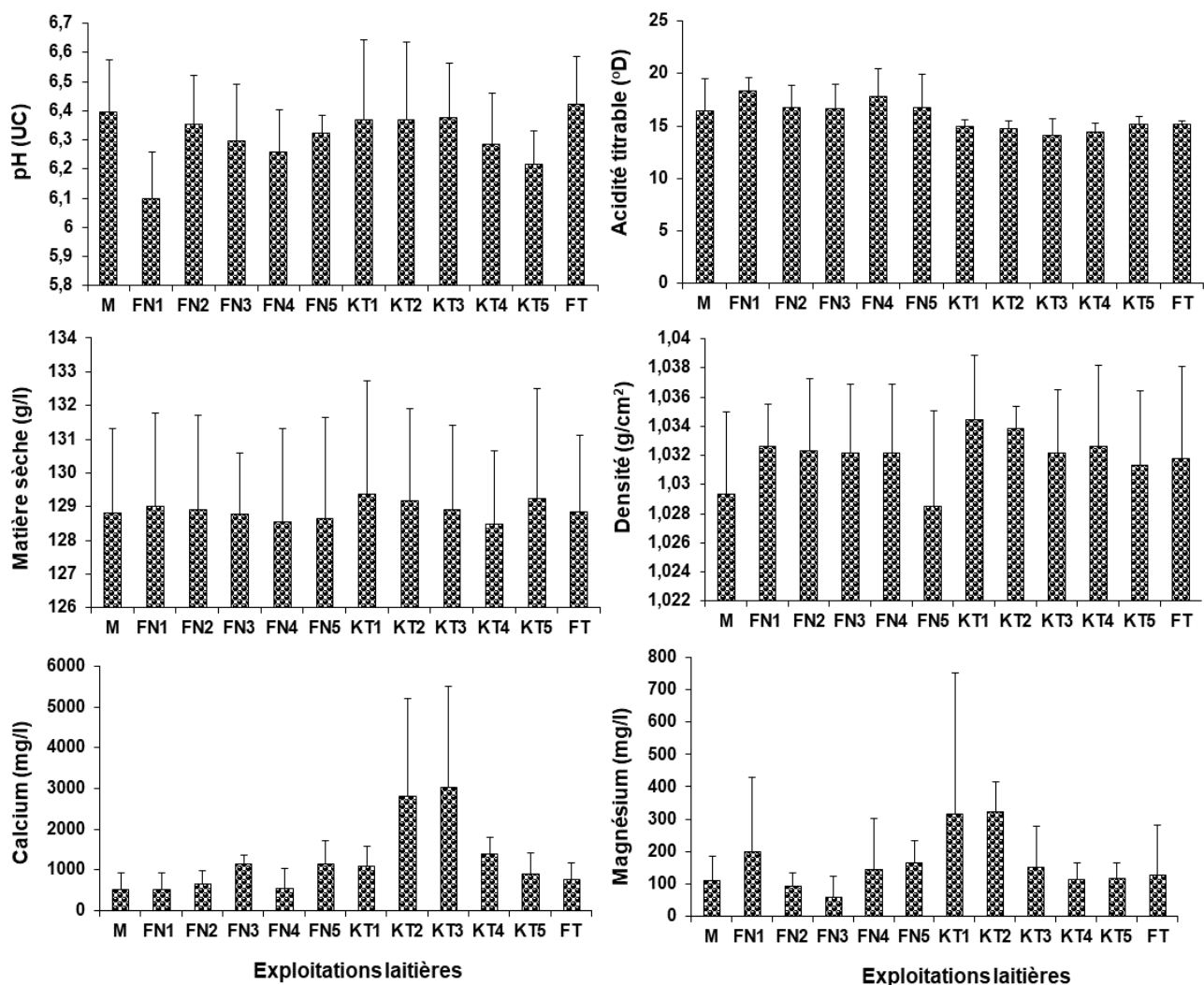


Figure 32 : Variation spatiale des valeurs moyennes du pH, acidité titrable, matière sèche, densité, Calcium et Magnésium du lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-2-3-2- Variation temporelle des paramètres physicochimiques du lait cru produit par les vaches

Sur le plan temporel, les valeurs les plus élevées du pH ont été enregistrées en avril, juin et août (6,5-7 UC) correspondant à la saison de pluie. Les valeurs les plus basses ont été observées durant les mois décembre et février (saison sèche) (5,5-6 UC). Les plus grandes valeurs de l'acidité titrable ont été enregistrées en avril (15-23 °D) correspondant à la saison de pluie. Les valeurs allant de 11-15 °D ont été observées pendant les mois de décembre, février, juin, août et octobre. La matière sèche a révélé les taux les plus élevés pendant les mois d'avril, juin et août (saison de pluie) (130-135 g/l). Les valeurs les plus faibles de la matière sèche ont été obtenues pendant les mois de décembre, février et octobre (120-130 g/l). Les plus grandes

valeurs de la densité ont été enregistrées en avril, juin, août, octobre et décembre (1,03-1,04 g/cm²). Les valeurs allant de 1,02-1,03 g/cm² ont été observées pendant le mois février. Les plus grandes valeurs de Ca²⁺ ont été enregistrées en décembre et février (2000-6000 mg/l) correspondant à la saison sèche. C'est durant les mois d'avril, juin et août (saison de pluie) que les laits ont été les plus pauvres en Ca²⁺ (80-2000 mg/l). Les valeurs les plus basses de Mg²⁺ ont été enregistrées en avril correspondant à la saison de pluie (7-200 mg/l) (Figure 33).

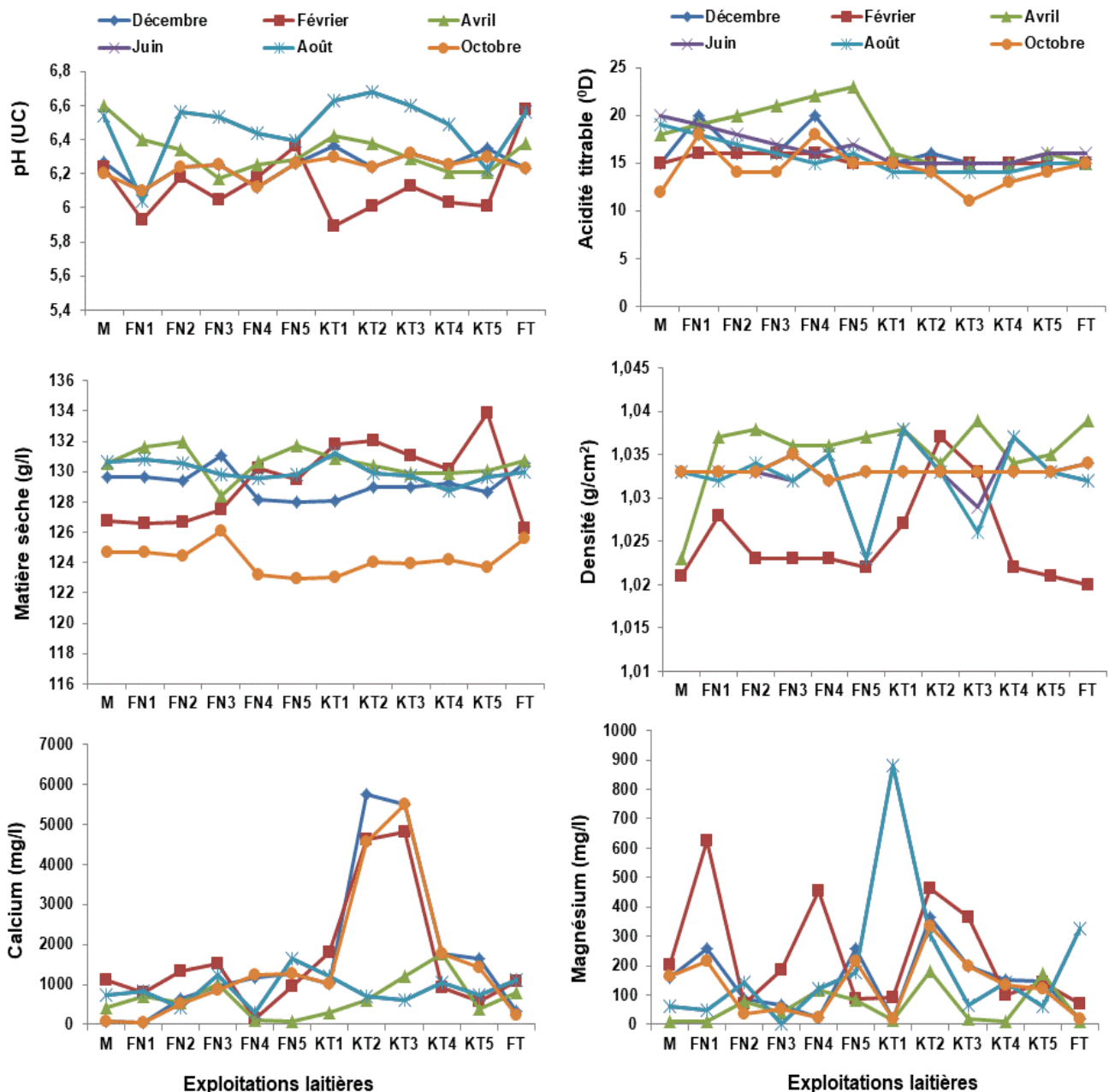


Figure 33 : Variation temporelle des valeurs du pH, acidité titrable, matière sèche, densité, Calcium et Magnésium du lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-2-4- Analyse en composantes principales des variables physicochimiques du lait analysé

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur une matrice de données composée de 144 lignes représentant les échantillons de lait et 6 colonnes représentant les paramètres physicochimiques du lait fait apparaître que le premier et le deuxième axe expliquent 30,13 % et 21,32 % de la variance respectivement. Ces 2 axes restituent 51,45 % de l'information. La première composante principale (Comp 1) exprime les variables Mg^{2+} et Ca^{2+} qui le tirent vers le sens positif. Ces variables sont corrélées entre elles deux à deux. La deuxième composante principale (Comp 2) exprime le pH, l'acidité titrable, la MS et la densité. Les variables acidité titrable, matière sèche et densité qui tirent cet axe vers le sens négatif sont corrélées entre elles, alors que le pH qui tire seul l'axe Comp 2 en sens positif n'est pas corrélé avec les autres variables (Figure 34).

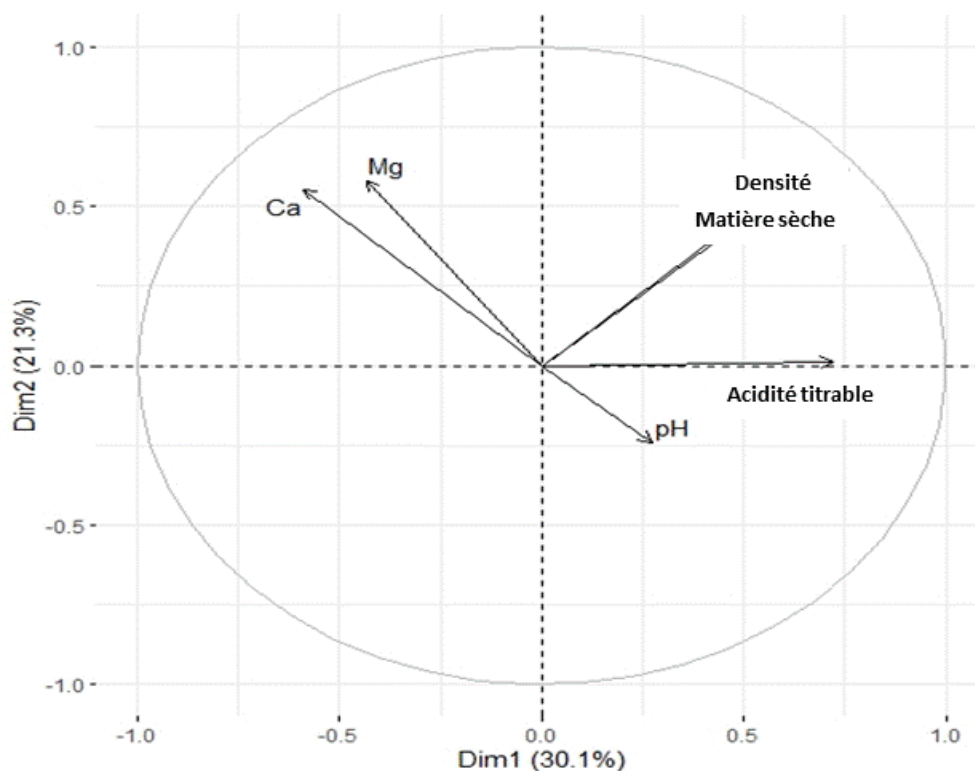


Figure 34 : Projection des variables physicochimiques du lait cru sur le plan principal de l'ACP

III-1-2-4- Corrélation entre les paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert consommé par les vaches, et ceux du lait cru produit

III-1-2-4-1- Corrélation entre les paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement et ceux du lait cru produit

Le Potentiel d'Hydrogène du lait a été positivement et significativement corrélé à la turbidité, la couleur et les teneurs en Ca^{2+} de l'eau d'abreuvement ($p < 0,01$). Cette liaison positive a été également observée entre l'acidité titrable du lait et la couleur de l'eau d'abreuvement. Par contre des corrélations négatives et significatives ont été observées entre les teneurs en Mg^{2+} de l'eau d'abreuvement et le pH, MS, densité du lait d'une part et entre la couleur de l'eau et les teneurs en Ca^{2+} du lait d'autre part ($p < 0,01$). Aucune corrélation significative ($p > 0,05$) n'a été obtenue entre le pH de l'eau et les paramètres du lait analysés (Tableau XIV).

Tableau XIV : Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement et ceux du lait produit

Lait produit	Eau d'abreuvement				
	pH (UC)	Turbidité (FTU)	Couleur (Pt.Co)	Calcium (mg/l)	Magnésium (mg/l)
pH (UC)	-0,040	0,361**	0,348**	0,445**	-0,333**
Acidité titrable (°D)	0,130	-0,042	0,332**	-0,150	-0,227
Matière sèche (g/l)	0,261	0,029	0,218*	-0,060	-0,468**
Densité (g/cm ²)	-0,049	-0,030	0,161	0,117	-0,399**
Calcium (mg/l)	-0,046	-0,020	-0,294**	0,098	0,202
Magnésium (mg/l)	0,132	0,064	-0,032	0,124	0,168

*N=144 échantillons; ** : corrélation significative à $p < 0,01$; * : corrélation significative à $p < 0,05$.*

III-1-2-4-2- Corrélation entre les paramètres physicochimiques du fourrage vert consommé par les vaches et ceux du lait produit

Les teneurs en Calcium contenu dans le fourrage vert consommé par les vaches ont influencé significativement et négativement le pH, l'acidité titrable, la MS et la densité du lait du lait produit ($p < 0,01$). Ces liaisons négatives ont été notées également entre les teneurs en Mg^{2+} du fourrage vert et le pH, acidité titrable, densité du lait. Or la liaison entre les teneurs en Ca^{2+} du lait produit et les teneurs en Ca^{2+} du fourrage vert ont été significativement forte ($p < 0,01$). Cette liaison positive a été également observée entre les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} du lait produit et les teneurs en Mg^{2+} du fourrage vert (Tableau XV).

Tableau XV : Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les paramètres physicochimiques du fourrage vert consommé par les vaches et ceux du lait produit

Lait produit	Fourrage vert	
	Calcium (mg/kg)	Magnésium (mg/kg)
pH (UC)	-0,480**	-0,535**
Acidité titrable (°D)	-0,408**	-0,370**
Matière sèche (g/l)	-0,367**	-0,170
Densité (g/cm ²)	-0,395**	-0,524**
Calcium (mg/l)	0,457**	0,368**
Magnésium (mg/l)	0,170	0,450**

*N=144 échantillons ; ** : la corrélation est significative à $p < 0,01$*

III-1-3- Microbiologie de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit

III-1-3-1- Microbiologie de l'eau d'abreuvement

III-1-3-1-1- Variation spatiale des abondances cellulaires dans l'eau d'abreuvement

La figure 35 présente les variations spatiales des abondances cellulaires moyennes dans les eaux d'abreuvement des exploitations laitières étudiées. Les valeurs obtenues à chaque campagne sont présentées à l'annexe 6.

La concentration moyenne des BHAM a été de $4,5 \pm 1,3 \times 10^7$ UFC/ml. La valeur moyenne minimale de $4,6 \times 10^6$ UFC/ml a été enregistrée au niveau de l'exploitation M. Alors que la valeur moyenne maximale de l'ordre de $5,8 \times 10^7$ UFC/ml a été observée au niveau de l'exploitation KT5. En ce qui concerne les coliformes totaux, la concentration moyenne a été de $2,3 \pm 0,7 \times 10^7$ UFC/ml. La concentration maximale ($2,9 \times 10^7$ UFC/ml) a été enregistrée au niveau de l'exploitation KT4 et la concentration minimale (2×10^6 UFC/ml) à l'exploitation M. La numération d'*E. coli* a montré que les eaux étudiées renferment une concentration moyenne de l'ordre $1,1 \pm 0,6 \times 10^7$ UFC/ml pour des valeurs moyennes allant de $4,7 \times 10^5$ à $1,7 \times 10^7$ UFC/ml. Les valeurs maximales ont été enregistrées dans les exploitations FN1 et FN2. Les valeurs minimales ont été observées à l'exploitation M. Les abondances moyennes de *Salmonella* sp. ont varié de 0 à $8,3 \times 10^3$ UFC/ml, avec une moyenne générale de $1,4 \pm 2,5 \times 10^3$ UFC/ml. Les exploitations laitières FN2, FN3, FN5, KT1, KT3, KT4, KT5, FT ont été indemnes des *Salmonella* sp. Les concentrations maximales ont été enregistrées à l'exploitation M (Figure 35).

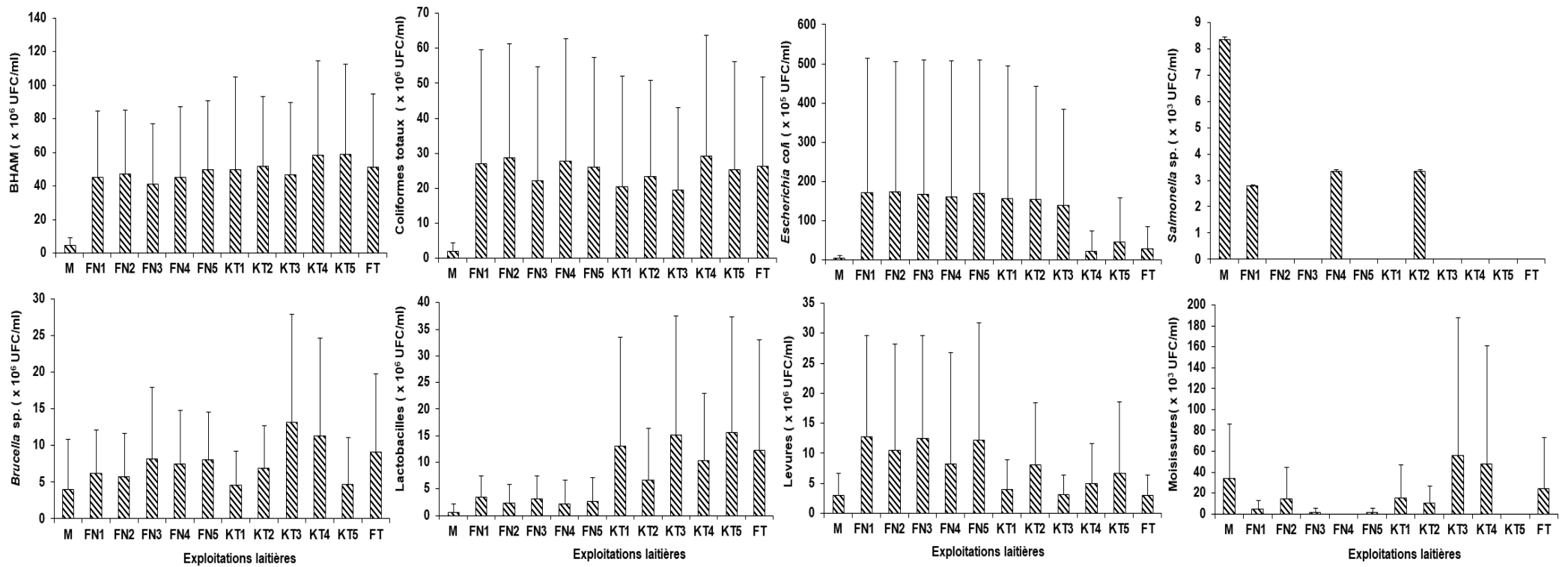


Figure 35: Variation spatiale des valeurs moyennes des abondances cellulaires dans l'eau d'abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

L'abondance moyenne de *Brucella* sp. a varié de 4×10^6 UFC/ml à $1,3 \times 10^7$ UFC/ml pour une moyenne de $7,4 \pm 8,5 \times 10^6$ UFC/ml. Les abondances les plus élevées ont été enregistrées à M et les plus faibles à KT3. Les abondances moyennes des lactobacilles ont varié de $6,7 \times 10^5$ à $1,5 \times 10^7$ UFC/ml avec une moyenne de $7,3 \pm 5,6 \times 10^6$ UFC/ml. Les concentrations maximales ont été enregistrées au niveau l'exploitation M et les concentrations minimales au niveau de KT5. La numération des levures a montré une concentration moyenne de $7,4 \pm 3,8 \times 10^6$ UFC/ml. La valeur moyenne minimale (3×10^6 UFC/ml) a été rencontrée dans les eaux des exploitations M et FT et la valeur maximale ($1,2 \times 10^7$ UFC/ml) dans les eaux de FN2. En ce qui concerne les moisissures, il a été noté des concentrations moyennes allant de 0 à $5,6 \times 10^4$ UFC/ml avec une moyenne générale de $1,7 \pm 1,9 \times 10^4$ UFC/ml. Les exploitations FN4 et KT5 ont été exemptes de moisissures. Les plus fortes concentrations ont été enregistrées à KT3. L'exploitation M dans la localité de Mbouda (Babété) a été celle où les eaux d'abreuvement ont été les moins chargées en microorganismes ($1,8 \times 10^6$ UFC/ml en moyenne) (Figure 35).

III-1-3-1-2- Variation temporelle des abondances cellulaires dans l'eau d'abreuvement

La figure 36 présente les variations temporelles des abondances cellulaires dans l'eau d'abreuvement des 12 exploitations laitières étudiées.

Les Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles (BHAM) ont été plus élevées ($9,4 \times 10^7$ UFC/ml) en avril et plus basses ($7,3 \times 10^6$ UFC/ml) en août. Les plus fortes concentrations de coliformes totaux ($7,5 \times 10^7$ UFC/ml) ont été enregistrées en avril et les plus faibles ($3,7 \times 10^6$ UFC/ml) concentrations en août. Les plus fortes concentrations d'*E. coli* ($5,4 \times 10^7$ UFC/ml) ont été enregistrées en avril et les plus faibles concentrations ($8,3 \times 10^2$ UFC/ml) en décembre et février. Les mois d'octobre, août et février ont été exemptes des salmonelles. L'abondance moyenne de *Salmonella* sp. la plus élevée ($8,6 \times 10^3$ UFC/ml) a été observée en avril. L'abondance moyenne la plus élevée de *Brucella* sp. ($1,5 \times 10^7$ UFC/ml) a été observée en juin et la plus basse ($1,2 \times 10^5$ UFC/ml) en février. Les lactobacilles ont été plus élevées ($2,1 \times 10^7$ UFC/ml) en décembre et plus basses (5×10^3 UFC/ml) en février. L'abondance moyenne la plus élevée des levures ($2,5 \times 10^7$ UFC/ml) a été observée en avril et la plus basse ($1,1 \times 10^4$ UFC/ml) en février. L'abondance moyenne la plus élevée des moisissures ($8,1 \times 10^4$ UFC/ml) a été enregistrée en juin et la plus faible ($8,3 \times 10^2$ UFC/ml) en avril (Figure 36).

C'est durant le mois d'avril (début saison des pluies) que les abondances cellulaires ont été les plus élevées dans les eaux d'abreuvement de la région avec une valeur moyenne de $(3,4 \pm 3,6 \times 10^7$ UFC/ml). Ce sont les eaux d'abreuvement de février (saison sèche) qui ont enregistré les moins d'abondances cellulaires ($3,1 \pm 6,4 \times 10^6$ UFC/ml).

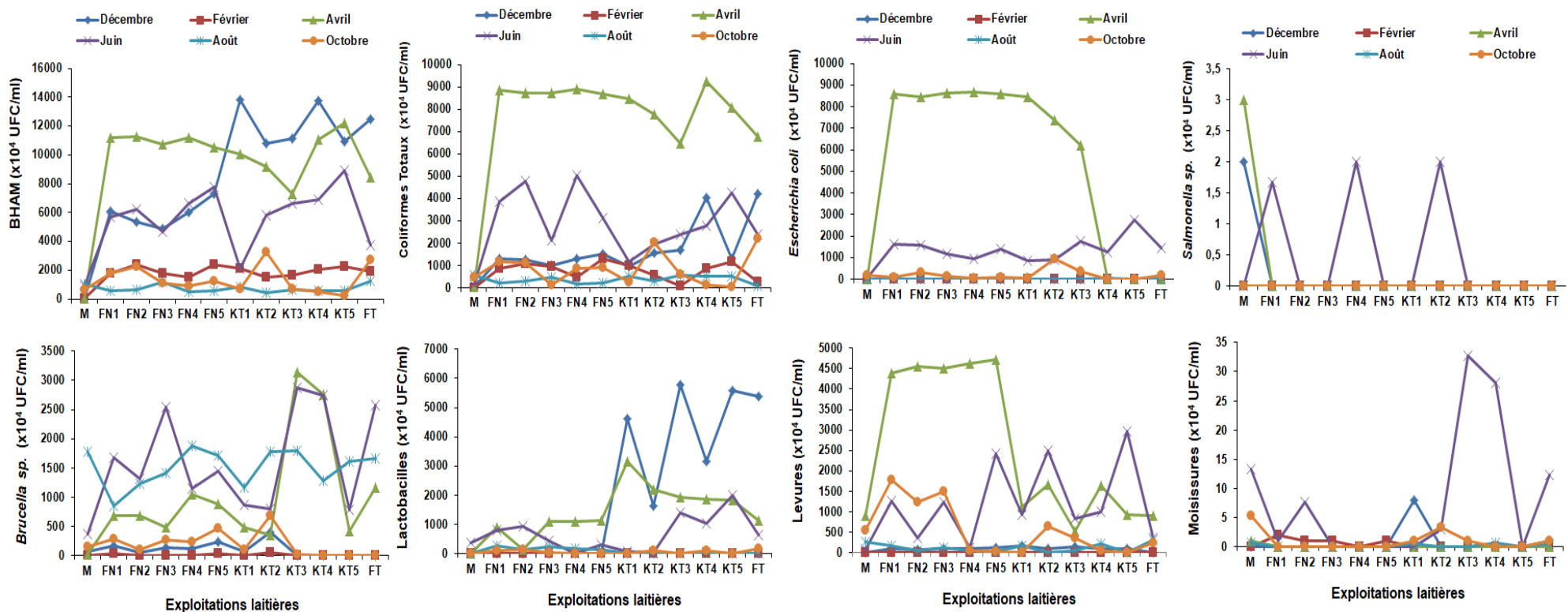


Figure 36: Variation temporelle des valeurs des abondances cellulaires dans l'eau d'abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-3-2- Microbiologie du fourrage vert consommé par les vaches

III-1-3-2-1- Variation spatiale des abondances cellulaires dans le fourrage vert consommé par les vaches

La figure 37 montre la variation spatiale des abondances cellulaires dans le fourrage vert consommé par les vaches. Les valeurs obtenues à chaque campagne sont présentées à l'annexe 7.

Les densités cellulaires des BHAM ont varié de $2,1 \times 10^7$ à $2,1 \times 10^9$ UFC/g respectivement dans les exploitations M et FT, avec une moyenne de $3,2 \pm 6 \times 10^8$ UFC/g. Les abondances cellulaires des coliformes totaux dans les fourrages ont fluctué entre $8,6 \times 10^6$ UFC/g et $1,3 \times 10^8$ UFC/g avec une moyenne de $4,4 \pm 4,1 \times 10^7$ UFC/g. Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées dans l'exploitation FT et les plus basses à M. Les abondances moyennes d'*E. coli* dans le fourrage des différentes exploitations ont varié de $1,8 \times 10^4$ UFC/g à $1,2 \times 10^6$ UFC/g avec une moyenne de $3,1 \pm 3,8 \times 10^5$ UFC/g. Les densités minimales ont été observées à M et les plus élevées à FT. Le genre *Salmonella* sp. a fluctué entre $1,7 \times 10^4$ UFC/g et $3,5 \times 10^7$ UFC/g avec une moyenne de $9,3 \pm 10 \times 10^6$ UFC/g. L'exploitation KT2 a été celle où les fourrages ont été les plus contaminés en Salmonelles. Le fourrage le moins contaminé a été celui de l'exploitation M. Les abondances moyennes des lactobacilles dans le fourrage ont varié de $5,9 \times 10^6$ UFC/g à $1,3 \times 10^8$ UFC/g avec une concentration moyenne de $3,7 \pm 4,5 \times 10^7$ UFC/g. Les concentrations moyennes des lactobacilles les plus élevées ont été enregistrées à l'exploitation FT et les plus basses à l'exploitation M.

La numération des levures a révélé des concentrations moyennes allant de $5,1 \times 10^6$ UFC/g à 1×10^8 UFC/g avec une moyenne de $6,3 \pm 2,7 \times 10^7$ UFC/g. L'exploitation KT1 a enregistré la densité moyenne la plus élevée et la plus basse a été observée à M. La densité moyenne des moisissures a été de $5,7 \pm 3,4 \times 10^5$ UFC/g. Les abondances les plus élevées ont été observées à FT ($9,1 \times 10^5$ UFC/g) et les plus basses à M ($5,5 \times 10^4$ UFC/g).

Le fourrage vert consommé par les vaches laitières a été relativement moins contaminé en microorganismes à l'exploitation M (Mbouda-Babété) ($5,9 \times 10^6$ UFC/g) et plus contaminé dans les exploitations FT ($3,5 \times 10^8$ UFC/g) et KT5 ($1,5 \times 10^8$ UFC/g) (Figure 37).

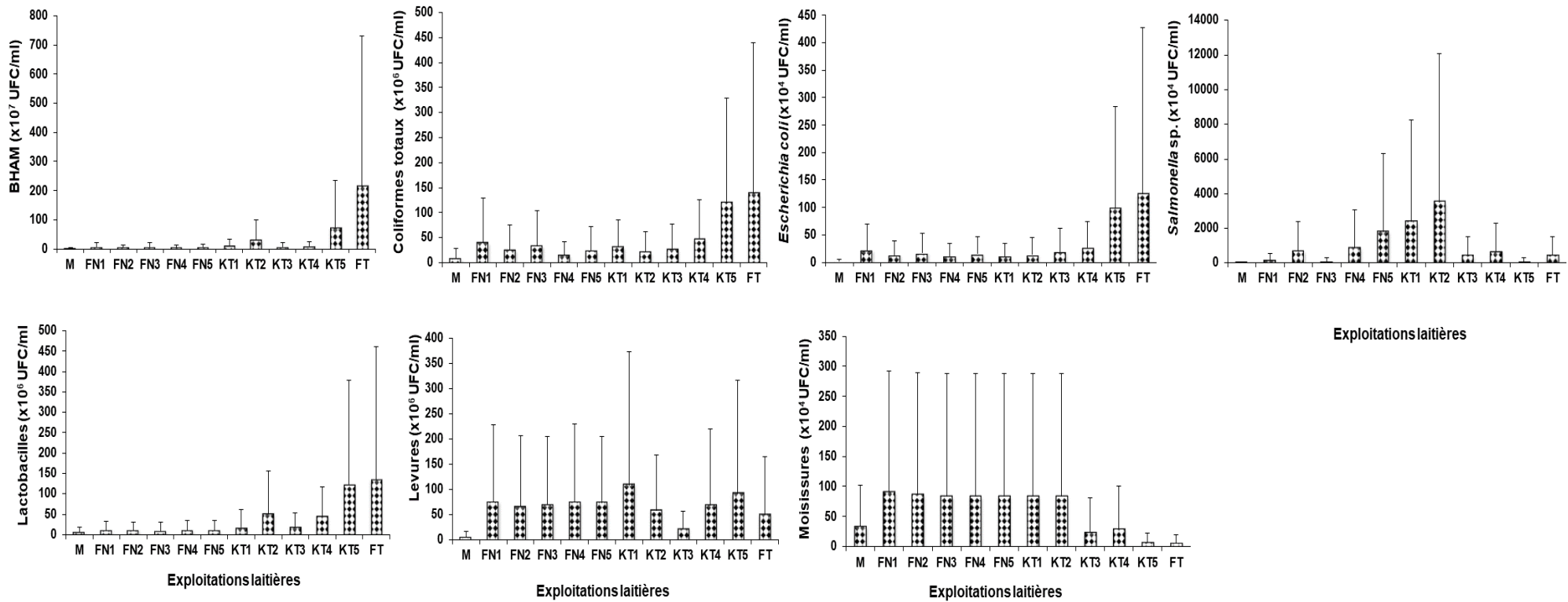


Figure 37: Variation spatiale des valeurs moyennes des abondances cellulaires dans le fourrage vert consommé par les vaches de quelques exploitations laitières de la Région de l’Ouest Cameroun

III-1-3-2-2- Variation temporelle des abondances cellulaires dans le fourrage vert consommé par les vaches laitières

L'abondance moyenne de la flore aérobie mésophile la plus élevée a été observée en avril ($1,6 \times 10^9$ UFC/g) tandis que l'abondance la plus faible a été obtenue en février ($2,1 \times 10^6$ UFC/g). Les coliformes totaux ont enregistré des valeurs plus élevées en avril et juin ($1,2 \times 10^8$ UFC/g) et plus faibles en octobre ($1,1 \times 10^6$ UFC/g). Les concentrations moyennes d'*E. coli* les plus élevées ont été enregistrées en avril ($1,1 \times 10^6$ UFC/g), les plus faibles en février (15 UFC/g). Une absence totale de *Salmonella* sp. a été enregistrée en août et octobre, les concentrations moyennes les plus élevées ($5,5 \times 10^7$ UFC/g) ont été observées en avril. Les concentrations moyennes des lactobacilles ont été plus élevées ($1,8 \times 10^8$ UFC/g) en avril, et plus basses ($4,8 \times 10^4$ UFC/g) en août. Les plus fortes concentrations en levures ($3,3 \times 10^8$ UFC/g) ont été enregistrées en avril et les plus faibles ($2,8 \times 10^4$ UFC/g) en décembre et février. En ce qui concerne les moisissures, les concentrations moyennes les plus élevées ($2,9 \times 10^6$ UFC/g) ont été enregistrées en avril et les plus faibles (67 UFC/g) en février.

C'est pendant le mois d'avril (début saison des pluies) que les fourrages verts ont été les plus riches en microorganismes avec une densité moyenne de $3,3 \times 10^8$ UFC/g. C'est au cours du mois de février (saison sèche) que les abondances cellulaires ont été les plus basses dans le fourrage vert du bétail ($4,9 \times 10^5$ UFC/g). Les variations temporelles des abondances cellulaires dans le fourrage vert consommé par les vaches pendant la période d'étude sont présentées à la figure 38.

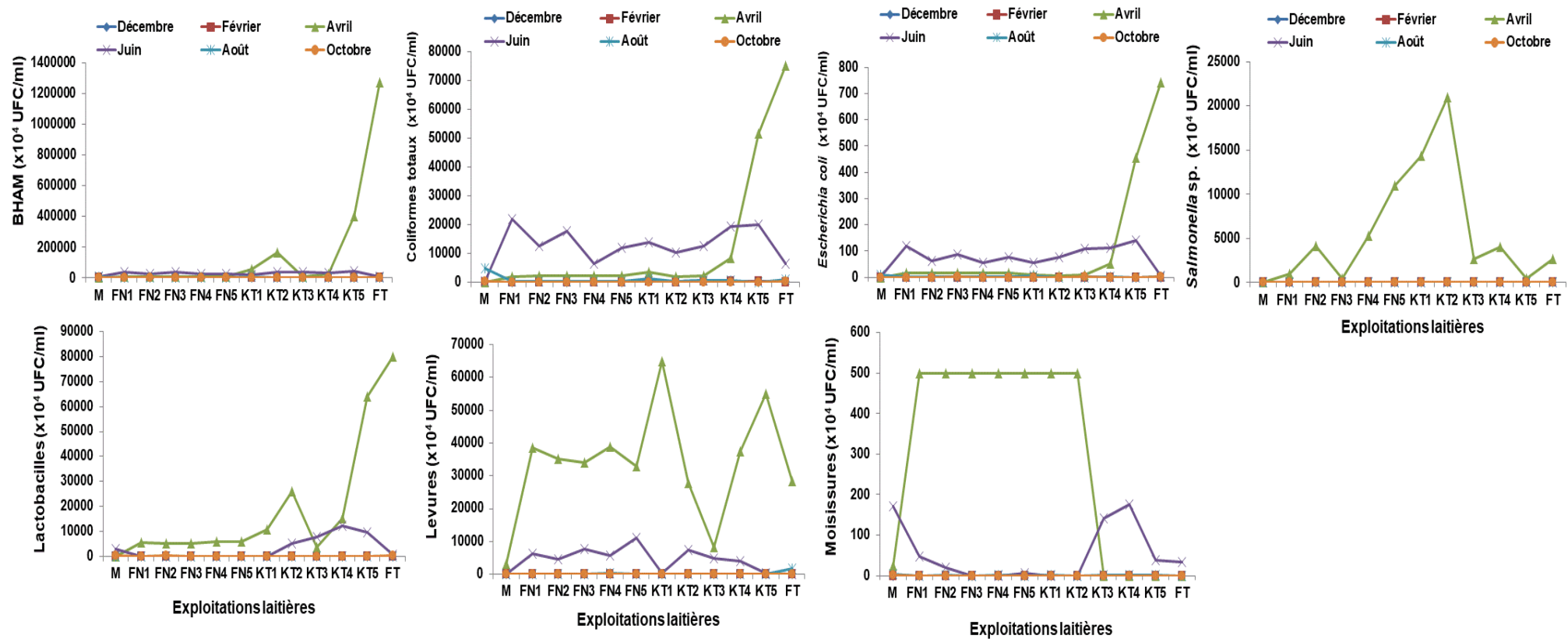


Figure 38: Variation temporelle des valeurs des abondances cellulaires dans le fourrage vert de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-3-3- Microbiologie du lait cru produit

III-1-3-3-1- Variation spatiale des abondances cellulaires dans le lait produit

La figure 39 présente les abondances cellulaires moyennes dans le lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun. Les valeurs obtenues à chaque campagne sont présentées à l'annexe 8.

Les Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles ont varié de $2,2 \times 10^7$ à 1×10^9 UFC/ml, pour une moyenne de $7,4 \pm 2,1 \times 10^7$ UFC/ml. L'abondance moyenne minimale a été celle de l'exploitation M et celle la plus élevée a été retrouvée dans les laits de l'exploitation KT1. La charge moyenne en coliformes totaux a varié de $8,4 \times 10^6$ à $5,9 \times 10^7$ UFC/ml, avec une moyenne de $3,6 \pm 1,5 \times 10^7$ UFC/ml. Les abondances ont été les plus faibles dans les laits de l'exploitation M. Les abondances les plus élevées ont été enregistrées à l'exploitation FN5. La charge moyenne en *E. coli* a fluctué entre $1,5 \times 10^6$ et 2×10^7 UFC/ml, avec une moyenne de $1,1 \pm 0,5 \times 10^7$ UFC/ml. Les charges moyennes les plus faibles ont été observées à l'exploitation M. Les abondances moyennes les plus élevées ont été enregistrées à l'exploitation FN5. Les abondances minimales et maximales de *Salmonella* sp. ont été respectivement de $1,6 \times 10^3$ UFC/ml et $1,7 \times 10^4$ UFC/ml pour une moyenne de $8,3 \pm 5,3 \times 10^4$ UFC/ml. Le genre a été relativement plus abondant dans l'exploitation KT5 et plus faible dans l'exploitation KT2. Le dénombrement des brucelles a présenté des résultats qui ont varié de $6,5 \times 10^6$ UFC/ml à $1,7 \times 10^7$ UFC/ml, pour une moyenne de $1,3 \pm 0,2 \times 10^7$ UFC/ml. Les charges moyennes les plus faibles ont été observées à l'exploitation M et les plus élevées à l'exploitation KT3. Les abondances des lactobacilles ont varié de 1×10^7 à $2,2 \times 10^7$ UFC/ml pour une moyenne de $1,6 \pm 0,3 \times 10^7$ UFC/ml. La charge moyenne la plus faible a été observée à l'exploitation M et la plus élevée à l'exploitation KT1 (Figure 39).

Les concentrations cellulaires moyennes des levures ont varié de $4,3 \times 10^6$ UFC/ml à $2,1 \times 10^7$ UFC/ml avec une concentration moyenne de $1 \pm 0,6 \times 10^7$ UFC/ml. Les charges moyennes les plus faibles ont été observées à l'exploitation KT4 et les plus élevées à l'exploitation KT2. L'abondance moyenne des moisissures a été de $1,3 \pm 1,4 \times 10^4$ UFC/ml. Les charges les plus faibles ($2,2 \times 10^3$ UFC/ml) ont été observées à l'exploitation FN1 et les plus élevées ($5,4 \times 10^4$ UFC/ml) à l'exploitation M (Figure 39).

Dans l'ensemble, les abondances cellulaires les plus basses ($7,1 \times 10^6$ UFC/ml) ont été observées dans les laits de l'exploitation M (située à Mbouda-Babété). Les plus fortes abondances ont été relevées à l'exploitation KT2 ($2,7 \times 10^7$ UFC/ml), suivi de KT1 et FN5 ($2,6 \times 10^7$ UFC/ml) (Figure 39).

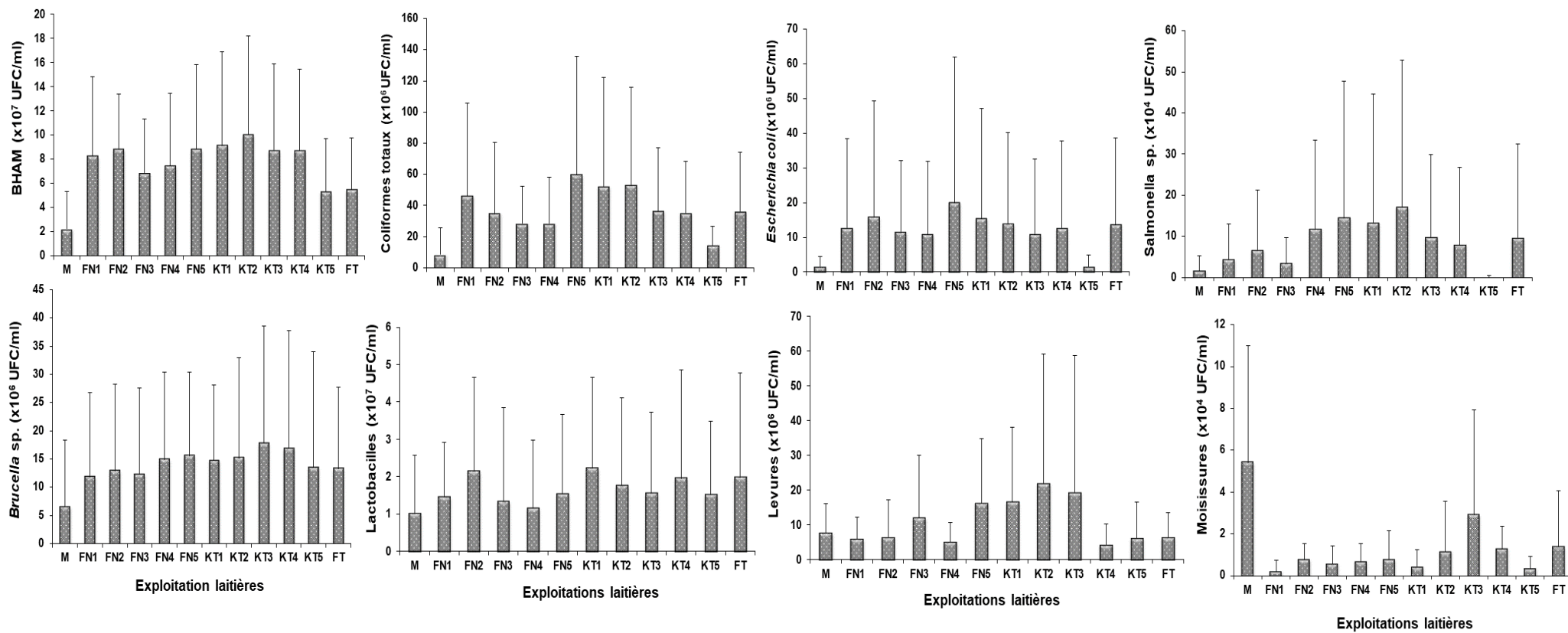


Figure 39 : Variation spatiale des valeurs moyennes des abondances cellulaires dans le lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-3-3-2- Variation temporelle des abondances cellulaires dans le lait produit dans les exploitations étudiées

L'abondance moyenne des BHAM la plus élevée a été observée en décembre ($1,3 \times 10^8$ UFC/ml) et les plus basses en août ($2,1 \times 10^7$ UFC/ml). Les coliformes totaux ont été plus abondants en décembre ($8,8 \times 10^7$ UFC/ml) et plus bas en octobre ($4,1 \times 10^6$ UFC/ml). Les plus fortes concentrations d'*E. coli* ont été enregistrées en avril ($5,7 \times 10^7$ UFC/ml) et les plus faibles en février (2×10^4 UFC/ml). *Salmonella* sp. n'a été détectée que durant les mois de décembre ($5,4 \times 10^4$ UFC/ml) et avril ($4,4 \times 10^5$ UFC/ml). Les brucelles n'ont pas été détectées en décembre. Les plus fortes concentrations des brucelles ($2,9 \times 10^7$ UFC/ml) ont été observées en août. Les lactobacilles présents dans les laits analysés ont présenté des charges de $1,8 \times 10^5$ UFC/ml en décembre et de $4,7 \times 10^7$ UFC/ml en février. Les concentrations les plus élevées des levures ont été enregistrées en avril ($3,5 \times 10^7$ UFC/ml), les plus faibles en février ($3,9 \times 10^4$ UFC/ml). En ce qui concerne les moisissures, les valeurs minimales ($3,3 \times 10^3$ UFC/ml) ont été observées en décembre et les valeurs maximales ($2,5 \times 10^4$ UFC/ml) en avril (Figures 40).

Dans l'ensemble, les abondances cellulaires les plus élevées ont été observées dans les laits du mois d'avril avec une valeur moyenne de $4,1 \times 10^7$ UFC/ml. Les laits de décembre viennent en deuxième position avec une valeur moyenne de $3,3 \times 10^7$ UFC/ml. Ce sont les laits d'octobre qui ont enregistré le moins d'abondances ($7,7 \times 10^6$ UFC/ml), suivie de ceux d'août ($9,4 \times 10^6$ UFC/ml) (Figures 40).

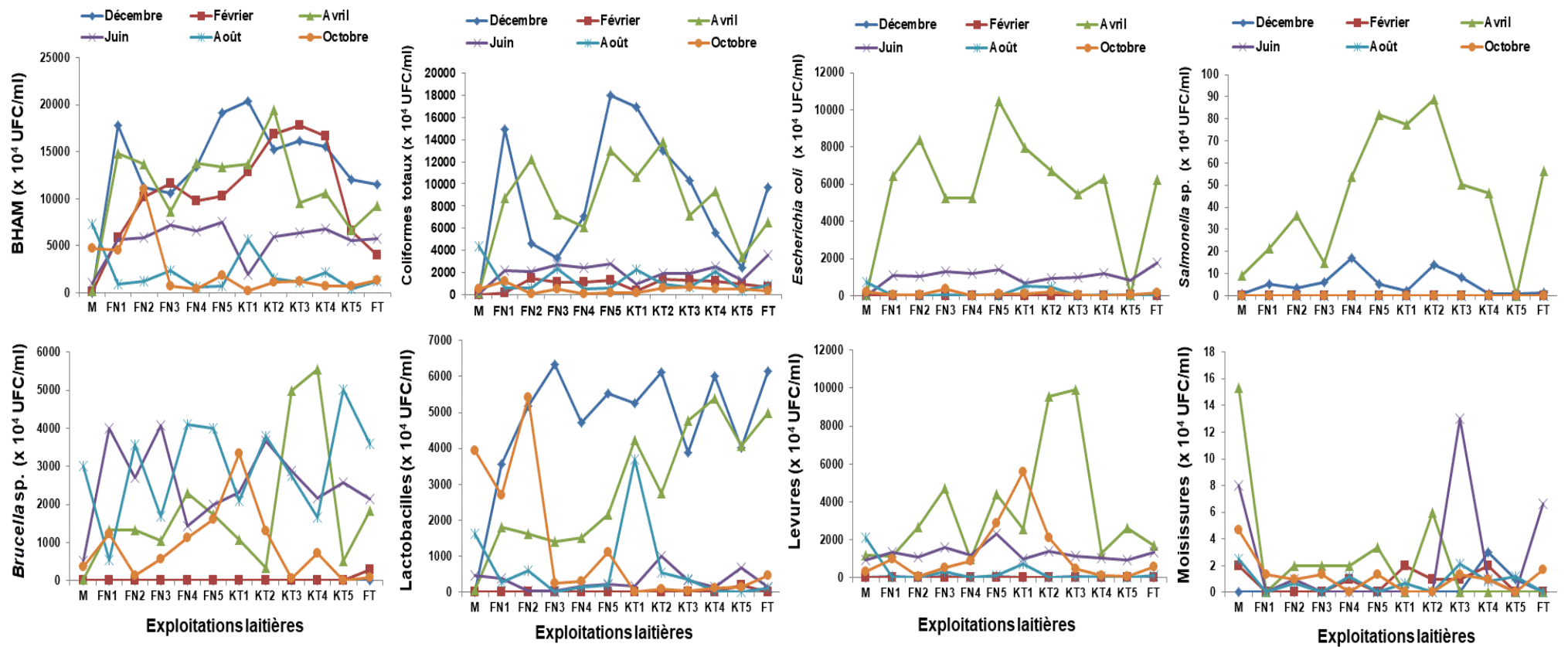


Figure 40 : Variation temporelle des valeurs des abondances cellulaires dans le lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest Cameroun

III-1-3-4- Influence de la saison sur les paramètres microbiologiques de l'eau d'abreuvement, du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit

Une corrélation a été établie entre la saison et les variables microbiologiques analysées. L'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que plus de 54,54 % de la variance totale sont exprimés. L'axe F1 permet d'expliquer 34,52 % de la variance totale et l'axe F2 permet d'expliquer 20,02 % de la variance totale (Figure 41). L'analyse en composantes principales réalisée sur une matrice de données composées de deux lignes représentant les saisons et 144 colonnes représentant les paramètres microbiologiques montre que le facteur saison est bien discriminé sur l'axe F1 tandis que les caractéristiques microbiologiques sont mieux discriminées sur l'axe factoriel F2. On remarque que les microorganismes ont tendance à se développer en saison pluvieuse.

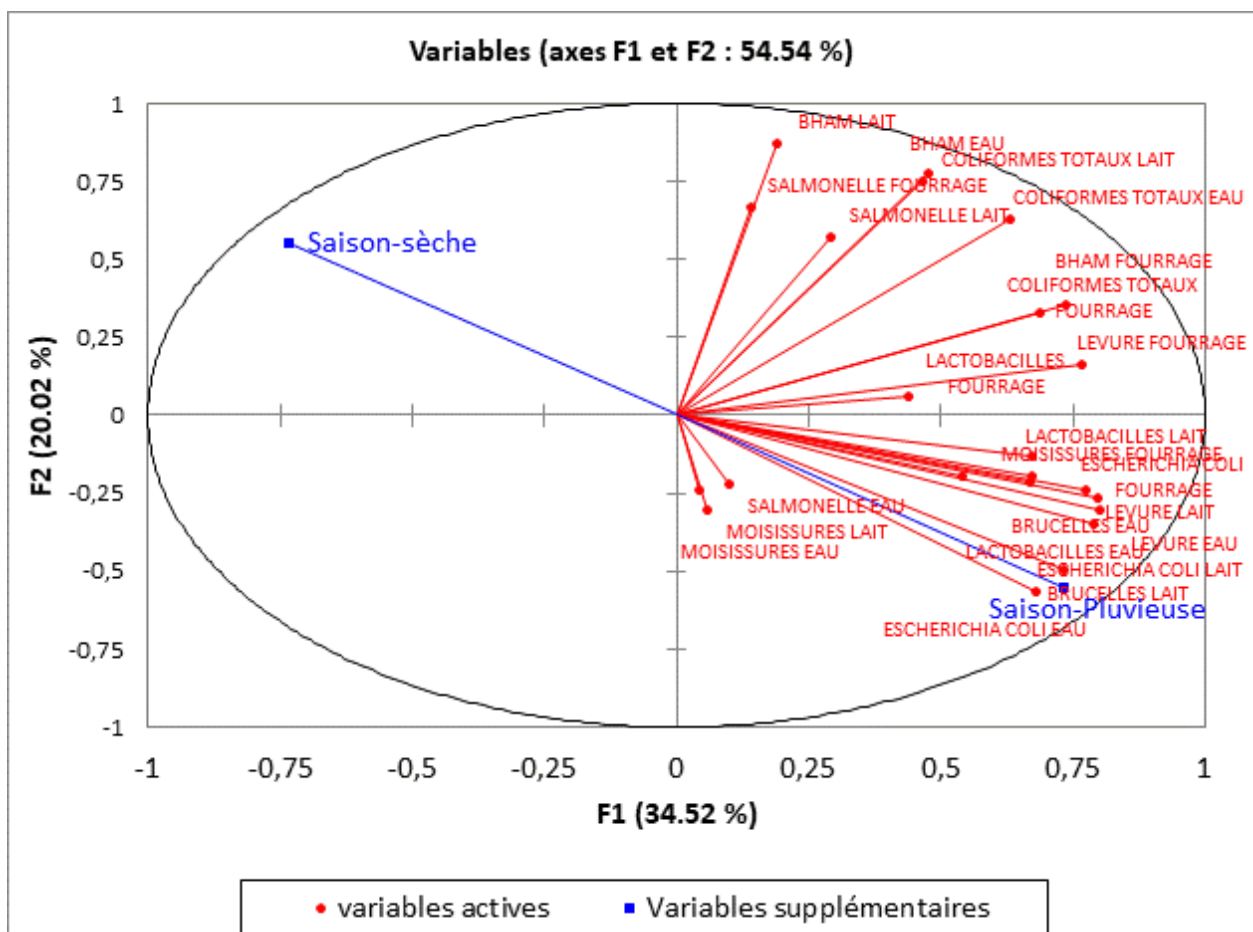


Figure 41: Cercle de corrélation entre les variables microbiologiques et le facteur saison

III-1-3-5- Corrélation entre la qualité microbiologique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et celle du lait cru produit

III-1-3-5-1- Relation entre la qualité microbiologique de l'eau d'abreuvement et celle du lait cru produit

Le test de corrélation « r » de Pearson indique que le degré de liaison entre les abondances cellulaires de l'eau d'abreuvement et celles du lait cru produit a été hétérogène (Tableau XVI). Les BHAM et les coliformes totaux de l'eau d'abreuvement ont influencé fortement la densité des BHAM et des coliformes totaux du lait produit ($p < 0,001$). Aussi, l'augmentation des teneurs d'*E. coli* dans l'eau a semblé favoriser le peuplement d'*E. coli*, *Brucella* sp., lactobacilles et levures du lait produit ($p < 0,001$). D'autre part, *Brucella* sp. isolées dans l'eau ont semblé être liées aux abondances d'*E. coli*, *Brucella* sp., lactobacilles et levures du lait produit ($p < 0,001$). Les lactobacilles et les levures de l'eau ont également favorisé le développement d'*E. coli*, *Brucella* sp., lactobacilles et levures du lait produit ($p < 0,001$). Par ailleurs, des liaisons significatives et négatives ont été observées entre les BHAM de l'eau d'abreuvement et les moisissures du lait produit ($p < 0,05$), entre les abondances d'*E. coli* de l'eau d'abreuvement et les BHAM, coliformes totaux et *Salmonella* sp. du lait produit ($p < 0,05$), entre les salmonelles de l'eau d'abreuvement et les BHAM et coliformes totaux du lait produit ($p < 0,05$) et enfin entre les moisissures présentes dans l'eau d'abreuvement et les abondances des salmonelles dans le lait produit ($p < 0,01$) (Tableau XVI).

Tableau XVI: Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les abondances microbiennes du lait cru produit et celles de l'eau d'abreuvement des vaches

Lait produit	Eau d'abreuvement							
	BHAM	Coliformes totaux	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella</i> sp.	<i>Brucella</i> sp.	Lactobacilles	Levures	Moisissures
BHAM	0,83***	0,71***	-0,31**	-0,26**	-0,05	-0,12	-0,13	-0,07
Coliformes totaux	0,79***	0,71***	-0,14*	-0,19*	0,19*	0,09	0,23*	-0,08
<i>Escherichia coli</i>	0,06	0,30**	0,72***	0,15*	0,60***	0,49***	0,66***	0,00
<i>Salmonella</i> sp.	0,47***	0,41***	-0,15*	0,03	0,12	0,20*	0,32**	-0,30**
<i>Brucella</i> sp.	-0,03	0,20*	0,80***	0,07	0,60***	0,49***	0,59***	0,11
Lactobacilles	0,24*	0,28**	0,38***	0,05	0,52***	0,57***	0,89***	-0,08
Levures	0,23*	0,34***	0,57***	-0,01	0,60***	0,61***	0,85***	0,11
Moisissures	-0,22*	-0,13	0,31**	-0,13	-0,11	0,10	0,05	0,11

N= 144 échantillons ; BHAM : Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophile; * : corrélation significative à $p < 0,05$;

** : corrélation significative à $p < 0,01$; *** : corrélation significative à $p < 0,001$

III-1-3-5-2- Relation entre la qualité microbiologique du fourrage vert consommé par les vaches et celle du lait cru produit

Le degré de liaison entre les abondances microbiennes du lait et celles du fourrage vert a été recherché au moyen du test de corrélation « r » de Pearson. Les résultats sont présentés dans le tableau XVII.

Les Bactéries Hétérotrophes Aérobies Mésophiles et les coliformes totaux du fourrage vert ont été positivement et significativement corrélées ($p < 0,001$) aux abondances cellulaires présentes dans lait produit. *E. coli* du fourrage vert a semblé fortement influencée ($p < 0,001$) la densité d'*E. coli*, *Brucella* sp. lactobacilles et levures du lait produit. L'abondance de *Salmonella* sp. dans le fourrage vert serait liée à celle des BHAM, coliformes totaux et *Salmonella* sp. du lait produit ($p < 0,001$). La densité des lactobacilles du fourrage serait liée à l'abondance d'*E. coli* et levures contenues dans le lait produit ($p < 0,001$). Les levures isolées du fourrage semblent fortement être liées aux abondances des coliformes totaux, *E. coli*, *Brucella* sp. et levures du lait produit ($p < 0,001$). Les moisissures présentes dans le fourrage ont également favorisé le développement d'*E. coli*, *Brucella* sp. levures et moisissures du lait produit ($p < 0,001$). Par ailleurs, une liaison significative et négative a été observée entre l'abondance des salmonelles du fourrage et celle des brucelles du lait produit ($p < 0,01$) (Tableau XVII).

Tableau XVII: Coefficient de corrélation « r » de Pearson entre les abondances microbiennes du lait cru produit et celles du fourrage vert consommé par les vaches

Lait produit	Fourrage vert						
	BHAM	Coliformes totaux	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella</i> sp.	Lactobacilles	Levures	Moisissures
BHAM	0,49***	0,45***	-0,13	0,43***	0,12	0,23*	0,05
Coliformes totaux	0,56***	0,54***	0,12	0,43***	0,09	0,45***	0,11
<i>Escherichia coli</i>	0,39***	0,37***	0,74***	-0,09	0,35***	0,65***	0,44***
<i>Salmonella</i> sp.	0,18*	0,11	-0,05	0,73***	0,22*	0,24*	0,06
<i>Brucella</i> sp.	0,43***	0,41***	0,78***	-0,27**	0,24*	0,55***	0,47***
Lactobacilles	0,23*	0,19*	0,37***	-0,03	0,22*	0,29**	0,30**
Levures	0,32***	0,25**	0,52***	-0,11	0,32***	0,41***	0,39***
Moisissures	-0,03	-0,03	0,16*	-0,13	-0,02	-0,04	0,64***

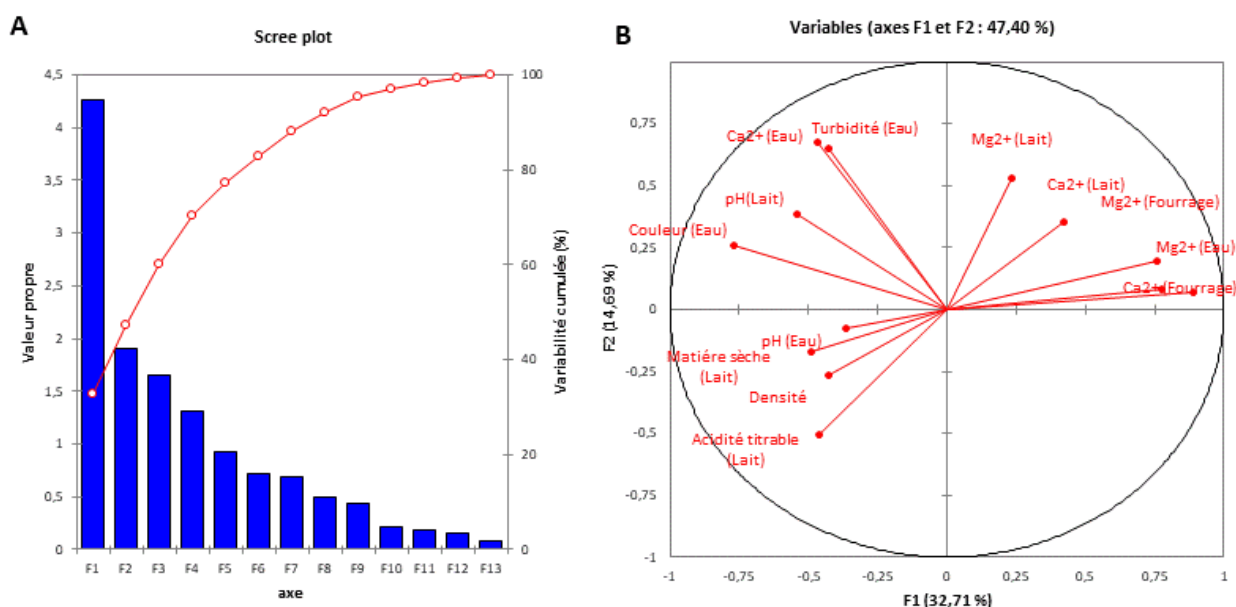
N= 144 échantillons ; BHAM : Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophile; * : corrélation significative à $p < 0,05$;

** : corrélation significative à $p < 0,01$; *** : corrélation significative à $p < 0,001$

III-1-3-6- Approche typologique des exploitations laitières étudiées en fonction des variables physicochimiques et microbiologiques

III-1-3-6-1- Approche typologique des exploitations laitières étudiées en fonction des variables physicochimiques

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a tout d'abord été faite pour déterminer la liaison entre les paramètres physicochimiques analysés. L'essentiel de la variance totale fournie par les deux premiers axes factoriels F1 (32,71 %) et F2 (14,69 %) cumulent 47,40 % de l'inertie totale (Figure 42A). Le Magnésium et le Calcium du lait produit et du fourrage vert consommé par les vaches ainsi que la dureté magnésienne de l'eau d'abreuvement sont d'une part, positivement et significativement corrélés entre eux et d'autre part, significativement et positivement corrélés à l'axe F1. Par contre la matière sèche, acidité titrable et densité du lait produit ainsi que le pH de l'eau d'abreuvement sont significativement et positivement corrélés entre eux, et négativement corrélés à l'axe F1. Par ailleurs, la couleur, la dureté calcique et la turbidité de l'eau d'abreuvement ainsi que le pH du lait produit sont d'une part, significativement et positivement corrélés entre eux et, d'autre part, significativement et positivement corrélés à l'axe F2 (Figure 42B).



Ca^{2+} : Calcium ; Mg^{2+} : Magnésium

Figure 42: Analyse en Composantes Principales (ACP) effectuée sur les paramètres physicochimiques analysés pendant la période d'étude : (A) Histogramme des valeurs propres ; (B) Cercle de corrélation entre les variables et les axes factoriels F1 et F2

Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été effectuée entre les exploitations laitières étudiées à la suite de l'ACP afin de créer des classes d'exploitation laitière de qualité physicochimique similaires. La CAH réalisée à partir des données physicochimiques obtenues a défini trois classes d'exploitations (Figure 43). La classe III est celle la plus rencontrée dans la région (47,92 %). On la retrouve dans toutes les exploitations. Dans cette classe se trouve les exploitations qui se distinguent par des teneurs en Calcium et Magnésium plus basses dans le fourrage vert consommé par les vaches et le lait cru produit et des teneurs en matière sèche, pH, acidité titrable et densité du lait relativement plus élevées. Les laits de la classe I viennent en deuxième position (45,83 %). Elle est caractérisée par des laits plus riches en Calcium et des eaux d'abreuvement relativement faibles en Calcium et en couleur. La classe II (6,25 %) exclusivement rencontrée dans les exploitations FN1, FN4 et KT1 se distingue par des laits plus riches en Magnésium (Figure 43). Les tableaux XVIII et XIX présentent respectivement la distribution du nombre d'échantillons par exploitation laitière et par classe et, les caractéristiques physicochimiques des différentes classes d'exploitations identifiées.

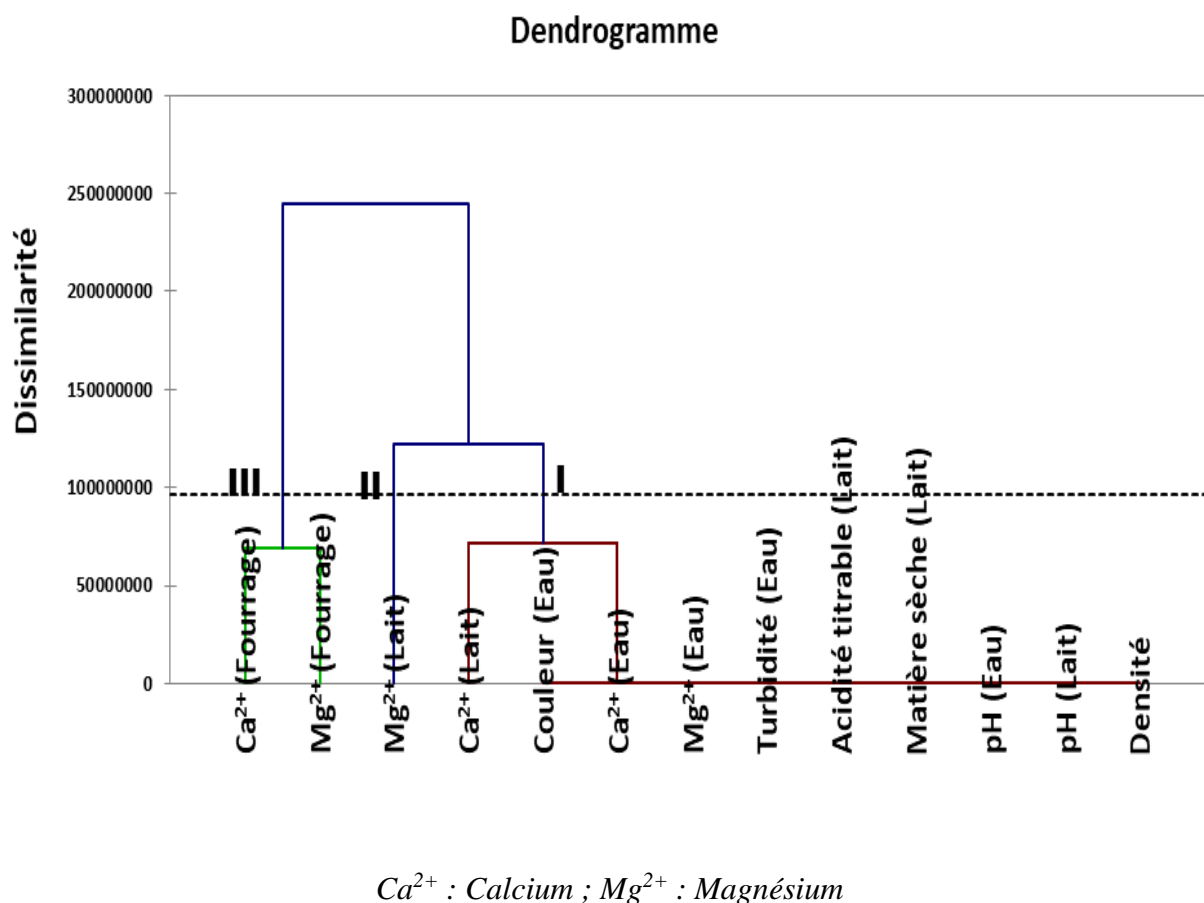


Figure 43: Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des exploitations laitières étudiées en fonction des paramètres physicochimiques analysés. NB : les chiffres romains I, II et III désignent les classes d'exploitations laitières identifiées.

Tableau XVIII : Distribution du nombre d'échantillons par exploitation laitière et par classe

Classes d'exploitations	Exploitations laitières étudiées et nombre d'échantillons												Total échantillons	
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FT	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	M	Total	%
I	3	6	6	3	6	6	6	6	6	6	6	6	66	45,83
II	3	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	9	6,25
III	6	6	6	6	6	6	3	6	6	6	6	6	69	47,92

Tableau XIX: Caractéristiques physicochimiques des différentes classes d'exploitations identifiées

Paramètres physicochimiques	Classe I (n=66)		Classe II (n=9)		Classe III (n=69)	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Lait cru produit						
Matière sèche (g/l)	129,35	1,89	129,34	2,42	130,25	0,85
pH (UC)	6,20	0,15	6,25	0,35	6,39	0,16
Acidité titrable (°D)	16	1	16	1	17	2
Densité (g/cm ²)	1,029	0,006	1,030	0,008	1,034	0,004
Calcium (mg/l)	1770	1722	719	538	755	443
Magnésium (mg/l)	1601	1197	6524	2140	958	905
Fourrage vert						
Calcium (mg/kg)	4102	1254	1895	1910	482	375
Magnésium (mg/kg)	3446	1640	4918	1777	384	429
Eau d'abreuvement						
pH (UC)	6,33	0,77	6,91	0,24	6,99	0,42
Couleur (Pt. Co)	37	45	76	52	110	54
Calcium (mg/l)	19	20	40	54	54	44
Magnésium (mg/l)	42	19	34	21	8	7

N= nombre d'échantillons

III-1-3-6-2- Approche typologique des exploitations laitières étudiées en fonction des paramètres microbiologiques

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a tout d'abord été effectuée pour déterminer le lien entre les microorganismes isolés. L'essentiel de la variance totale est fourni par les deux premiers axes factoriels F1 (52,24 %) et F2 (34,66 %) qui cumulent 86,90 % de l'inertie totale (Figure 44A). Les espèces d'*Escherichia coli* du lait, de l'eau et du fourrage vert, les brucelles du lait et de l'eau, les lactobacilles du lait, de l'eau et du fourrage ainsi que les levures du lait, de l'eau et du fourrage sont significativement et positivement corrélés entre eux, et positivement corrélés à l'axe F2. De même, les moisissures du lait et de l'eau ainsi que les salmonelles du lait, de l'eau et du fourrage sont d'une part, positivement et significativement

corrélées entre elles, et d'autre part, significativement et négativement corrélées à l'axe F2. Par contre, les coliformes totaux du lait, de l'eau et du fourrage ainsi que les BHAM du lait, de l'eau et du fourrage sont d'une part, significativement et positivement corrélés entre elles, et d'autre part, significativement et positivement corrélés à l'axe F1 (Figure 44B).

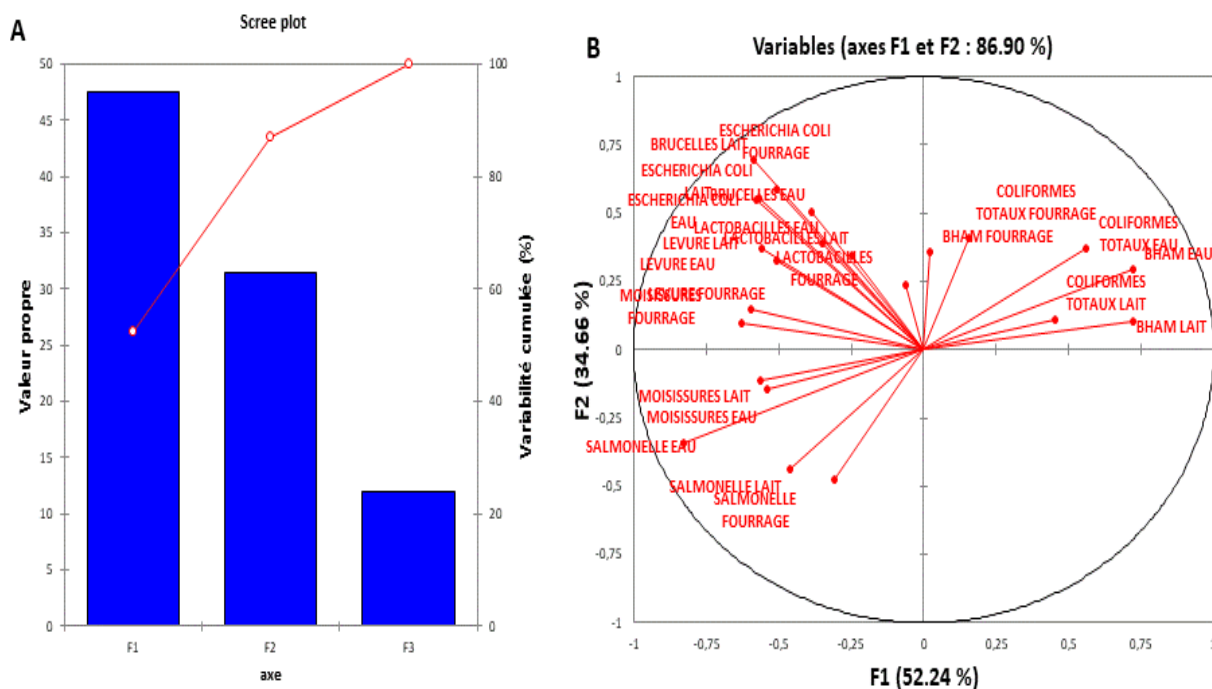


Figure 44: Analyse en Composantes Principales (ACP) effectuée sur les paramètres microbiologiques analysés pendant la période d'étude : (A) Histogramme des valeurs propres ; (B) Cercle de corrélation entre les variables et les axes factoriels F1 et F2

L'analyse factorielle discriminante a permis par la suite de déceler 4 classes d'exploitations laitières inégalement réparties sous la base d'un maximum de vraisemblance à partir des données microbiologiques. Le tableau XX présente le nombre d'échantillons par exploitation laitière et par classe. La figure 45 montre la classification ascendante hiérarchique (CAH) des exploitations laitières étudiées en fonction des paramètres microbiologiques analysés.

Tableau XX : Distribution du nombre d'échantillons par exploitation laitière et par classe

Classes d'exploitations	Exploitations laitières étudiées et nombre d'échantillons												Total échantillons	
	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	FT	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	M	Total	%
I	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24	16,66
II	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	2	48	33,34
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1,39
IV	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	70	48,61

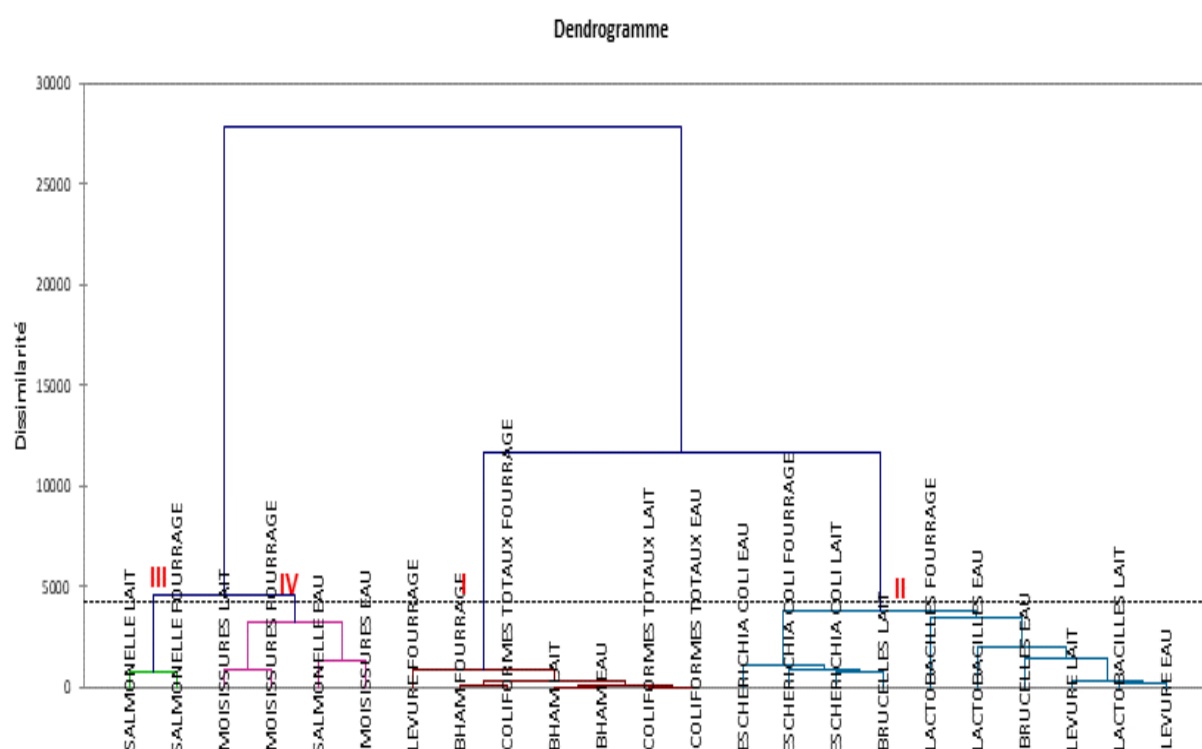


Figure 45: Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des exploitations laitières étudiées en fonction des paramètres microbiologiques analysés. NB : les chiffres romains I, II et III désignent les classes d'exploitations laitières identifiées.

Les caractéristiques de chaque classe sont présentées le tableau XXI. Les valeurs des variables microbiologiques ont été transformées en Log10 dans l'optique de faciliter l'interprétation et la comparaison des résultats des différentes classes identifiées.

Tableau XXI : Caractéristiques microbiologiques (abondances en Log10 (UFC/ml)) des différentes classes d'exploitations laitières identifiées

Microorganismes isolés	Classe I (n= 24)		Classe II (n=48)		Classe III (n= 2)		Classe IV (n= 70)	
	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET
Lait cru								
BHAM	7,85	0,73	7,94	0,53	6,27	0,04	7,34	0,45
Coliformes totaux	7,67	0,86	7,26	0,81	6,22	0,01	6,88	0,53
<i>Escherichia coli</i>	7,32	1,17	0,51	2,95	5,50	0,02	5,90	1,58
<i>Salmonella</i> sp.	4,88	2,14	1,02	3,29	4,95	0,04	0,00	0,00
Lactobacilles	7,27	0,63	3,68	4,49	5,75	0,03	6,36	0,77
Levures	6,66	2,63	2,88	3,49	7,08	0,06	6,60	0,72
Moisissures	0,68	3,18	0,06	2,91	5,18	0,09	1,55	3,09
<i>Brucella</i> sp.	6,40	2,56	0,35	1,69	5,42	0,09	7,18	0,48
Eau d'abreuvement								
BHAM	7,82	0,61	7,48	0,55	5,60	0,02	7,20	0,43
Coliformes totaux	7,71	0,67	6,86	0,57	5,45	0,03	6,88	0,51
<i>Escherichia coli</i>	5,10	4,24	0,25	1,20	5,08	0,06	5,81	1,64
<i>Salmonella</i> sp.	0,52	1,73	0,00	0,00	4,48	0,00	0,53	1,74
Lactobacilles	6,83	0,91	0,96	4,25	4,56	0,20	4,93	2,90
Levures	7,05	0,92	2,25	3,92	6,96	0,00	6,37	0,72
Moisissures	0,00	0,00	0,47	2,64	4,00	0,00	0,94	3,23
<i>Brucella</i> sp.	6,84	0,40	2,62	3,95	5,32	0,08	6,40	2,12
Fourrage vert								
BHAM	8,19	1,21	6,44	0,57	6,46	0,04	7,12	1,16
Coliformes totaux	7,45	0,91	6,09	0,67	5,74	0,03	6,73	1,19
<i>Escherichia coli</i>	7,11	1,26	0,27	2,47	4,70	0,00	5,64	2,32
<i>Salmonella</i> sp.	7,16	1,28	2,63	1,82	5,00	0,00	0,26	1,30
Lactobacilles	7,89	1,09	2,70	3,73	2,57	3,23	3,23	3,92
Levures	8,12	1,50	4,22	0,56	7,49	0,03	5,74	1,83
Moisissures	3,07	4,29	0,85	1,90	5,36	0,08	2,14	3,13

N= nombre d'échantillons ; BHAM : Bactéries Hétérotrophes Aérobies Mésophiles ; Moy : Moyenne ; ET : Ecart type

La classe IV est celle la plus rencontrée dans la région (48,61 %). On la retrouve dans toutes les exploitations laitières étudiées. Il s'agit en effet des exploitations laitières pratiquement indemnes de salmonelles dans le lait, avec de faibles abondances de moisissures dans le lait, le fourrage et l'eau et des salmonelles dans l'eau d'abreuvement. Les exploitations de la classe II viennent en deuxième position (33,34 %). Cette classe est caractérisée par les exploitations présentant les abondances les plus faibles d'*E.coli* et de lactobacilles dans les trois biotopes. Les exploitations ayant des abondances relativement faibles de *Brucella* sp et levures dans le lait produit et l'eau d'abreuvement sont aussi incluses dans cette classe II. La classe I est faiblement représentée (16,66 %). Cette classe I est associée à des abondances des BHAM et coliformes

totaux les plus élevées dans les trois biotopes. La classe III (1,39 %) exclusivement rencontrée dans l'exploitation M à Mbouda se distingue par des teneurs relativement élevées de *Salmonella* sp. et de moisissures dans le fourrage vert consommé par les vaches et le lait cru produit (Figure 45).

III-1-4- Susceptibilité aux antibiotiques des souches bactériennes isolées du lait cru produit, de l'eau d'abreuvement, et du fourrage vert

III-1-4-1- Susceptibilité aux antibiotiques des souches d'*Escherichia coli*

La résistance aux antibiotiques d'*E. coli* a été évaluée sur 52 souches isolées du lait, 45 souches isolées des eaux d'abreuvement et 51 souches isolées du fourrage vert.

La figure 46 présente les proportions des souches sensibles (S), intermédiaires (I) et résistantes (R), isolées du lait, eau et fourrage. Les isolats ont montré une résistance de 100 % à l'ampicilline dans les trois biotopes. Il a été observé une grande résistance à des pourcentages suivants respectivement dans le lait cru, l'eau d'abreuvement et le fourrage vert : 71, 78 et 60 % pour l'amoxicilline/acide clavulanique, 86, 67 et 70 % pour la céfotaxime, 71, 56 et 60 % pour la ceftazidime et 86, 56 et 60 % pour la ceftriaxone. Tous ces 5 antibiotiques appartiennent à la famille des β -lactamines. Par ailleurs, l'étude a révélé que 71 et 67 % d'*E. coli* étaient résistantes à la tétracycline respectivement dans le lait et l'eau d'abreuvement, tandis qu'une moindre résistance (20 %) a été observée dans le fourrage vert. Une sensibilité élevée d'*E. coli* à l'ofloxacine (100, 78 et 70 %), au chloramphénicol (57, 78 et 90 %) et à la gentamicine (86, 100 et 100 %) a été observée dans les trois biotopes (Figure 46).

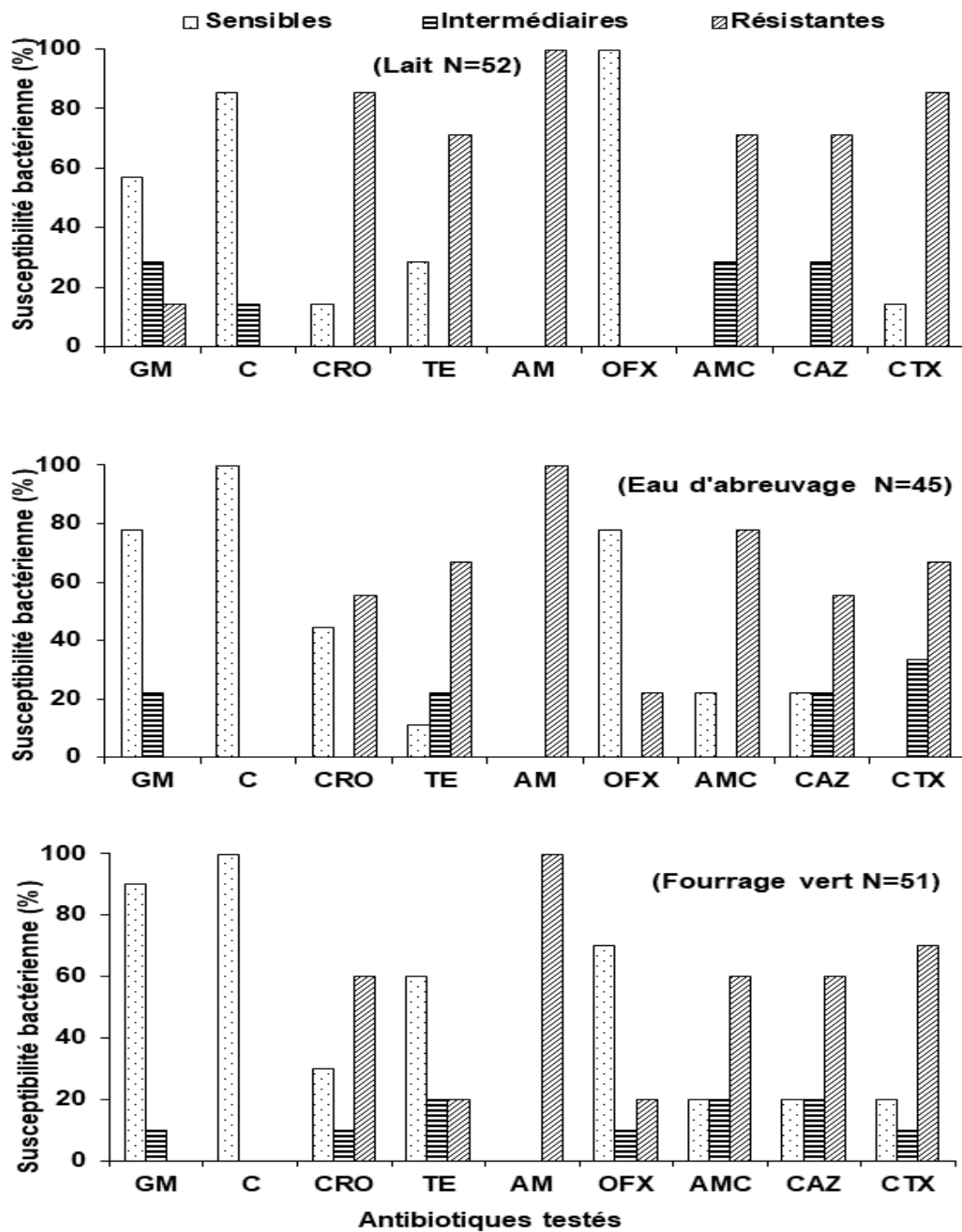


Figure 46 : Susceptibilité des souches d'*Escherichia coli* aux antibiotiques (GM: Gentamicine; C: Chloramphénicol; CRO: Ceftriaxone; TE: Tétracycline ; AM: Ampicilline; OFX: Ofloxacine; AMC: Amoxicilline/ Acide clavulanique ; CAZ: Ceftazidime; CTX: Cefotaxime)

III-1-4-2- Susceptibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* sp.

La résistance aux antibiotiques de *Salmonella* sp. a été évaluée sur 23 souches isolées du lait, 5 souches isolées des eaux d'abreuvement et 35 isolées du fourrage vert. Les isolats de *Salmonella* sp. ont montré une sensibilité de 100 % à l'ofloxacine dans les trois biotopes (Figure 47).

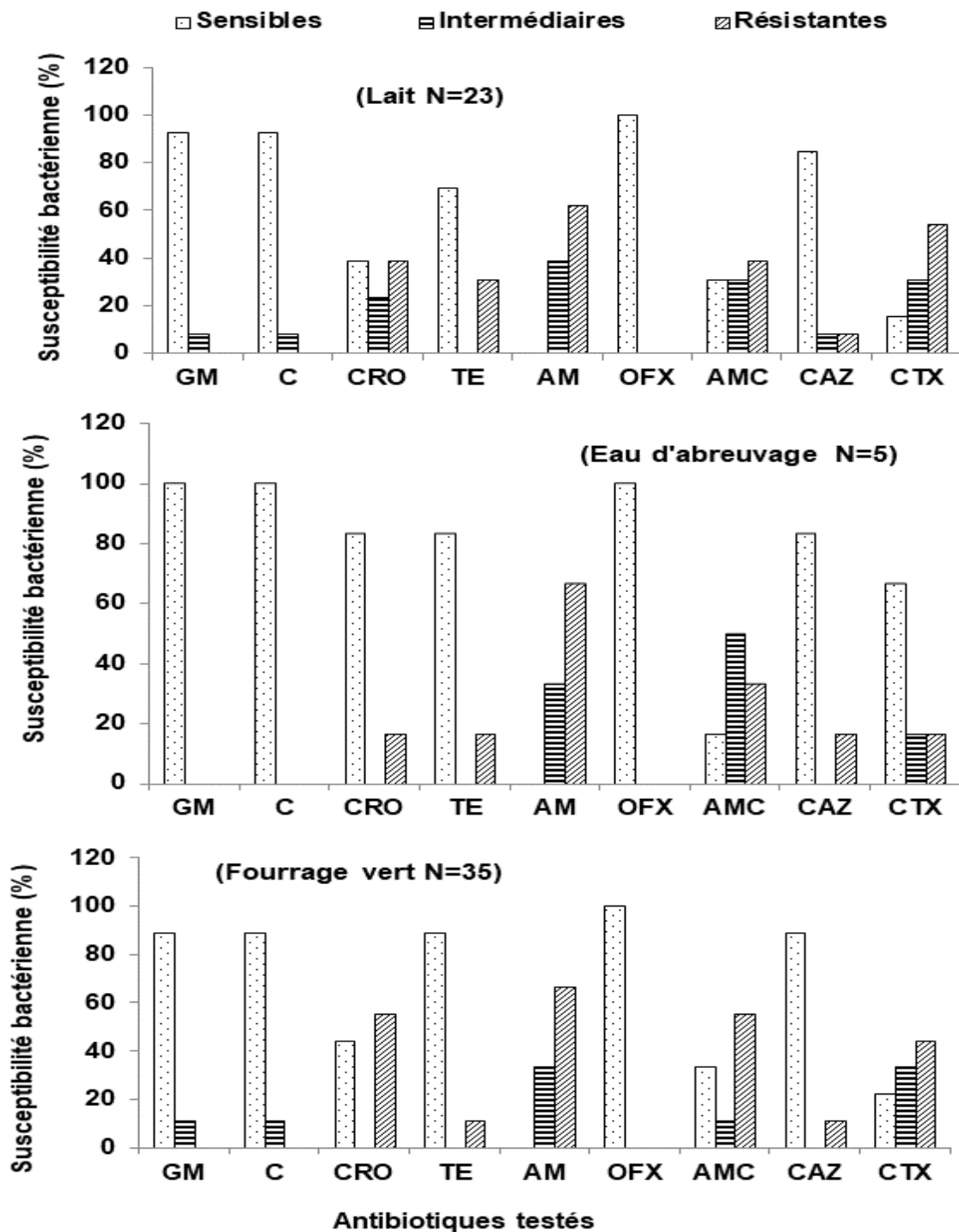


Figure 47 : Susceptibilité des souches de *Salmonella* sp. aux antibiotiques (GM: Gentamicine; C: Chloramphénicol; CRO: Ceftriaxone; TE: Tétracycline ; AM: Ampicilline; OFX: Ofloxacine; AMC: Amoxicilline/ Acide clavulanique ; CAZ: Ceftazidime; CTX: Cefotaxime)

La sensibilité dans le lait produit, l'eau d'abreuvement et le fourrage vert a été respectivement de 92, 100 et 89 % pour la gentamicine et le chloramphénicol, 85, 83 et 89 % pour la ceftazidime et 69, 83 et 89 % des isolats de *Salmonella* sp.

isolés du lait, l'eau d'abreuvement et le fourrage vert respectivement ont montré une résistance à l'ampicilline (Figure 47).

III-1-4-3- Susceptibilité aux antibiotiques des souches de *Brucella* sp.

La susceptibilité aux antibiotiques de *Brucella* sp. a été évaluée sur 48 souches isolées du lait et 57 souches isolées des eaux d'abreuvement. Une grande sensibilité des souches de *Brucella* sp. à l'azithromycine (89 et 88 %), à la doxycycline (89 et 100 %), à la ciprofloxacine (78 et 88 %), à la lévofloxacine (89 et 100 %), à la gentamicine (100 et 88 %), à la tétracycline (100 et 88 %) et à la triméthoprime/sulfaméthoxazole (100 et 88 %) a été observée dans le lait cru et dans l'eau d'abreuvement. Tous les isolats ont été sensibles à la streptomycine (100 %) et à la tétracycline (100 %) dans les deux biotopes. Un modèle de moindre sensibilité a été observé uniquement pour le chloramphénicol (33 et 38 %) dans les deux biotopes (Figure 48).

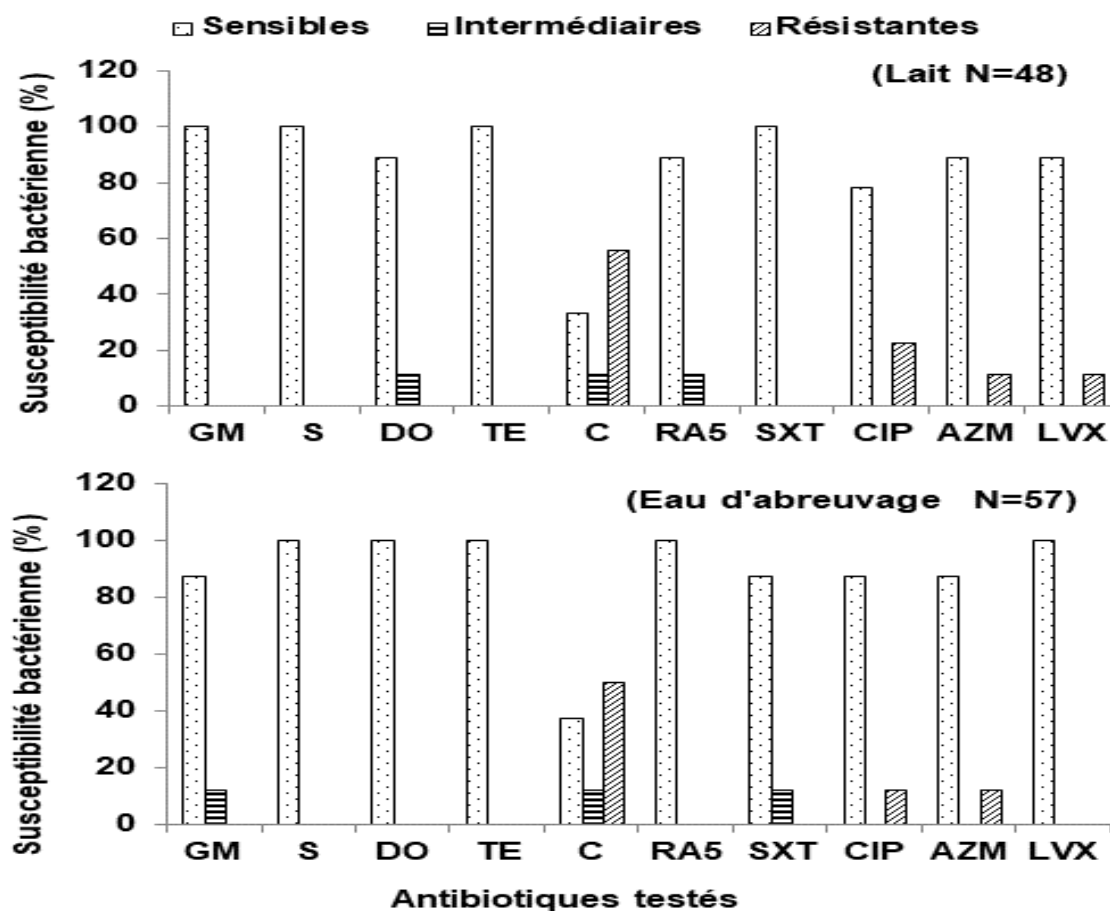


Figure 48 : Susceptibilité des souches de *Brucella* sp. aux antibiotiques (GM : Gentamicine; S : Streptomycine ; DO : Doxycycline; TE : Tétracycline ; C : Chloramphenicol; RA5 : Rifampicine; SXT : Triméthoprime/Sulfaméthoxazole; CIP : Ciprofloxacine; AZM : Azithromycine; LVX : Levofloxacine)

III-1-4-4- Comparaison de la sensibilité/résistance aux antibiotiques des souches étudiées

Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été notée sur la sensibilité des souches d'*E. coli* isolées du lait cru et de l'eau d'abreuvement d'une part et celles isolées du lait et fourrage vert d'autre part. La même observation a été faite sur la résistance pour cette bactérie lorsqu'elle est isolée du lait cru et du fourrage vert. Une différence de résistance des souches d'*E. coli* isolées du lait cru et du fourrage vert a été observée vis-à-vis de la tétracycline. Hors mis cette différence de résistance moindre, aucune autre différence de résistance n'a été observée (Tableau XXII).

Tableau XXII: Valeurs p du test T de Student pour deux proportions comparant les souches sensibles (S), intermédiaires (I) et résistantes (R) d'*Escherichia coli* isolées du lait cru et de l'eau d'abreuvement d'une part et du lait et fourrage vert d'autre part

Antibiotiques	Lait/Eau			Lait/Fourrage		
	Souches sensibles	Souches intermédiaires	Souches résistantes	Souches sensibles	Souches intermédiaires	Souches résistantes
AM	/	/	1,000	/	/	1,000
AMC	0,185	0,084	0,749	0,208	0,668	0,641
CTX	0,247	0,092	0,382	0,749	0,388	0,443
CAZ	0,185	0,749	0,539	0,208	0,668	0,641
CRO	0,198	/	0,198	0,443	0,388	0,246
OFX	0,185	/	0,185	0,110	0,388	0,208
GM	0,368	0,749	0,247	0,115	0,314	0,223
C	0,247	0,247	/	0,223	0,223	/
TE	0,361	0,185	0,864	0,208	0,208	0,035*

*: $p < 0,05$; AM: Ampicilline; AMC: Amoxicilline+ Acide Clavulanique; CTX: Cefotaxime; CAZ: Ceftazidime; CRO: Ceftriaxone; OFX: Ofloxacin; GM: Gentamicine; C: Chloramphénicol; TE: Tétracycline

Concernant les souches de *salmonella* sp. la seule différence significative ($p < 0,05$) observée a été faite vis-à-vis de la sensibilité à la cefotaxime. La sensibilité/résistance des souches de *salmonella* sp. n'a pas statistiquement différencié d'un échantillon à l'autre pour la plupart des antibiotiques (Tableau XXIII). Aucune différence de sensibilité/résistance ($p > 0,05$) des souches de *Brucella* sp. isolées du lait et de l'eau n'a été observée vis-à-vis des 10 antibiotiques testés (Tableau XXIV).

Tableau XXIII : Valeurs p du test T de Student pour deux proportions comparant les souches sensibles (S), intermédiaires (I) et résistantes (R) de *Salmonella* sp. isolées du lait cru et de l'eau d'abreuvement d'une part et du lait et fourrage vert d'autre part

Antibiotiques	Lait/Eau			Lait/Fourrage		
	Souches sensibles	Souches intermédiaires	Souches résistantes	Souches sensibles	Souches intermédiaires	Souches résistantes
AM	/	0,833	0,833	/	0,810	0,810
AMC	0,521	0,425	0,833	0,921	0,271	0,404
CTX	0,023*	0,521	0,129	0,673	0,921	0,645
CAZ	0,911	0,476	0,558	0,786	0,385	0,811
CRO	0,068	0,201	0,359	0,778	0,122	0,404
OFX	1,000	/	/	1,000	/	/
GM	0,476	0,476	/	0,811	0,811	/
C	0,476	0,476	/	0,811	0,811	/
TE	0,521	/	0,521	0,272	/	0,271

*: $p < 0,05$; AM: Ampicilline; AMC: Amoxicilline+Acide Clavulanique; CTX: Cefotaxime; CAZ: Ceftazidime; CRO: Ceftriaxone; OFX: Ofloxacin; GM: Gentamicine; C: Chloramphénicol; TE: Tétracycline

Tableau XXIV : Valeurs p du test T de Student pour deux proportions comparant les souches sensibles (S), intermédiaires (I) et résistantes (R) de *Brucella* sp. isolées du lait cru et de l'eau d'abreuvement des vaches

Antibiotiques	Lait/Eau		
	Souches sensibles	Souches intermédiaires	Souches résistantes
AZM	0,951	/	0,899
TE	1,000	/	/
DO	0,308	1,000	/
CIP	0,586	/	0,628
LVX	0,334	/	1,000
GM	0,343	1,000	/
RA5	0,308	1,000	/
SXT	0,343	1,000	/
C	0,830	0,899	0,805
S	1,000	/	/

AZM : Azithromycine; TE : Tétracycline; DO : Doxycycline; CIP : Ciprofloxacine; LVX : Levofloxacine; GM : Gentamicine; RA5 : Rifampicine; SXT : Triméthoprime/Sulfaméthoxazole; C : Chloramphénicol; S : Streptomycine

III-2- DISCUSSION

III-2-1- Caractéristiques des exploitations laitières enquêtées

III-2-1-1- Eleveurs et système d'élevage

La caractérisation des exploitants indique que plus de la moitié (61,18 %) ont suivi une formation. Ceci permet de donner une idée sur la capacité potentielle de l'éleveur à gérer et à améliorer la conduite de l'élevage. En effet, Dantas *et al.* (2016) dans l'État amazonien au Brésil signalent que dans les exploitations où le niveau d'éducation est élevé, l'adoption de nouvelles technologies de reproduction, la gestion des troupeaux et la gestion de la reproduction sont améliorées. Par ailleurs, les éleveurs de cette région sont relativement jeunes (62 %) ce qui assure un avenir prometteur à la filière laitière de cette région.

Trois systèmes d'élevage sont pratiqués dans la région : le système pastoral de type extensif qui domine dans la localité de Fouban et de Bangangté, le système semi-intensif dans l'arrondissement de Foubot et Koutaba, et le système intensif à Mbouda. Le système semi-intensif domine avec deux à quatre vaches par éleveurs (65,88 %). C'est le système d'élevage le plus adopté par le petit éleveur, car il lui permet de tirer le meilleur parti du fourrage vert tout en utilisant à bon escient des aliments concentrés aux moments importants de la production, par exemple, le dernier tiers de la période de gestation, la lactation et la période de post-sevrage. Les études réalisées par Blama *et al.* (2016) dans l'Extrême Nord du Cameroun et Kouamo et Pa-ana (2018) dans la Région du Nord Cameroun, rapportent que 66,6 % et 87 % des éleveurs respectivement interrogés pratiquent le système semi-intensif.

III-2-1-2- Production laitière

La quantité moyenne de lait produite dans la région a été de $1,66 \pm 0,4$ et $8,71 \pm 1,62$ l/jr/v chez les vaches de races locales et les vaches de races importées respectivement. La race produisant le plus de lait dans la région est la race importée Holstein. Les races locales, bien que présentant d'assez bonnes aptitudes, leurs performances en production laitière (PL) sont relativement faibles. L'utilisation de la race importée Holstein indique que, les agriculteurs de la Région de l'Ouest préfèrent les animaux à haut rendement pour améliorer la PL. Cela confirme leur volonté d'augmenter leur rendement laitier. En effet, les races Holstein, en dépit de leur adaptation relativement difficile, ont une meilleure PL et de meilleurs paramètres de reproduction (24 mois pour la maturité sexuelle) que les races locales (36 mois) (Nsangou *et al.*, 2021).

III-2-1-3- Ration alimentaire du bétail

Les bovins laitiers de la région sont nourris pour la plupart des pâturages naturels (PN) cueillis ou après avoir parcouru de longues distances. Ce pâturage naturel est relativement riche en graminées et légumineuses. En effet, la savane péri-forestière de la Région de l'Ouest est dominée par des pâturages très diversifiées et riches en graminées et légumineuses (Nkalih Mefire, 2016).

Par ailleurs, les éleveurs se servent des compléments divers provenant de l'exploitation agricole, des résidus de culture, des déchets de cuisine, des graines, des feuilles d'arbres et des fruits et des fanes de légumineuses pour nourrir les bovins surtout pendant la saison sèche où l'herbe est rare. En effet couper de l'herbe pour les vaches est fastidieux dans les systèmes semi-intensif et intensif. Ainsi, les agriculteurs impliqués dans la culture nourrissent davantage le bétail de résidus de récolte. D'après, Rojas-Downing *et al.* (2017), l'utilisation de compléments alimentaires atténue la fermentation entérique, par conséquent l'émission des gaz à effet de serre.

Plus de la moitié des éleveurs donnent des compléments alimentaires aux bétails. Ces compléments alimentaires sont le plus souvent composés de maïs, son de blé, son de riz, tourteau de soja, tourteau de palmiste, tourteau de coton, concentré porc, cendre d'os, sel de table et sel gemme. La crainte ici est que ces agriculteurs dépendent davantage des compléments aux dépens de l'herbe. Or les fourrages sont des aliments riches en fibres qui sont essentiels pour la santé de l'animal. Les compléments par contre sont en général riches en énergie provenant des sucres de réserves mais pauvre en fibres (Ettian *et al.*, 2018). Il est donc nécessaire de continuer à encourager les agriculteurs à cultiver de l'herbe et des légumineuses améliorées.

III-2-1-4- Eau d'abreuvement des bovins

La ressource hydrique utilisée pour l'abreuvement du bétail dans la région est pour la plupart constituée des puits aménagés. Ceci est probablement lié à l'hydrogéologie de la région.

En effet, la région présente deux types d'aquifères sous-jacents qui fonctionnent en tant que système bicouche : un aquifère supérieur continu (aquifère libre) développé sur la saprolite, généralement utilisé pour les puits et les forages. L'aquifère discontinu fissuré (aquifère confiné) du sous-sol qui est utilisé uniquement pour les forages (Mfonka *et al.*, 2021). Malheureusement ces eaux ne sont pas toujours assurées en termes de qualité. Les terrains de la zone d'étude sont composés d'argiles, de sables et de limons comme composantes majeures. La perméabilité de l'ensemble est faible. La pollution se propage lentement dans les aquifères des terrains métamorphiques constitués de gneiss (Mba *et al.*, 2019).

III-2-1-5- Conduite de la traite

Dans la région, la traite s'effectue manuellement dans la majorité des exploitations. Au moment de traire le lait, tout se passe à l'air libre. La traite du lait se fait par usage des méthodes traditionnelles/artisanales. Ces méthodes pourraient avoir des incidences marquées sur la qualité du lait. En effet, la production du lait de bonne qualité exige l'application régulière d'un certain nombre de règles d'hygiène au niveau des fermes (Kaouche-Adjlane et Mati, 2017 ; Habtamu Lemma *et al.*, 2018). Lorsque ces conditions ne sont pas respectées, de nombreux microorganismes peuvent proliférer et conduire à un lait de qualité douteuse (Maïworé *et al.*, 2018a). Par ailleurs, la bonne qualité des produits facilite la commercialisation et est une nécessité pour intensifier la production et atteindre la sécurité alimentaire (Francesconi et Ruerd, 2012).

III-2-1-6- Devenir du lait cru produit

La majeure partie du lait produit dans la Région de l'Ouest est vendue directement aux consommateurs par le biais de canaux de marchés informels. Cependant ces petits exploitants agricoles n'ont pas la capacité de fournir suffisamment de lait cru pour répondre à la demande. Ils sont confrontés à des contraintes de production et de commercialisation, notamment des fluctuations dans les quantités offertes, le manque de stockage, d'installations de traitement, de transport, de livraison de lait dans des zones commerciales.

Par ailleurs, la commercialisation de ces laits s'accompagne souvent d'une transformation à domicile. En effet, ces produits dérivés font partie intégrante du régime alimentaire des populations de ces localités. De nombreuses études scientifiques ont montré que les produits laitiers préparés traditionnellement à partir du lait cru ont des saveurs typiques et des qualités nutritionnelles de plus en plus recherchées par le consommateur (Lairini *et al.*, 2014 ; Mani-lópez *et al.*, 2014).

III-2-1-7- Défis de la gestion laitière

Selon les observations faites et les réponses des producteurs laitiers, les principaux défis étaient liés à l'insuffisance du cheptel, à la santé, à la reproduction, aux ressources alimentaires, aux connaissances insuffisantes en matière d'hygiène, de traitement de maladies et de conservation du lait.

En raison de l'empiétement des pâturages par les agriculteurs, les producteurs laitiers de la région se retrouvent avec des pâturages limités. Ils manquent également de connaissances sur la bonne composition des aliments pour animaux. De plus, les agriculteurs trouvent le coût du

concentré élevé et le système de coupe et de transport fastidieux. Dans certains endroits, les médicaments et les services vétérinaires n'étaient pas toujours disponibles. Les ressources limitées du gouvernement pour mettre en œuvre des programmes de vaccination et les ressources limitées des agriculteurs pour se permettre des mesures préventives, rend le bétail vulnérable aux maladies infectieuses. Des connaissances insuffisantes en matière de traitement, de conservation et de stockage du lait ont également été notées. En effet, de nombreux agriculteurs se sont plaints de la dégradation de leur lait en peu de temps. Le transport du lait a aussi été l'un des problèmes auxquels étaient confrontés les agriculteurs. Dans le système traditionnel avec de grands troupeaux, les vaches individuelles ont une production quotidienne faible, mais les agriculteurs pouvaient traire un grand nombre d'animaux pour obtenir une bonne quantité de lait par troupeau. Malheureusement, ces fermes sont généralement loin du marché, le lait se gâte facilement pendant le transport. Cependant, dans les systèmes périurbains semi-intensifs, où le problème de la commercialisation est réduit, les agriculteurs se plaignaient du nombre limité de vaches laitières de bonnes races. Cela montre leur désir d'améliorer la production. En effet, une mauvaise gestion de la reproduction a été observée dans la région. Les agriculteurs utilisant l'insémination artificielle ne disposaient pas toujours de sperme ou de taureaux de races importées. Par ailleurs de nombreux habitats d'élevage étaient en mauvais état et de mauvaise qualité.

III-2-1-8- Typologique des exploitations laitières de la région de l'Ouest

La région regorge d'exploitation agricole individuelle EAI (97,6 %) contre une d'exploitation agricole collective et une exploitation institutionnelle de l'état (EIE), ce qui laisse penser à une absence presque totale d'une dynamique associative. Ce constat pourrait justifier le faible niveau de productivité enregistré dans les EAI, qui gagneraient énormément par le partage d'expérience et échange d'informations dans un groupe d'intérêt commun.

Le système d'élevage a influencé ($p < 0,001$) significativement la production laitière journalière. On a enregistré 17 ; 8,57 et 1,66 litres de lait respectivement dans le système intensif, semi-intensif et extensif. En effet, dans le système extensif, les vaches qui sont généralement de race locale (Goudali, White fulani et Red fulani) sont élevées dans des étables à stabulation entravée sans litière. Le régime alimentaire est principalement basé sur du foin grossier, sans équipement spécialisé ni calcul des rations alimentaires. Les prairies, tant permanentes que temporaires, constituent une source importante de foin. La ration n'est pas uniforme dans ce système d'alimentation. Elle est généralement difficile à équilibrer, et pour cette raison, les rendements laitiers élevés sont difficiles à atteindre.

Le rendement laitier plus élevé obtenu dans le système intensif serait très probablement la conséquence d'une alimentation plus équilibrée par rapport aux fermes à système semi-intensif, où les régimes ne sont pas toujours équilibrés. Król *et al.* (2016), ont démontré que les systèmes de production laitière extensive et semi-intensive ne satisfaisaient pas entièrement les besoins en nutriments des vaches. Par ailleurs, les races importées Holstein retrouvées dans le système intensif et semi-intensif, sont meilleures pour la production laitière. Ainsi, l'insémination artificielle est un bon moyen d'augmenter la production laitière des vaches locales grâce au progrès génétique de taureaux sélectionnés tout en préservant l'adaptabilité naturelle de ces races. En effet, selon Hernández-Castellano *et al.* (2019), la sélection et l'utilisation de races laitières adaptables à des régions tropicales spécifiques seront essentielles pour la production laitière sous les tropiques.

La corrélation obtenue entre les systèmes d'élevage et la production laitière est en partie liée à la propreté des vaches, des étables et enclos. Dans la Région de l'Ouest Cameroun, la production de lait cru, est dominée par le secteur informel à travers de petites exploitations. Les vaches sont en effet élevées dans les enclos disséminés en zone périphérique de la ville. En général, ces fermes sont mal entretenues et ne sont pas constamment nettoyées. L'état des vaches est jugé très souillé dans le système extensif et souillé dans le système semi-intensif. En effet, le renouvellement de la litière ne s'effectue qu'après accumulation dans les systèmes extensifs. Contrairement aux deux autres systèmes qui procèdent au renouvellement de la litière et à la désinfection du bâtiment.

Une corrélation a été observée entre la formation reçue et la production laitière ($p < 0,001$). La production moyenne journalière enregistrée dans les exploitations des enquêtés ayant reçu une formation a été significativement plus élevée (8,57 litres) que chez ceux n'ayant reçu aucune formation (2,95 litres), soit une différence de production de 5,62 litres. En effet 38,8 % d'enquêtés n'ayant aucune formation pratiquent le système extensif où la race locale est au centre. Par contre, ceux qui ont reçu une formation (technicien agricole, ingénieur agronome, infirmier vétérinaire et vétérinaire) utilisent plus le système semi-intensif et intensif (61,2 %) en utilisant les races exotiques. La fragilité et la susceptibilité des races exotiques aux maladies et parasites expliqueraient cette nécessité de se former avant de se lancer dans l'élevage semi-intensif des races exotiques. En outre, les éleveurs du système extensif ont le mérite d'avoir choisi les animaux (Goudali, White fulani et Red fulani) rustiques et adaptés aux conditions géoclimatiques de cette zone agro écologique du Cameroun. Il est donc important de vulgariser davantage les résultats des recherches auprès d'un grand nombre d'éleveur, mais également de

penser à une amélioration de la productivité des races locales à travers les croisements avec les races exotiques plus productives.

III-2-2- Qualité physicochimique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches et, du lait cru produit

III-2-2-1- Qualité physicochimique de l'eau d'abreuvement

Le niveau de pH accepté pour l'eau de boisson des bovins est de 6-8 UC (ANSES, 2010). Le pH des eaux d'abreuvement de la région d'étude a varié de 6,21 UC à 6,81 UC. Ces eaux sont douces. La différence entre les pH obtenus pourrait s'expliquer par la nature géologique des formations aquifères et des terrains traversés. En effet, la physicochimie des eaux est non seulement influencée par la nature du terrain mais aussi par les différents processus hydrochimiques entre les éléments présents dans les aquifères : interaction eau-roche, l'évapotranspiration/la cristallisation tels que démontré par Njueya *et al.* (2012) à l'issue de leurs travaux dans le bassin sédimentaire de Douala mais aussi par l'impact anthropique provenant de la surface tel que soutenu par Moussa *et al.* (2018) et Mfonka *et al.* (2021) à la suite d'une investigation géochimique et bactériologique des eaux de surface et souterraines du plateau Bamoun (Ouest Cameroun).

Les valeurs de la turbidité ont varié 8,66 FTU à 23,66 FTU. Ce qui traduit la présence de particules en suspension dans l'eau d'abreuvement des vaches. Les valeurs acceptables de l'eau destinée à la consommation des vaches doit être ≤ 10 FTU (ANSES, 2010). La couleur a oscillé entre 24,5 et 150,33 Pt.Co. La valeur acceptable de la couleur de l'eau destinée à la consommation des vaches doit être ≤ 15 Pt.Co (ANSES, 2010). Les concentrations moyennes relativement élevées observées au niveau de tous les sites d'échantillonnage pourraient s'expliquer par la présence d'un sol qui offre de bonnes teneurs en matière organique et des réserves minérales relativement élevées tel que décrit par Mfonka *et al.* (2021). En effet, la couleur résulte de l'extraction des matières organiques en décomposition, ainsi que de la dissolution de certains ions tels que le Fe, Mn et Cu (Gonfa *et al.*, 2019).

Les valeurs du Ca^{2+} des eaux d'abreuvement de la région ont varié de 14,66 à 66 mg/l. Le Mg^{2+} a oscillé entre 7 et 34,33 mg/l. Ces résultats montrent une faible minéralisation des eaux étudiées. Ces valeurs ont été dans les normes recommandées (< 1000 mg/l pour le Ca^{2+} et < 500 mg/l pour le Mg^{2+}) (ANSES, 2010). Les faibles concentrations de Calcium et de Magnésium indiquent que nous sommes en présence d'eaux douces. Ces résultats sont similaires à ceux de Mfonka *et al.* (2021) qui ont par ailleurs montré que ces faibles concentrations observées seraient

liées à l'interaction eau-roche qui n'a pas encore atteint son équilibre dans les eaux souterraines de la région.

III-2-2-2- Qualité physicochimique du fourrage vert consommé par les vaches

Il a été observé une teneur moyenne en Ca^{2+} de l'ordre de 1673 mg/kg et en Mg^{2+} de 1912 mg/kg. Ces valeurs sont conformes aux normes de l'INRA (2010), concernant la qualité du fourrage des bovins (Ca^{2+} : 1000-3000 mg/kg et Mg^{2+} : 1000-4000 mg/kg). Les ressources pastorales utilisées pour l'alimentation du bétail dans la Région de l'Ouest Cameroun sont principalement les graminées fourragères et les légumineuses. Ce fourrage vert serait relativement riche en Calcium et de Magnésium.

En effet, selon Brodziak *et al.* (2021), le fourrage vert de graminées et légumineuses présente des teneurs en matière sèche élevées et d'importantes sources de protéines, de lipides, de glucides et d'éléments minéraux. Par ailleurs, ces plantes fourragères constituent une source importante de matières organiques qui apportent quotidiennement une bonne dose de cellulose (Ettian *et al.*, 2018). Les fibres alimentaires sont indispensables en nutrition des vaches, par leurs caractéristiques physiques, chimiques et minérales. Ces fibres influencent la consommation alimentaire, la santé digestive, l'efficacité alimentaire et les performances de production des animaux en élevage (Ettian *et al.*, 2018).

Par ailleurs, les résultats obtenus font ressortir des différences entre les sites qui seraient attribuables aux concentrations en éléments minéraux du sol. En effet, Gagnon *et al.* (2003) ont rapporté une relation entre les cations du sol et les caractéristiques des plantes à partir d'une étude sur la variabilité spatiale du sol dans un champ de fourrage. Les caractéristiques minérales du fourrage vert sont liées aux propriétés du sol. Les teneurs spatiales relativement élevées observées dans certaines exploitations suggèrent une source anthropique (habitudes de fertilisation des sols).

Effet, dans les hauts plateaux de l'Ouest Cameroun, l'effet combiné des pratiques culturales ancestrales (billonnage suivant la plus forte pente et culture à plat), de la forte pluviosité, du relief et du type de sol (sols ferrallitiques), favorise différentes formes d'érosion hydrique, entraînant la dégradation des sols et la baisse du potentiel de production agricole d'où la forte utilisation des engrais. La majorité des agriculteurs utilisent des fortes quantités des déchets d'animaux provenant de l'élevage, des engrais chimiques et des produits phytosanitaires pour améliorer leurs productions. La fertilité du sol est donc augmentée en utilisant des engrais minéraux enrichis de microéléments (Djoukeng, 2016). Or, la fraction minérale présente dans la solution du sol est immédiatement disponible pour la plante (Whitehead, 2000). Les ions se

déplacent du sol jusqu'à la surface des racines par la combinaison de mouvement de masse et de diffusion. De plus, des études détaillées sur l'absorption de cations ont démontré que le taux de prélèvement par les plantes est fonction de la concentration en ces éléments dans les premiers centimètres de sol (Whitehead, 2000).

Les plus grandes valeurs de Ca^{2+} et Mg^{2+} dans le fourrage vert servi aux vaches ont été obtenues en décembre et février, correspondant à la saison sèche. Les valeurs moyennes les plus basses ont été obtenues pendant la saison de pluie (avril). Ce qui suggère une alimentation fourragère relativement plus riche en minéraux pendant la saison sèche. En effet en saison sèche, le pâturage naturel riche en graminées se fait rare et les éleveurs ont recours au pâturage cultivé riche en légumineuses. Et les légumineuses contiennent plus de minéraux que les graminées (Delaby et Horan, 2021). En effet, les graminées et les légumineuses diffèrent par leur développement racinaire et les différences dans leur concentration minérale sont, pour la plupart des éléments influencés par l'approvisionnement du sol. Les graminées ont un système racinaire fibreux et les légumineuses ont pour la plupart des racines pivotantes (Whitehead, 2000). Ainsi, les légumineuses ont tendance à être plus efficaces pour absorber les minéraux du sol que les graminées (Delaby et Horan, 2021). Et d'après, Cuvelier et Dufrasne (2015), la qualité du fourrage est souvent médiocre lorsqu'il est récolté en conditions de pluie.

III-2-2-3- Qualité physicochimique du lait cru produit

Le Potentiel Hydrogène (pH), la matière sèche et la densité du lait cru produit ont présenté de faibles variations. L'acidité titrable a relativement varié. Cependant, les plus fortes variabilités ont été enregistrées pour les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} .

Les valeurs de pH des échantillons de lait ont varié de 6,1 et 6,42 UC. Tous les échantillons de lait analysés ont eu un pH légèrement inférieur à la norme (6,5-6,7 UC). Ceci serait lié à l'augmentation après la traite du taux de caséines et de phosphates qu'il renferme. L'acidité titrable a été dans les normes à quelques exceptions. Elle a varié de 14 à 18 °D. La teneur du lait en matière sèche a varié de 126,36 à 128,48 g/l. Tous les échantillons de lait ont affiché des teneurs en matière sèche conformes à la norme recommandée. Les mesures de la densité du lait analysé ont indiqué une valeur moyenne de 1,031 g/cm³ conforme aux normes (1030-1040 g/cm³) (Chandan et Kilara, 2010). Les moyennes de la densité trouvées sont considérées comme le résultat, d'une part, de la matière sèche et d'autre part, de l'acidité du lait analysé. La densité du lait est donc liée à sa richesse en matière sèche et à l'ensemble de ses constituants acides.

La concentration de Ca^{2+} dans le lait a été de 1215,87 mg/l, et elle était dans la plage physiologique normale (1000-1400 mg/l) (Litwinczuk *et al.*, 2004). Or, une surveillance des teneurs en Calcium du lait cru des vaches Holstein à Moscou de 2000 à 2017 a eu à révéler des teneurs allant de 700 à 1100 mg/l pour une moyenne de 801 mg/l (Kandinskaya *et al.*, 2019). Le lait de vache de la Région de l'Ouest est donc relativement riche en Calcium. Les teneurs relativement basses en Ca^{2+} du lait (523,66 mg/l) observées dans les troupeaux de bovins laitiers de la localité de Mbouda (M), serait probablement lié au système de production intensif de cette exploitation basé sur l'herbe conservée et aux quantités relativement élevées de concentrés donnés par rapport aux autres exploitations. En effet, Gabryszuk *et al.* (2010) ont démontré que la teneur en Ca^{2+} du lait des vaches élevées dans une ferme de système intensif n'était que de 537,4 mg/l.

La teneur moyenne en Mg^{2+} du lait a atteint 160,41mg/l, et elle était légèrement supérieure aux limites de référence inférieures (100-150 mg/l) (Litwinczuk *et al.*, 2004). Le lait des vaches de la Région de l'Ouest est relativement riche en Mg^{2+} . En effet, le lait produit dans des exploitations à faible consommation d'intrants présente des concentrations plus élevées en Ca^{2+} et Mg^{2+} (król *et al.*, 2016 ; Nogalska *et al.*, 2020).

La qualité minéralogique du lait a été sensible aux variations saisonnières. Les teneurs de Ca^{2+} et Mg^{2+} ont inscrit leurs valeurs les plus élevées en décembre et février (saison sèche) et les plus basses en avril (début saison des pluies). Les variations saisonnières observées seraient due aux conditions climatiques et aux changements de ration. Cette variation est liée à la photopériode et aux modifications hormonales (prolactinémie notamment) qu'elle entraîne. En effet, les vaches exposées à des températures élevées réduisent leur production de lait et, par conséquent, les composantes du lait augmentent. Le stress thermique altère la fonction des cellules mammaires. En réponse, la glande mammaire s'efforce de maintenir l'intégrité de la jonction cellule à cellule en synthétisant davantage de protéines pour compenser les pertes de protéines induites par le stress thermique (Blanco-Penedo *et al.*, 2020). Or, les concentrations de Calcium et de Magnésium suivent les mêmes courbes en lactation que les protéines. Par ailleurs, la saison agirait également par le biais de l'alimentation (caractéristique et disponibilités alimentaires) (Bouamra *et al.*, 2019). Et d'après Milis *et al.* (2018) la composition du lait est liée à la composition minéralogique et à la disponibilité du fourrage de base distribué. Et, il a été démontré une alimentation fourragère plus riche en minéraux pendant la saison sèche dans la Région de l'Ouest Cameroun. Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par Matallah *et al.* (2015). Ceux-ci rapportent que la mise à l'herbe s'accompagne de modifications importantes de la composition du lait. Ce phénomène a été aussi signalé par Kaouche-Adjlane et Mati (2017)

dans l'étude menée dans la région médio-septentrionale d'Algérie sur les 144 échantillons de lait cru de mélange.

III-2-2-4- Relations entre les paramètres physicochimiques de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et ceux du lait cru produit

III-2-2-4-1- Relations entre les paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement et ceux du lait produit

La turbidité, la couleur et le calcium de l'eau d'abreuvement ont eu une influence significative et positive sur le pH, l'acidité titrable et la matière sèche du lait cru produit ($p < 0,01$ et $p < 0,05$). Cela suggère que, les paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement influencent ceux du lait cru produit. En effet, l'eau est un nutriment vital impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption. De plus, c'est un constituant qui passe directement du sang à la lumière des acini à travers les cellules lactogènes de l'épithélium mammaire (Brodziak *et al.*, 2018).

Par contre des corrélations négatives et significatives ont été observées entre le taux de Mg^{2+} contenu dans l'eau d'abreuvement et les teneurs du pH, matière sèche et densité du lait produit ($p < 0,01$). Les teneurs en Mg^{2+} contenues dans l'eau d'abreuvement agiraient sûrement au niveau du pH ruménal en provoquant une acidose, entraînant ainsi une diminution du pH, de la matière sèche et de la densité du lait cru produit comme décrit par Brocard *et al.* (2020).

Par ailleurs, les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} de l'eau d'abreuvement n'ont pas eu d'effet significatif sur les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} du lait produit. Ceci pourrait être dû à la faible minéralisation des eaux étudiées. En effet, des chercheurs signalent que la teneur en macroéléments et en oligoéléments du lait dépend de la teneur de ces éléments dans les aliments (Dobrzanski *et al.*, 2005 ; Malbe *et al.*, 2010). La qualité physicochimique de l'eau d'abreuvement affecte partiellement la qualité du lait produit. Les limites supérieures de la ration doivent donc tenir compte de la qualité de l'eau bue par le bétail.

III-2-2-4-2- Relations entre les paramètres physicochimiques du fourrage vert consommé par les vaches et ceux du lait produit

Des corrélations significatives et positives ($p < 0,01$) ont été observées entre les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} du fourrage vert consommé par les vaches et les teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} du lait cru produit. Cela suggère que l'augmentation des teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} contenues dans le fourrage vert favoriserait une hausse de Ca^{2+} et Mg^{2+} dans le lait cru produit. L'alimentation affecte ainsi la teneur en minéraux du lait. En effet, la variation la plus importante de la teneur en

minéraux du lait est déterminée par des facteurs environnementaux, notamment le système d'alimentation des vaches (INRA, 2010). La teneur en minéraux du lait dépend principalement de leur concentration dans le fourrage, qui à son tour est associée aux conditions pédologiques et climatiques locales (Brodziak *et al.*, 2021). Le pâturage biologique constitue la ration de base des bovins laitiers de la Région de l'Ouest. Ce pâturage biologique se distingue par une grande biodiversité (nombreuses espèces de graminées et de légumineuses) relativement riche en Calcium et Magnésium. Ces minéraux passeraient directement du sang à la lumière des acini à travers les cellules lactogènes de l'épithélium mammaire (Brodziak *et al.*, 2018). Et d'après certains auteurs, la teneur en minéraux dans le lait dépend principalement de leur concentration dans le fourrage (Brodziak *et al.*, 2021).

Par ailleurs, les teneurs en Calcium et Magnésium contenues dans le fourrage vert ont influencé significativement et négativement le pH, l'acidité titrable, la matière sèche et la densité du lait produit ($p < 0,01$). Cela suggère que l'administration d'une ration riche en Ca^{2+} et Mg^{2+} entraîne une diminution du pH, acidité, matière sèche et densité du lait cru produit. Cela pourrait être dû au fait que l'augmentation des teneurs en Calcium et Magnésium dans l'alimentation des bovins laitiers réduit le pH ruménal ce qui entraîne une acidose. Cette acidose affecte les fonctions du rumen en diminuant la prise alimentaire et la digestion des fibres et aussi en inhibant la synthèse de la protéine microbienne. Ces modifications entraînent une baisse des teneurs en matière grasse du lait. Or, la matière grasse du lait varie dans le même sens que la richesse en matière sèche et la densité du lait. Et il a aussi été rapporté que l'acidité globale du lait cru repose sur l'ensemble des constituants acides et de la matière sèche. Ce mécanisme d'acidose ruménale a été mis en évidence par Brocard *et al.* (2010) qui ont montré que l'accroissement de la teneur en amidon dans la ration des bovins laitiers réduit le pH ruménal. L'augmentation des teneurs en Calcium et en Magnésium (étant des acides) du fourrage vert aurait donc un pouvoir acidogène dans le rumen des bovins. Par conséquent, il serait primordial de veiller à un apport en Ca^{2+} et Mg^{2+} suffisant et adéquat dans la ration des bovins laitiers.

III-2-3- Qualité microbiologique de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert consommé par les vaches, et du lait cru produit

III-2-3-1- Qualité microbiologique de l'eau d'abreuvement

Les échantillons d'eau prélevés ont présenté une charge en BHAM qui a varié de $4,6 \times 10^6$ à $5,8 \times 10^7$ UFC/ml. Les valeurs obtenues sont supérieures à la norme (< 1000 UFC/ml) (ANSES, 2010). Les BHAM constituent le groupe de bactérie pour lesquelles les numérations les plus

importantes ont été relevées. En effet, d'après Santé Canada (2015), le dénombrement de la flore bactérienne aérobie, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale.

La concentration moyenne en coliformes totaux a fluctué entre 2×10^6 et $2,9 \times 10^7$ UFC/ml. La numération d'*E. coli* a montré que les eaux étudiées renferment des concentrations moyennes allant de $4,7 \times 10^5$ à $1,7 \times 10^7$ UFC/ml. Les eaux d'abreuvement de la Région de l'Ouest ont montré des valeurs supérieures aux normes (< 100 UFC/ml pour les coliformes totaux et < 10 UFC/ml pour *E. coli*) (ANSES, 2010). Les concentrations très élevées pourraient être expliquées par la présence d'une source de pollution microbienne due à l'accumulation des matières fécales (fumier utilisé dans l'agriculture, excréments des animaux et des hommes) qui se retrouvent dans l'eau des rivières et dans les puits suite à la mauvaise protection. Elles pourraient également être due à une diffusion par infiltration ou par diffusion latérale à travers les porosités du sol des eaux souillées, leur ruissellement, ou encore à une contamination directe de la nappe d'eau par des objets souillés. Les coliformes sont considérés parmi les indicateurs de contamination fécale de l'eau les plus couramment et fréquemment utilisés dans l'évaluation des risques sanitaire (Nola *et al.*, 2006). Ces indicateurs sont considérés comme des « indicateurs pathogènes » en raison des risques accrus de maladies gastro-intestinales, des maladies respiratoires associées à l'infection des voies urinaires, des mammites et de nombreuses autres infections généralement mortelles (Umar *et al.*, 2014 ; Bodering *et al.*, 2018).

Les concentrations des *Salmonella* sp. ont varié de 0 à $8,3 \times 10^3$ UFC/ml. Les exploitations laitières FN2, FN3, FN5, KT1, KT3, KT4, KT5, FT ont eu des valeurs acceptables sur les six périodes de prélèvement (0 UFC/ml). Sa présence dans les exploitations M, KT2, FN1, FN4 reflète la gravité de l'état de pollution de ces eaux. *Salmonella* sp. est une bactérie d'un très grand intérêt sanitaire du fait de sa virulence et, de sa résistance à de nombreux traitements (Kashosi *et al.*, 2018). Selon Jajere (2019), au niveau bactériologique, c'est le risque de salmonellose qui représente le premier danger dans un élevage. En effet, les salmonelloses ont une importance considérable dans le domaine vétérinaire. Ceci est attribuable aux pertes économiques imputables aux chutes de reproduction et aux coûts induits par les méthodes de prévention et leur suivi ainsi que par la forte incidence des toxi-infections alimentaires chez le consommateur (Bodering *et al.*, 2018).

Brucella sp. a varié 4×10^6 à $1,3 \times 10^7$ UFC/ml dans les eaux étudiées. Les *Brucella* sont des bactéries intracellulaires facultatives qui peuvent survivre plus de deux mois dans l'eau à 20°C et se répliquer (Whatmore *et al.*, 2014 ; ANSES, 2020). Le nombre très important de ces germes pourrait s'expliquer en partie par une décharge bactérienne massive des bovins lors des mises-bas, contaminant ainsi les sols et l'eau. Le réservoir des brucelles est essentiellement

animal. La source majeure de contamination est représentée par les sécrétions du tractus génital femelle, en particulier le placenta, les fluides fœtaux et les écoulements vaginaux suite à un avortement ou une mise-bas à terme des bovins (Umar *et al.*, 2014).

La moyenne des lactobacilles, levures et moisissures a été de $7,3 \times 10^6$ UFC/ml, $7,4 \times 10^6$ UFC/ml et $1,7 \times 10^4$ UFC/ml respectivement. En effet, le nombre d'unité formant colonie (UFC) des levures et champignons peuvent aller jusqu'à 10^6 UFC/ml dans les eaux souterraines et jusqu'à 10^7 UFC/ml dans l'eau superficielle. Leur croissance étant influencée par un ensemble de conditions notamment la température, le pH, l'activité de l'eau et la présence des nutriments (Dalcanton *et al.*, 2018). Il en ressort une mauvaise qualité microbiologique des eaux d'abreuvement de la Région de l'Ouest Cameroun.

Une augmentation des abondances microbiennes pendant le mois d'avril (début saison de pluie) a été observée. Ce sont les eaux de février (saison sèche) qui ont enregistré le moins d'abondances cellulaires. Une corrélation a été établie entre la saison et les variables microbiologiques de l'eau d'abreuvement analysées. Les microorganismes ayant tendance à se développer davantage en saison pluvieuse. Ce qui suggère que la pluviométrie ou l'augmentation de l'épaisseur de la colonne d'eau favoriserait une hausse significative des abondances cellulaires. En effet par temps de pluies, les eaux de ruissellement se chargent de bactéries du sol et des eaux usées dans les régions où l'assainissement est faible ou inexistant, et s'infiltrent dans le sol pour recharger la nappe sous-jacente. Cette infiltration peut multiplier la charge bactérienne des eaux souterraines et superficielles d'un facteur de 100 durant les précipitations (Curriero *et al.*, 2001).

D'après Codex Alimentarius (2021), la pluie et les eaux de ruissellement sont responsables de la dissémination des polluants dans l'environnement. En effet, le sol peut être un réservoir pour les germes pathogènes. Ces germes circulent relativement peu dans les sols or, en saison des pluies lors des infiltrations des eaux de ruissellement, ces germes peuvent se retrouver dans les nappes et les eaux de surface. Ce transfert des microorganismes vers les nappes ou les eaux de surface dépend de la nature des sols (Mba *et al.*, 2019). Cela suggère que, ce sont les propriétés hydrodynamiques des sols, leur capacité à retenir l'eau, leur sensibilité au ruissellement qui déterminent le potentiel de transfert des bactéries. Les risques de transferts verticaux et de contamination des nappes sont d'autant plus importants que l'eau circule rapidement au travers des sols. Ce qui est le cas pour les sols superficiels filtrants et fissurés de la Région de l'Ouest. En effet, les terrains de la zone d'étude sont composés d'argiles, de sables et de limons comme composantes majeures. La perméabilité de l'ensemble est faible. La pollution se propage lentement dans les aquifères des terrains métamorphiques constitués de gneiss. Ces

zones sont les parties ayant les cotes piézométriques les plus élevées de la surface piézométrique et sont alimentées principalement par l'infiltration des eaux (Mfonka *et al.*, 2021).

Par ailleurs, la baisse d'abondances cellulaires observée après ce mois d'avril suggère que les populations bactériennes ne survivent pas très longtemps lorsque le sol est saturé en eau. En effet, le temps moyen nécessaire à une réduction de 95 % des populations de bactéries est de 53 jours lorsque le sol est saturé en eau (Trevisan *et al.*, 2001).

III-2-3-2- Qualité microbiologique du fourrage vert consommé par les vaches

Le dénombrement des colonies microbiennes dans le fourrage vert a révélé des moyennes cellulaires de $3,2 \times 10^8$ UFC/g pour les BHAM, $4,4 \times 10^7$ UFC/g pour les coliformes totaux, $3,1 \times 10^5$ UFC/g pour *Escherichia coli*, $9,4 \times 10^6$ UFC/g pour le genre *Salmonella* sp., $3,7 \times 10^7$ UFC/g pour les lactobacilles, $6,3 \times 10^7$ UFC/g pour les levures et $5,7 \times 10^5$ UFC/g pour les moisissures. Or, le seuil tolérable pour les bovins a été fixé à 1000 UFC/g et 10000 UFC/g respectivement pour les entérobactéries et les moisissures, avec une absence totale de *Salmonella* sp. (FCA, 2017). Il a donc été observé une mauvaise qualité microbiologique du fourrage vert consommé par les vaches dans cette région.

En effet, la phyllosphère abrite de nombreuses bactéries, champignons filamenteux, levures. Sur les feuilles, ce sont près de 10^6 à 10^7 bactéries qui seraient présentes par cm^2 . (Bringel et Couée, 2015 ; Yaseen Mir *et al.*, 2022). Les facteurs qui semblent fortement corrélés à la composition des communautés de microorganismes dans la phyllosphère sont: la pluviométrie, l'âge de l'organe végétal, son état physiologique, son état structurel (endommagé ou non), la pression osmotique, la dose d'UV ou encore les apports en eau et en nutriment (Cordier *et al.*, 2012 ; Trouvelot *et al.*, 2014).

Par ailleurs, un nombre important de travaux s'est intéressé à la contamination des sols lorsque les bovins sont au pâturage, et donc à la survie de certains microorganismes potentiellement pathogènes présents dans les bouses déposées sur les pâturages. D'après eux, ces bactéries peuvent se retrouver sur la partie aérienne des végétaux et/ou contaminer leurs racines. Par conséquent, les microorganismes présents dans les matières fécales des animaux, dans les effluents d'élevage et dans les eaux usées, peuvent contaminer les sols et les pâturages, et y survivre pendant plusieurs mois. L'environnement peut ainsi devenir une source de danger et alimenter les communautés bactériennes et fongiques de la phyllosphère (ANSES, 2020).

Il a été noté que c'est pendant le mois d'avril (début saison des pluies) que les fourrages verts ont été les plus riches en microorganismes. Le mois de février (saison sèche) a présenté les

abondances microbiennes les plus basses. Une corrélation a été établie entre la saison et les variables microbiologiques du fourrage vert analysé. Les microorganismes ayant tendance à se développer davantage en saison pluvieuse. La pluviométrie favoriserait donc la croissance microbienne au niveau de la phyllosphère.

En effet, le sol joue un rôle dans l'établissement des communautés microbiennes de la phyllosphère, au niveau de la rhizosphère, en recrutant les micro-organismes disponibles dans la fraction de sol libre (Gal *et al.*, 2003). La sécheresse entraîne le stress abiotique qui a des conséquences importantes sur le microbiote du sol. En plus du stress osmotique, la sécheresse du sol va augmenter son hétérogénéité, limiter la mobilité des nutriments, et donc leur accès par les microorganismes, et augmenter l'oxygène du sol ; tout cela entraînant une diminution de la biomasse microbienne et de leurs fonctions. (Naylor et Coleman-Derr, 2018 ; Jansson et Hofmockel, 2020). Ainsi donc en saison sèche, les microorganismes de la phyllosphère se retrouvent dans un milieu oligotrophe et sont donc très dépendants de leur capacité à exploiter les ressources en carbone (C) et en azote (N) fournies par la plante au travers de sa cuticule relativement imperméable aux échanges biochimiques.

Une des adaptations retrouvées chez ces microorganismes en saison sèche est la production des surfactants permettant l'humidification de la cuticule et facilitant l'accès aux nutriments (Reisberg *et al.*, 2013). Certains microorganismes augmenteraient la perméabilité de la feuille par la sécrétion à faible dose de syringomycine qui entrainerait des nécroses sans entraîner de maladie et la création de pores (Whipps *et al.*, 2008). L'adaptation aux ultraviolets (UV) est également une caractéristique spécifique de la phyllosphère. En outre, des bactéries comme les *Pseudomonas* sont un exemple de bactéries résistantes aux UV par des mécanismes génétiques (Lindow et Brandl, 2003). Les microorganismes isolés dans l'étude auraient donc une faible résistance aux UV d'où les abondances relativement basses en saison sèche. Une autre adaptation spécifique de la phyllosphère en saison sèche est la propension des bactéries à former des agglomérats par l'intermédiaire de production d'exopolysaccharides (EPS) et de communication cellulaire via le « quorum sensing ». Les agglomérats se trouvent notamment près des sources de nutriments telles que les trichomes glandulaires sur la surface foliaire. Ceci confère à l'agglomérat bactérien des résistances accrues aux différents stress UV, bactéricides, prédation ainsi que variation de pH (Laforest-Lapointe *et al.*, 2016).

Sous l'effet de pluie plus abondantes (ou d'inondations), les pores du sol vont se remplir d'eau et devenir anaérobiques (sans oxygène), ce qui a pour effet de modifier la composition des communautés microbiennes. Par ailleurs, des études ont prouvé qu'après des précipitations, la concentration de pathogènes dans l'air, et au-dessus des champs était plus élevée, enrichissant

ainsi la phyllosphère en microorganismes (Codex alimentarius, 2021). Les précipitations sont donc un des facteurs qui favorisent la diffusion des microorganismes sur les plantes.

III-2-3-3- Qualité microbiologique du lait cru produit

Les échantillons de lait cru prélevés ont présenté une charge en flore hétérotrophe aérobie mésophile allant de $2,2 \times 10^7$ à 1×10^9 UFC/ml. Ces seuils de contaminations en flore totale dépassent la norme fixée à 10^5 UFC/ml (ANSES, 2022). La flore hétérotrophe aérobie mésophile nous renseigne sur la qualité hygiénique du lait cru. C'est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques (Maïworé *et al.*, 2018b). L'énumération de cette flore montre qu'il y a une contamination importante du lait cru produit dans la région. Cela pourrait être attribuable aux mauvaises pratiques de production observées durant l'étude.

Une forte charge en coliformes totaux a été observée pour tous les échantillons de lait cru analysés avec des abondances cellulaires se situant entre $8,4 \times 10^6$ et $5,9 \times 10^7$ UFC/ml. Les coliformes dépassent la norme de 10^3 UFC/ml édictée par ANSES (2022). Cette forte contamination serait probablement liée à la présence de mammites chez les vaches entraînant une contamination importante des trayons et du lait recueilli. D'autres sources de contaminations peuvent également être considérées telles que la qualité des aliments consommés ou la mauvaise hygiène lors de la traite. En effet, une mauvaise technique et hygiène de traite peut être à l'origine d'introduction de germes dans la mamelle et de la contamination du lait (FAO, 2018).

La charge en *E. coli* a présenté une très forte variabilité, allant de $1,5 \times 10^6$ à 2×10^7 UFC/ml. La recherche de ces microorganismes indicateurs de la contamination d'origine fécale permet de juger l'état hygiénique d'un produit. Par ailleurs, leur présence implique un risque de présence d'autres agents pathogènes entériques dans le lait comme les *Salmonella*, les *Shigella*, les *Yersinia* (Owusu-Kwarteng *et al.*, 2017).

Bien que *E. coli* fasse partie des souches commensales du microbiote des humains et des autres mammifères en bonne santé, certaines souches de cette bactérie ont évolué pour devenir des agents pathogènes très polyvalents, capables de provoquer des maladies graves et mortelles entraînant des pertes économiques et un fardeau de santé publique importants dans le monde entier. Parmi celles-ci, se trouve les *E. coli* producteurs de toxines de Shiga (STEC). Se trouvant principalement dans la viande hachée crue ou mal cuite et le lait cru, *E. coli* producteur de shigatoxines est à l'origine des flambées épidémiques. Dans la plupart des cas, la maladie guérit spontanément, mais elle peut évoluer vers une forme potentiellement mortelle comme le syndrome hémolytique et urémique (SHU), notamment chez les jeunes enfants et les personnes âgées. La capacité d'*E. coli* à persister dans les environnements de production de bétail contribue

au cycle de contamination et de recontamination des bovins laitiers ainsi qu'à l'infection humaine (Enjalbert *et al.*, 2017).

Les valeurs minimales et maximales de *Salmonella* sp. dans le lait produit ont été respectivement de $1,6 \times 10^3$ UFC/ml et $1,7 \times 10^4$ UFC/ml. Ces valeurs suggèrent que les bovins laitiers des sites échantillonnés sont des porteurs du genre *Salmonella* sp. Il s'agit d'un germe d'infection générale qui peut passer dans le lait même en l'absence d'anomalies du pis. L'animal est souvent asymptomatique et difficile à identifier car la prévalence de *Salmonella* sp. fluctue au cours de la saison de l'année (Owusu-Kwarteng *et al.*, 2017). Par ailleurs, l'environnement des exploitations laitières est probablement celui où l'on trouve des réservoirs de salmonelles (Quintana *et al.*, 2020). Les vaches laitières demeurent très sujettes aux salmonelloses essentiellement dues aux sérovars ubiquistes provoquant ainsi une diarrhée profuse, une anorexie et une chute importante de la quantité du lait (ANSES, 2022). Les salmonelloses causées aux consommateurs par le lait et les produits dérivés sont évaluées à environ 15% (FAO/WHO, 2016).

Les laits crus ont présenté une charge en lactobacilles qui a varié de 1×10^7 à $2,2 \times 10^7$ UFC/ml. Ces microorganismes plus ou moins abondants seraient en relation étroite avec l'alimentation. Les lactobacilles sont particulièrement importants dans l'industrie laitière, car ils possèdent des propriétés fonctionnelles inhérentes, et peuvent donc contribuer à la sécurité alimentaire et/ou offrir un ou plusieurs avantages sensoriels, technologiques, nutritionnels ou de santé (Gagnon *et al.*, 2020b).

Les abondances moyennes des levures et des moisissures dans le lait ont été respectivement de 1×10^7 UFC/ml et $1,3 \times 10^4$ UFC/ml. Les laits étudiés ont été en moyenne assez chargés en levures et moisissures. Ces microorganismes sont des éléments permanents de l'environnement. Ils peuvent traduire qu'au cours de la manipulation, le lait est très exposé à l'air ambiant. Ils pourraient également provenir de l'alimentation. Cette relation a été décrite par de nombreux auteurs qui ont signalé une augmentation du nombre de levures et de moisissures dans le lait produit et une plus forte concentration de mycotoxines dans les fourrages utilisés. Ces microorganismes selon ces auteurs sont très souvent transférés de l'alimentation au lait (López *et al.*, 2003 ; Kamkar, 2005 ; Tasci, 2011 ; Kaouche-Adjlane et Mati, 2017).

Le dénombrement des brucelles a présenté des résultats qui ont varié entre $6,5 \times 10^6$ UFC/ml et $1,7 \times 10^7$ UFC/ml. Cette abondance de *Brucella* sp. dans le lait produit pourrait signifier que certaines vaches hébergent l'agent pathogène *Brucella* sp. C'est un germe d'infection générale qui peut passer dans le lait même en l'absence d'anomalies du pis. Les

ruminants sont les principaux hôtes et les humains sont infectés par la consommation de lait cru et de produits laitiers et par le contact direct avec des fœtus avortés (Doganay et Aygen, 2003 ; AFSSA, 2006). Ceux-ci sont capables de produire la brucellose chez l'homme, la maladie étant considérée comme l'une des plus lourdes charges de santé publique de toutes les zoonoses dans le monde (Whatmore *et al.*, 2014 ; Al Dahouk *et al.*, 2017). Plus récemment, des cas de *Brucella* sp. et notamment de *Brucella abortus* ont été signalés dans le lait et les produits laitiers avec une forte prévalence dans certains pays africains, notamment en Afrique du Sud, en Ouganda, au Togo, au Mali, au Burundi, au Cameroun, au Sénégal et au Niger (Hoffman *et al.*, 2016 ; Caine *et al.*, 2017 ; Musallam *et al.*, 2019). Ce rapport indique que les microorganismes responsables de la brucellose sont très répandus dans les chaînes d'approvisionnement en produits laitiers de la Région de l'Ouest Cameroun, ce qui représente une menace pour la santé publique des populations locales, en particulier les consommateurs de lait cru et de produits laitiers traditionnels, ainsi que les travailleurs des fermes laitières.

La saison semble avoir un effet indirect sur la qualité microbiologique du lait. Les charges microbiennes relativement plus élevées pendant les mois d'avril (début de saison des pluies) pourraient être dues à l'augmentation du nombre de microorganismes dans l'eau et dans le fourrage vert consommés par les vaches durant cette période. Ces microorganismes seraient transférés de l'alimentation au lait. Une forte augmentation des numérations cellulaires a été fréquemment observée en période estivale par certains auteurs (Agabriel *et al.*, 1995 ; Bony *et al.*, 2005). Les conditions estivales sont des indicateurs de situations d'infections sub-cliniques (Bony *et al.*, 2005). Les résultats obtenus par Sraïri *et al.* (2009), ont montré des charges moyennes en microorganismes inférieures durant les mois les plus froids ou les plus secs (octobre-novembre-décembre-janvier et juin). Kaouche-Adjlane *et al.* (2014), ont par contre constaté que les laits les plus contaminés étaient ceux collectés pendant les mois chauds de l'année.

Au vu de ces résultats, nous pouvons dire que le lait cru issu de la Région de l'Ouest Cameroun peut présenter un risque pour la santé humaine. En effet, Brodziak *et al.* (2021), ont souligné que les résultats des recherches menées sur la qualité microbiologique des produits laitiers, sont souvent préoccupants et les scientifiques choisissent de ne pas les publier, de peur qu'ils ne soient mal interprétés, rejetés ou de soulever une controverse au sein de la communauté scientifique et du public.

III-2-3-4- Relation entre la qualité microbiologique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et celle du lait cru produit

III-2-3-4-1- Relation entre la qualité microbiologique de l'eau d'abreuvement et celle du lait cru produit

La dynamique d'abondance des microorganismes retrouvés dans les eaux d'abreuvement des bovins laitiers semble être liée à celle retrouvée dans le lait cru produit.

Traditionnellement, l'on pensait que les bactéries présentes dans le lait provenaient d'une contamination de l'environnement extérieur, de la peau de la glande mammaire ou de la cavité orale de la progéniture (Addis *et al.*, 2016). Cependant, plusieurs études suggèrent que les bactéries présentes dans le lait ne proviennent pas uniquement de la colonisation externe et une voie endogène de transmission bactérienne a été proposée (Young *et al.*, 2015 ; Addis *et al.*, 2016). Par conséquent, des microorganismes provenant de lieux anatomiques différents de la mamelle peuvent d'une manière ou d'une autre pénétrer dans la glande mammaire.

Ainsi, dans la voie entéro-mammaire, on a émis l'hypothèse que les bactéries peuvent quitter la lumière intestinale, migrer à travers les ganglions lymphatiques mésentériques jusqu'à la glande mammaire, probablement via des cellules immunitaires telles que les cellules dendritiques. Le transfert des bactéries intestinales vers la glande mammaire des vaches a été rapporté par Young *et al.* (2015), qui ont étudié la composition et la diversité du microbiote des fèces, des leucocytes du lait et des leucocytes du sang chez des vaches en lactation. Cette voie entéro-mammaire implique une interférence hautement régulée entre les cellules bactériennes, les cellules immunitaires (cellules dendritiques et macrophages) et les cellules épithéliales. Ces interactions complexes conduiraient à la translocation physiologique de certaines bactéries sans compromettre l'intégrité de l'épithélium intestinal. Lors de la translocation, la glande mammaire exercerait un effet de homing sur les cellules immunitaires qui agissent comme des porteurs bactériens (Perez *et al.*, 2007).

Il a été montré que les macrophages du lait sont dérivés des monocytes sanguins qui sortent de la circulation sanguine, migrent à travers l'épithélium et pénètrent dans la glande mammaire (Goldman et Goldblum, 1997). Les macrophages jouent un rôle clé dans la surveillance immunitaire, agissant comme des cellules piègeuses capables de reconnaître les agents pathogènes et d'initier des réponses innées par la sécrétion de médiateurs pro-inflammatoires. Suite à la phagocytose des antigènes, certains macrophages tissulaires se différencient en cellules dendritiques et migrent vers les ganglions lymphatiques drainants où ils interagissent avec les lymphocytes T pour induire des réponses acquises spécifiques à l'antigène

(Randolph *et al.*, 1999). Les macrophages peuvent également fonctionner comme des cellules présentatrices d'antigènes, dont un sous-ensemble est capable d'induire une tolérance orale par interaction avec les cellules dendritiques CD103⁺ (Mazzini *et al.*, 2014). Les macrophages du lait expriment certains marqueurs de surface des cellules dendritiques, produisent spontanément le facteur de stimulation des colonies de granulocytes-macrophages et ont la capacité unique de se différencier en cellules dendritiques lorsqu'ils sont stimulés par l'interleukine-4 (Ichikawa *et al.*, 2003). Combinés, ces résultats suggèrent que les macrophages du lait présentent des caractéristiques compatibles avec celles des cellules dendritiques partiellement différenciées, et que ces cellules peuvent jouer un rôle dans la médiation des réponses immunitaires dépendantes des lymphocytes T dans la glande mammaire. La recirculation des lymphocytes entre des sites muqueux distants via les systèmes sanguin et lymphatique a été étudiée chez l'homme et les rongeurs (Pérez *et al.*, 2007 ; Jiménez *et al.*, 2008). Plus récemment, il a été proposé que bien que les phagocytes mononucléaires trouvés dans le lait maternel soient en grande partie dérivés des monocytes du sang périphérique. Des proportions de ces phagocytes mononucléaires sont des cellules de type cellule dendritique qui apparaît dans le tissu lymphoïde associé à l'intestin. Ces derniers capturent le microbiote luminal puis transportent ces composants microbiens vers la glande mammaire. On pense qu'un tel mécanisme existe pour éduquer le système immunitaire néonatal à reconnaître les modèles moléculaires associés au commensal des bactéries et à réagir de manière appropriée à ces bactéries (Donnet-Hughes *et al.*, 2010).

Ainsi, la contamination microbienne du lait peut être expliquée par le transfert entéro-mammaire de ces microorganismes lors de la consommation d'une eau contaminée. Une autre hypothèse est que la consommation d'une eau contaminée modifie le microbiote intestinal ainsi que la dynamique d'abondance des microorganismes dans la mamelle, et/ou pouvant, directement ou indirectement, modifier le microbiote de la peau des mamelles (Zhang *et al.*, 2015).

III-2-3-4-2- Relation entre la qualité microbiologique de fourrage vert consommé par les vaches et celle du lait produit

La dynamique d'abondance des microorganismes contenus dans le lait cru produit serait également liée aux abondances cellulaires contenues dans le fourrage vert consommé par les vaches. Le fourrage vert consommé est tout comme l'eau d'abreuvement une des sources potentielles de microorganismes susceptibles d'impacter le microbiote digestif et de contaminer le lait par voie entéro-mammaire. Et d'après Malmuthuge et Guan (2017) et Zened *et al.* (2021), l'alimentation est le facteur de variation le plus important du microbiote ruminal et intestinal. Les rations riches en fourrage biologique favoriserait la croissance de certaines bactéries dans la

mamelle, et pourrait, directement ou indirectement, modifier le microbiote de la peau des mamelles (Zhang *et al.*, 2015).

III-2-4- Sensibilité/résistance aux antimicrobiens des souches bactériennes isolées du lait cru produit, de l'eau d'abreuvement et du fourrage vert

III-2-4-1- Cas des souches d'*Escherichia coli*

La contamination bactérienne du lait cru est un grave problème de santé publique, surtout lorsque les souches bactériennes sont résistantes aux antibiotiques. En effet, elles peuvent provoquer des infections compliquées, difficiles à traiter et prolongées chez l'homme, entraînant des coûts de santé plus élevés et parfois la mort (Melini *et al.*, 2017 ; Bissong *et al.*, 2020).

Les souches d'*E. coli* ont montré une grande résistance à l'ampicilline, l'amoxicilline/acide clavulanique, la céfotaxime, la ceftazidime et la ceftriaxone dans les trois biotopes. Tous ces 5 antibiotiques appartiennent à la famille des β -lactamines. En effet, les antibiotiques appartenant à la famille des β -lactamines sont les plus utilisés par les éleveurs en raison de leur grande disponibilité sur le marché informel, de leur faible coût et leur facilité d'administration (ne nécessitant pas la présence de vétérinaire ou du personnel de santé) (Maiwore *et al.*, 2020). En médecine humaine, la faible toxicité des β -lactamines et le large spectre d'action de certaines d'entre elles font des β -lactamines la classe de médicaments antibiotiques la plus prescrite (OMS, 2018). L'utilisation donc indiscriminée de ces agents antimicrobiens en élevage et en médecine humaine pourrait justifier les taux élevés de résistance observés parmi les isolats.

La résistance élevée détectée parmi les souches d'*Escherichia coli* a été rapportée dans d'autres études en Afrique et serait due aux gènes de résistance blaTEM, (strA-strB, aadA1), (tet(A), tet(B)), (sulI, sulII, sulIII), (cmlA, catI, catII, catIII) (Um *et al.*, 2017). Dans la Région Nord du Ghana, les isolats de lait et des produits laitiers ont montré une plus grande résistance au chloramphénicol, à la gentamicine, au triméthoprime-sulfaméthoxazole et à la ceftriaxone, mais étaient les plus sensibles à la ciprofloxacine et à l'ampicilline (Vicar *et al.*, 2019). En Ethiopie, Tadesse *et al.* (2018) ont montré que les souches d'*E. coli* provenant de la laiterie, du jus de fruits et du lait de vache étaient hautement résistantes à la gentamicine (100 %), à la ciprofloxacine (90 %), à l'ampicilline (70 %), la tétracycline (60 %) et au chloramphénicol (50 %). Les taux de résistance dans notre étude sont inférieurs à ceux rapportés en Ethiopie, mais de loin supérieurs à ceux rapportés dans la Région Nord du Ghana reflétant les différences d'exposition aux antibiotiques.

La sensibilité des souches d'*E. coli* à l'ofloxacine, au chloramphénicol et à la gentamicine dans les trois biotopes a été observée dans la région. L'ofloxacine, le chloramphénicol et la gentamicine seraient très probablement peu utilisées en élevage dans la Région de l'Ouest Cameroun.

III-2-4-2- Cas des souches *Salmonella* sp.

Salmonella sp. est l'une des principales causes d'infections d'origine alimentaire chez l'homme et un grand nombre d'animaux. C'est un agent pathogène impliqué dans la dissémination de la résistance aux antimicrobiens car il peut accumuler des gènes de résistance aux antibiotiques (Vicar *et al.*, 2019). Dans cette étude, une grande sensibilité des isolats de *Salmonella* sp. à l'ofloxacine, la gentamicine et le chloramphénicol a été révélée dans les trois biotopes. On suggère que l'ofloxacine associé à la gentamicine et au chloramphénicol pourrait être le médicament le plus prometteur pour traiter les infections à *Salmonella* sp. dans la région. Ces résultats se rapprochent de ceux Gargano *et al.* (2021) qui ont montré que tous les isolats de *Salmonella* sp. collectés auprès d'animaux de compagnie, d'animaux d'élevage, d'animaux sauvages et d'aliments en Sicile (Italie) étaient sensibles au chloramphénicol, à la ciprofloxacine, à la céfotaxime, à l'ofloxacine, la lévofloxacine et la ceftriaxone.

Les souches de *Salmonella* sp. ont montré une résistance qu'à l'ampicilline dans les trois biotopes. L'ampicilline doit être probablement l'antibiotique le plus utilisé dans la région pour traiter diverses maladies affectant le secteur laitier. Son utilisation ne nécessite pas la prescription des vétérinaires. Cet antibiotique est également largement utilisé dans les pratiques médicales humaines pour traiter les infections à *Salmonella* sp. (Santé Canada, 2009). Différents schémas de résistance des espèces de *Salmonella* sp. ont été rapportés dans diverses études. *Salmonella* sp. isolées du lait cru et des produits laitiers dans la région nord du Ghana ont montré une résistance élevée au chloramphénicol (100 %) et à l'ampicilline (90-100 %) respectivement, mais une faible résistance à la ciprofloxacine (0-10 %) et à la gentamycine (20 %) (Vicar *et al.*, 2019). Teshome *et al.* (2019) ont rapporté que 95 % des *Salmonella* sp. isolées du lait cru de chamelle et de chèvre de la région de Somali en Ethiopie étaient résistantes à la ciprofloxacine et 75 % à la gentamycine et au chloramphénicol. Tadesse et Dabassa (2012), ont également rapporté que les *Salmonella* sp. isolées du lait cru dans le district de Kersa, sud-ouest de l'Éthiopie, présentaient une faible résistance à la tétracycline (12 %), ce qui correspond aux résultats de cette étude.

Les infections associées à *Salmonella* sp. qui résultent de bactéries résistantes deviennent difficiles à traiter, voire impossibles à soigner. L'augmentation de la morbidité et de la mortalité

qui en résulte nécessitera le développement de nouveaux antibiotiques coûteux (Addis *et al.*, 2011).

III-2-4-3- Cas des souches de *Brucella* sp.

La brucellose reste un problème de santé publique important. La maladie est transmise à l'homme principalement par consommation de lait et produits laitiers non pasteurisés ou de viande et produits carnés insuffisamment cuits ou par contact direct avec des animaux infectés. L'approche One-Health (lien entre les humains, les aliments et le bétail) joue un rôle important dans la compréhension, la prévention, le contrôle et la lutte contre cette zoonose. La brucellose est une zoonose courante au Cameroun, et ceci suscite un problème de santé publique (Awah-Ndukum *et al.*, 2018). Le lait de vache est la principale source d'infection humaine, et l'excrétion de *Brucella* sp. dans le lait représente une menace croissante pour les consommateurs (Wareth *et al.*, 2021).

Les souches de *Brucella* sp. ont montré une grande sensibilité à la plus part des antibiotiques testés dans tous les deux biotopes. Cette sensibilité pourrait s'expliquer par l'absence de gènes de résistance aux antimicrobiens dans le génome de *Brucella* sp. En effet, le mode de vie intracellulaire des brucelles qui entrave la pénétration de divers antimicrobiens peut empêcher le développement rapide de la résistance (Wareth *et al.*, 2021). De plus, le traitement de la brucellose chez le bétail est rarement administré car tous les cas positifs soupçonnés sont abattus, et les carcasses sont utilisées pour la consommation humaine. Le traitement n'est pas régulièrement pratiqué en raison de son coût élevé (Awah-Ndukum *et al.*, 2018).

Les isolats de *Brucella* sp. isolées chez l'homme, le lait et l'animal en Egypte ont également été signalés comme ayant une grande sensibilité à la ciprofloxacine, à la doxycycline, à la gentamicine, à la lévofloxacine, à la streptomycine, à la tétracycline, au triméthoprime/sulfaméthoxazole et à la tigécycline (Wareth *et al.*, 2021). Une sensibilité de 100% des souches de *Brucella* sp. à la doxycycline, à la tétracycline, à la ciprofloxacine, à la streptomycine, à la gentamicine, au triméthoprime-sulfaméthoxazole et à la lévofloxacine a également été rapportée dans des isolats provenant de Turquie, de Chine et de Norvège (Dal *et al.*, 2018 ; Johansen *et al.*, 2018 ; Liu *et al.*, 2019).

Un modèle moindre de sensibilité a été observé dans l'étude uniquement pour le chloramphénicol. De nombreuses études ont révélé que l'utilisation inappropriée et généralisée des antibiotiques peut entraîner une résistance aux antibiotiques parmi les isolats de *Brucella* sp. (Azad *et al.*, 2017 ; Köhler *et al.*, 2017 ; Bagheri *et al.*, 2020 ; Hayoun *et al.*, 2020).

La brucellose chez les animaux se manifeste principalement en provoquant des enzooties d'avortements, la stérilité et la formation des lésions dans le système lymphatique et les articulations (Garin-Bastuji, 2003). Ces microorganismes sont qualifiés de pathogènes zoonotiques et peuvent donc se transmettre à l'homme (AFSSA, 2006). La brucellose chez l'homme est difficile à évaluer en raison de son polymorphisme clinique. Elle est le plus souvent confondue à des infections comme le paludisme et la fièvre typhoïde. Elle se manifeste sous forme de fièvres, douleurs musculaires et articulaires, courbatures, asthénie, sueurs nocturne abondantes, troubles sexuels et psychiques (Rubach *et al.*, 2013). Chez les femmes enceintes, la brucellose peut être responsable des avortements, des accouchements prématurés et de mort in utero particulièrement durant le premier trimestre de la grossesse (Duval, 2014). La dissémination de *Brucella* sp. dans le système génito-urinaire, les articulations, les organes parenchymateux et les os peut entraîner une brucellose chronique (WHO, 2006). De nombreuses rechutes après un traitement ont été rapportées (Hasanjani *et al.*, 2015 ; Jiang *et al.*, 2019). On ne sait toujours pas si cela est dû à la séquestration dans les sites infectés, par exemple dans les cellules réticulo-endothéliales et les os, ou au développement d'une résistance acquise ou intrinsèque aux composés antimicrobiens (Wang *et al.*, 2020). Ainsi, un diagnostic rapide et un traitement antimicrobien approprié sont nécessaires pour prévenir le développement d'une maladie chronique débilitante.

III-2-4-4- Comparaison de la susceptibilité aux antibiotiques des souches bactériennes testées

Une similarité de résistance aux antibiotiques ($p > 0,05$) a été observée entre les souches bactériennes isolées du lait cru et l'eau d'abreuvement d'une part et celles isolées du lait cru et fourrage vert d'autre part. Cela pourrait résulter du transfert subséquent de gènes et de bactéries de résistance dans la flore intestinale. En effet, selon Al Muhairi *et al.* (2019), il existe une possibilité de propagation de la résistance aux bactéries pathogènes et commensales dans la flore intestinale par des mécanismes de transfert de gènes horizontaux suite à la consommation des aliments contaminés. Les gènes de résistance sont communément associés à des éléments génétiques mobiles (EGM). Ils sont appelés « mobilome ».

En effet, les bactéries disposent d'un matériel génétique permettant le flux de gènes de résistance via des EGM qui sont les plasmides, les transposons et les intégrons. Les intégrons de résistance ou intégrons mobiles, sont des éléments génétiques capables de promouvoir l'acquisition et l'expression de gènes de résistance aux antibiotiques. Immobiles par eux-mêmes mais localisés sur des éléments génétiques mobiles tels que les transposons ou les plasmides, ils jouent un rôle clé dans la dissémination de l'antibiorésistance, notamment chez les bactéries à

Gram négatif. La résistance aux β -lactamines est fréquemment retrouvée dans les intégrons tout comme la résistance au triméthoprim, aux aminosides ou au chloramphénicol (Barraud et Ploy, 2011).

Les flux de gènes de résistance via des EGM peuvent avoir lieu non seulement entre bactéries d'une même espèce et d'un même genre mais aussi entre plusieurs genres bactériens. Les EGM sont variablement présents dans la population bactérienne, par conséquent ils ne portent pas d'éléments essentiels pour le fonctionnement bactérien. En principe, les gènes de résistance peuvent être acquis à partir de n'importe quelle source, mais en pratique le flux de gènes est probablement structuré par l'écologie, et selon les espèces qui partagent les mêmes niches écologiques et sources similaires de gènes de résistance (Wellington *et al.*, 2013 ; Liu *et al.*, 2020).

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

L'objectif de cette étude a été d'une part de caractériser les exploitations laitières de la Région de l'Ouest, d'autre part de déterminer la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches, et celle du lait cru produit dans quelques exploitations, et enfin d'évaluer la susceptibilité aux antibiotiques des souches bactériennes isolées dans les différents biotopes (eau d'abreuvement, fourrage vert et lait cru produit).

Trois systèmes d'élevage sont pratiqués dans la Région de l'Ouest Cameroun. Le système extensif dans la localité de Foumban et de Bangangté, le système semi-intensif dans l'arrondissement de Foubot et Koutaba et le système intensif à Mbouda. Le système d'élevage influence ($p < 0,01$) significativement la production laitière journalière dans la région. On a enregistré 17 ; 8,57 et 1,66 litres de lait par jour et par vache respectivement dans le système intensif, semi-intensif et extensif. Les bovins laitiers de la région sont nourris pour la plupart de pâturage naturel riche en graminées et légumineuses. La ressource hydrique utilisée pour l'abreuvement est constituée majoritairement des puits aménagés.

Les eaux d'abreuvement des bovins laitiers de la région sont faiblement minéralisées, avec des teneurs moyennes de 42,66 mg/l de Ca^{2+} et 26,33 mg/l de Mg^{2+} . Le fourrage vert de graminées et légumineuses consommé par les vaches est relativement riche en Ca^{2+} et Mg^{2+} avec des teneurs moyennes de l'ordre de 1673 et 1912 mg/kg respectivement. Le lait cru produit présente d'assez bonnes teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} fortement corrélées aux teneurs en Ca^{2+} et Mg^{2+} du fourrage vert consommé par les vaches. Les résultats montrent également une mauvaise qualité microbiologique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches et aussi une forte contamination du lait cru produit avec la présence des Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles, des coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Brucella* sp., lactobacilles, levures et moisissures. Les laits de Mbouda semblent les moins contaminés suivis de ceux de Foubot. Les laits les plus contaminés sont ceux de Koutaba et Foumban. La dynamique d'abondance des microorganismes retrouvés dans le lait cru produit est significativement et positivement liée à celle de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches.

Les tests de susceptibilité aux antibiotiques montrent une similarité de résistance aux antibiotiques entre les souches bactériennes isolées du lait cru et l'eau d'abreuvement d'une part et celles isolées du lait cru et fourrage vert d'autre part, révélant ainsi une similarité entre les phénotypes. La mauvaise qualité du lait cru produit dans la région serait en partie liée à la mauvaise qualité de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches.

RECOMMANDATIONS

Fort de ce constat, il est donc important de promouvoir un élevage intensif, plus productif et apte à contribuer de manière significative, à la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. Cela devrait être envisagé à travers des ateliers de formation, pour former les éleveurs à gérer, à nourrir et à traire les vaches.

Au vue de la qualité microbiologique de l'eau et du fourrage vert consommés par les vaches et du lait cru produit, il est indispensable de traiter les eaux avant d'abreuver les animaux, d'améliorer la production fourragère, et de faire bouillir le lait avant consommation pour prévenir certaines maladies liées à la consommation du lait cru. Les éleveurs devraient par ailleurs éviter l'utilisation des antibiotiques sans consultation préalable d'un vétérinaire.

PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, certaines questions ont pu être soulevées, ouvrant ainsi de nouveaux horizons de recherche qui peuvent se résumer en trois points. (1) l'étude de l'impact de la qualité microbiologique de l'eau et des aliments consommés par les vaches sur la qualité du lait cru produit en poussant l'identification des microorganismes jusqu'à l'espèce dans les trois biotopes (lait produit, eau d'abreuvement et fourrage vert), et en recherchant les liens génétiques qui existent entre elles, (2) la détermination de la prévalence de la brucellose animale et humaine dans cette région par des tests sérologiques et, (3) la caractérisation et le sous-typage des souches brucelliques circulantes dans la région par des analyses moléculaires. Aussi, des travaux similaires pourront se poursuivre dans d'autres régions.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AAFC (Agriculture and Agri-Food Canada) (2020). **Water quality impacts on livestock.**
<https://agriculture.canada.ca/en/agriculture-and-environment/agriculture-and-water/livestock-watering/water-quality-impacts-livestock>

ACDIC (Association Citoyenne de Défense des Intérêts Collectifs) (2006). **Filière laitière au Cameroun.** 69 p.

Addis MF, Tanca A, Uzzau S, Oikonomou G, Bicalho RC, Moroni P. (2016). The bovine milk microbiota: Insights and perspectives from-omics studies. *Molecular Biosystems*, 12(8): 2359-2372.

Addis Z, Kebede N, Sisay Z (2011). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from lactating cows and in contact humans in dairy farms of Addis Ababa : across sectional study. *BMC Infectious Diseases*, 11(2): 22-29.

Adediran AB, Aforijiku S (2020). Carbohydrate fermentation profile and physiological studies of lactic acid bacteria from native raw cow milk. *Journal of Advances in Microbiology*, 20(7): 83-93.

Adewoye L, Sutherland A, Srikumar R (2002). The mexR repressor of the mexAB-oprM multidrug efflux operon in *Pseudomonas aeruginosa*: characterization of mutations compromising activity. *Journal of Bacteriology*, 184 (12):4308-4312.

AFNOR (Agence française de normalisation) NF ISO 19250 (2010). **Qualité de l'eau-Recherche de *Salmonella* spp.** Edn. AFNOR, 24 p.

AFNOR (Agence française de normalisation) NF V08-051 (1999). **Microbiologie des aliments-Dénombrement des microorganismes par comptage des colonies obtenues à 30°C. Méthode de routine.** 8 p.

AFNOR (Association Française de Normalisation) (1999). **Microbiologie Alimentaire : Tome I « Méthodes horizontales de référence ».** Paris: AFNOR, 663 p.

AFNOR (Association Française de Normalisation) FD V 04-035 (2009). **Lait et produits laitiers-Détermination du pH.** AFNOR, 375 p.

AFNOR (Association Française de Normalisation) NF ISO 8070 (2007). **Lait et produits laitiers-Détermination des teneurs en Calcium, Sodium, Potassium et Magnésium-Méthode spectrométrie par absorption atomique.** 21 p.

- AFNOR (Association Française de Normalisation) NF V08-059 (2002). **Microbiologie des aliments - Dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies à 25 °C - Méthode de routine.** AFNOR, 272 p.
- AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) (2006). **Fiche de description de danger transmissible par les aliments : *Brucella* sp.** p 1-4.
- Agabriel C, Coulon JB, Brunshwig G, Sibra C, Nafidi C (1995). Relations entre la qualité du lait livré et les caractéristiques des exploitations. *Productions Animales*, 8(4): 251-258.
- Agata N, Ohta M, Yokoyama K (2002). Production of *Bacillus cereus* emetic toxin (cereulide) in various foods. *International Journal of Food Microbiology*, 73(1):23-27.
- Ajeegah GA, Mbainaissem MS, Njiawouo P, Ngakomo RA (2018). Caractérisation physico-chimique et biologique des eaux en zone périurbaine en Afrique équatoriale : cas de Ngoumou au Centre du Cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 23(1):33-43.
- Aklouche D, Houheche I (2017). Qualité de l'eau et qualité du lait cru : Cas des élevages bovins laitiers de la wilaya d'Ain Defla. **Mémoire de Master, Université Djilali Bounaama Khemis Miliana, Algérie**, 166 p.
- Al Dahouk S, Köhler S, Occhialini A, De Bagüés MPJ, Hammerl JA, Eisenberg T, Vergnaud G, Cloeckaert A, Zygmunt MS, Whatmore AM (2017). *Brucella* sp. of amphibians comprises genomically diverse motile strains competent for replication in macrophages and survival in mammalian hosts. *Scientific Reports*, 16(7):44420. Doi.org/10.1038/srep44420.
- Al Muhairi FM, Bulshawareb AM, Al Nuaimi AM, Al Hemeiri MK, Al Aiyan A, Mohteshamuddin K (2019). The role of antimicrobials in food animals in the emergence of resistant human pathogens. *International Journal of Medical Reviews and Case Reports*, 3(9): 598-608.
- Alexa EA, Walsh CJ, Coughlan LM, Awad A, Simon CA, Ruiz L, Crispie F, Cotter PD, Alvarez-Ordóñez A (2020). Dairy products and dairy-processing environments as a reservoir of antibiotic resistance and quorum-quenching determinants as revealed through functional metagenomics. *mSystems*, 5(1):e00723-19. Doi.org/ 10.1128/mSystems.00723-19.
- Alipour MJ, Jalanka J, Pessa-Morikawa T, Kokkonen T, Satokari R, Hynönen U, Livanainen A, Niku M (2018). The composition of the perinatal intestinal microbiota in cattle. *Scientific Reports*, 8(1): 10437. Doi.org/10.1038/s41598-018-28733-y.

- Amajoud N, Leclercq A, Soriano JM, Bracq-Dieye H, El Maadoudi M, Senhaji NS, Kounoun A, Moura A, Lecuit M, Abrini J (2018). Prevalence of *Listeria* spp. and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from food products in Tetouan, Morocco. *Food Control*, 84:436-441.
- Amamou H, Beckers Y, Mahouachi M, Hammami H (2019). Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of Holstein cows. *Journal of Thermal Biology*, 82:90-98.
- Anas M, Mebrouk K (2019). **Activité anti-bactérienne de *Lactobacillus plantarum*: le bio-contrôle des bactéries d'altération alimentaire par les bactéries lactiques du genre *Lactobacillus***. Éditions universitaires européennes, 98 p.
- Angelakis E, Raoult D (2010). Q fever. *Veterinary Microbiology*, 140:297-309.
- ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) (2010). **État des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage**. Edition scientifique, 124 p.
- ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) (2020). **Dangers microbiens liés aux matières premières végétales utilisées en alimentation animale**. Saisine(s) liée(s) n°2015-SA-0075, 2016-SA-0029, 244 p.
- ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) (2022). **Avis relatif aux modalités de maîtrise du risque lié à la présence de dangers microbiologiques dans les fromages et autres produits laitiers fabriqués à partir de lait cru**. Saisine 2019-SA-0033, Maisons-Alfort, 126 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2005). **Official Methods of Analysis**. (18th Edn). AOAC: Gaithersburg, MD, USA, 8: 8-25.
- APHA (American Public Health Association) (2012). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th edn, /American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA. 2670 p.
- Araba A, Essalhi M (2002). **Relations entre systèmes de production et qualité du lait de bovins dans la région de Chaouia au Maroc**. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, IAV II Rabat, 10 p.
- Awah-Ndukum J, Mouiche MM, Kouonmo-Ngnoyem L, Bayang HN, Manchang TK, Poueme RS, Kouamo J, Ngu-Ngwa V, Assana E, Feussom KJ, Zoli AP (2018). Seroprevalence and

- risk factors of brucellosis among slaughtered indigenous cattle, abattoir personnel and pregnant women in Ngaoundéré, Cameroon. *BMC Infectious Diseases*, 18(1). Doi.org/10.1186/s12879-018-3522-x.
- Azad ZM, Moravej H, Fasihi-Ramandi M, Masjedi- an F, Nazari R, Mirnejad R (2017). In vitro synergistic effects of a short cationic peptide and clinically used antibiotics against drug-resistant isolates of *Brucella melitensis*. *Journal of Medical Microbiology*, 66(7):919-926.
- Bagheri Nejad R, Krecek RC, Khalaf OH, Hailat N, Arenas-Gamboa AM (2020). Brucellosis in the Middle East: current situation and a pathway forward, *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(5): e0008071. Doi.org/10.1371/journal.pntd.0008071.
- Balandraud N, Mosnier C, Delaby L, Dubief F, Goron JP, Martin B, Pomies D, Cassard A (2019). Holstein ou Montbéliarde : des différences phénotypiques aux conséquences économiques à l'échelle de l'exploitation. *INRAE Productions Animales*, 31(4):337-352.
- Balint M, Bartha L, O'Hara RB, Olson MS, Otte J, Pfenninger M, Robertson AL, Tiffin P, Schmitt I (2015). Relocation, high-latitude warming and host genetic identity shape the foliar fungal microbiome of poplars. *Molecular Ecology*, 24 (1):235-248.
- Balint M, Tiffin P, Hallstrom B, O'Hara RB, Olson MS, Fankhauser JD, Piepenbring M, Schmitt I (2013). Host genotype shapes the foliar fungal microbiome of balsam poplar (*Populus balsamifera*). *PLoS ONE*, 8(1): 53987. Doi.org/10.1371/journal.pone.0053987.
- Balloy Mwanza P, Katond JP, Hanocq P (2019). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de Luwowoshi (RD Congo). *Tropicultura*, 37 (2) : 391-398.
- Barraud O, Ploy M-C (2011). Actualités sur les intégrons de résistance aux antibiotiques : mise au point. *Journal Anti-infectieux*, 13(3):133-144.
- Bedasa S, Shiferaw D, Abraha A, Moges T (2018). Occurrence and antimicrobial susceptibility profile of *Escherichia coli* O157: H7 from food of animal origin in Bishoftu town, Central Ethiopia. *International Journal of Food Contamination*, 5(2). Doi.org/10.1186/s40550-018-0064-3.
- Bevan ER, Jones AM, Hawkey PM (2017). Global epidemiology of CTX-M β -lactamases: temporal and geographical shifts in genotype. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 72(8):2145-2155.

- Beyene T, Hayishe H, Gizaw F, Beyi AF, Abunna F, Mammo B, Ayana D, Waktole H, Abdi RD (2017). Prevalence and antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus* in dairy farms, abattoir and humans in Addis Ababa, Ethiopia. *BMC Research*, 10(1):171. Doi.org/10.1186/s13104-017-2487-y.
- Billa PA (2020). Identification de biomarqueurs du statut nutritionnel dans le lait et étude nutriginomique de la glande mammaire de vaches Holstein et Montbéliarde. **Thèse de Doctorat, Agronomie, Université Clermont Auvergne**, 180 p.
- Bissong AE, Tahnteng BF, Ateba C, Akoachere JF (2020). Pathogenic potential and antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* in milk and beef from the Northwest and Southwest regions of Cameroon. *BioMed Research International*, 6015283. Doi.org/10.1155/2020/6015283.
- Blama Y, Ziebe R, Rigolot C (2016). Typologie des élevages sédentaires en zone semi-aride : cas du Cameroun. *Livestock Research for Rural Development*, 28(5), retrieved February 10, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd28/5/blam28087.html>.
- Blanco Penedo I, Velarde I, Kipling RP, Ruete A (2020). Modeling heat stress under organic dairy farming conditions in warm temperate climates within the Mediterranean basin. *Climatic Change*, 162(3):1269-1285.
- Blazquez J (2003). Hypermutation as a factor contributing to the acquisition of antimicrobial resistance. *Clinical Infectious Diseases*, 37(9):1201-1209.
- Bodering A., Ndoutamia G, Mopate LY, Ngandolo BN, Ngakou A (2018). Characteristics of poultry farms and assessment of their level of contamination by *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* in the towns of N'Djamena and Doba in Chad. *Scientific and Technical Review*, 37(3): 1029-1038.
- Bonfoh B, Fane A, Steinmann P, Hetzel M, Traore A, Traore M, Simbe C, Alfaroukh I, Nicolet J, Akakpo J (2003). Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus au Mali et leurs implications en santé publique. *Etudes et Recherches Sahéliennes*, 8 :19-27.
- Bony J, Contamin V, Gousseff M, Metais J, Tillard E, Juanes X, Decruyenaere V, Coulon JB (2005). Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. *INRAE Productions Animales*, 18(4): 255-263.
- Bouamra M, Doubbi Bounaoua L, Si Djilali M, Ghozlane F (2019). Qualité physicochimique du lait de vaches Prim'Holsteins et Montbéliardes dans l'Ouest algérien. *Livestock Research*

- for Rural Development*, 31 (2). Retrieved December 17, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd31/2/bouam31028.html>.
- Boukar O, Fotso Kenmogne PR, Yaya M, Manjeli Y (2016). Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'élevage bovin à viande dans le Département du Noun, Région de l'Ouest-Cameroun. *Livestock Research for Rural Development*, 27: 6. Retrieved May 6, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd27/6/fots27110.html>.
- Bouyahya A, Bakri Y, Et-Touys A, Talbaoui A, Khouchlaa A, Charfi S, Abrini J, Dakka •N (2017). Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie*, 16(1):173-183.
- Bradley AJ, Leach KA, Green MJ, Gibbons J, Ohnstad IC, Black DH (2018). The impact of dairy cows' bedding material and its microbial content on the quality and safety of milk: a cross sectional study of UK farms. *International Journal of Food Microbiology*, 269: 36-45.
- Brassard H (2005). Comparaison des teneurs en éléments minéraux et de la balance en cations anions chez cinq graminées fourragères. **Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval Québec**, 100 p.
- Breurec S, Poueme R, Fall C, Tall A, Diawara A, Bada-Alamedji R, Broutin C, Leclercq A, Garin B (2010). Microbiological quality of milk from small processing units in Senegal. *Foodborne Pathogens and Disease*, 7(5): 601-604.
- Bringel F, Couée I (2015). Pivotal roles of phyllosphere microorganisms at the interface between plant functioning and atmospheric trace gas dynamics. *Frontiers in Microbiology*, 6 (486). [Doi.org/ 10.3389/fmicb.2015.00486](https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00486).
- Brocard V, Brunschwig P, Legarto J, Paccard P, Rouille B, Bastien D, Leclerc MC (2010). **Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier**. L'Institut de l'élevage : Paris, 268 p.
- Brodziak A, Król J, Litwi ´nczuk Z, Barłowska J (2018). Differences in bioactive protein and vitamin status of milk from certified organic and conventional farms. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2):321-332.
- Brodziak A, Wajs J, Zuba-Ciszewska M, Król J, Stobiecka M, Ja ´nczuk A (2021). Organic versus Conventional Raw Cow Milk as Material for Processing. *Animals*, 11(10):2760. [Doi.org/10.3390/ani11102760](https://doi.org/10.3390/ani11102760).

- Buccioni A, Pallara G, Pastorelli R, Bellini L, Cappucci A, Mannelli F, Minieri S, Roscini V, Rapaccini S, Mele M, Giovannetti L, Viti C, Pauselli M (2017). Effect of dietary chestnut or quebracho tannin supplementation on microbial community and fatty acid profile in the rumen of dairy ewes. *BioMed Research International*, 2017:4969076. Doi.org/10.1155/2017/4969076.
- Burakoff A, Brown K, Knutsen J, Hopewell C, Rowe S, Bennett C, Cronquist A (2018). Outbreak of fluoroquinolone-resistant *Campylobacter jejuni* infections associated with raw milk consumption from a herdshare dairy. Colorado. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67(5):146-148.
- Bush K, Bradford P A (2016). β -Lactams and β -lactamase inhibitors: an overview. Cold Spring Harbor. *Perspectives in Medicine*, 6(8): 1-22.
- Buxeraud J, Faure S (2016). Les macrolides et les cyclines. *Actualités Pharmaceutiques*, 55 (558):7-12.
- Caine LA, Nwodo UU, Okoh AI, Green E (2017) Molecular characterization of *Brucella* species in cattle, sheep and goats obtained from selected municipalities in the Eastern Cape, South Africa. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 7(5):293-298.
- CA-SFM/EUCAST (Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie /European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing) (2020). **Recommandations**. V.1.2 Octobre 2020, Paris, France, 180 p.
- Chandan RC, Kilara A (2010). **Dairy Ingredients for Food Processing: An Overview**. Wiley, pp. 3-33.
- Charton C (2017). Caractérisation de l'adaptation de la glande mammaire des vaches laitières à l'allongement de l'intervalle entre traites. **Thèse Agrocampus Ouest, Université de Bretagne Loire**, 252 p.
- Chaudhary AS (2016). A review of global initiatives to fight antibiotic resistance and recent antibiotics ' discovery. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 6(6):552-556.
- Chayer M (2021). Étude de la qualité de l'eau de source et d'abreuvement dans les élevages vache-veau en fonction des propriétés physicochimiques et bactériologiques. **Mémoire en sciences animales, Université de Laval, Québec, Canada**, 94 p.
- CIPC Lait (Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles) (2011). **Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait**. 20 p.

- Codex Alimentarius (Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires) (2021). **Rapport de la quatorzième session du comité du Codex sur les contaminants dans les aliments**. Quarante-quatrième Session Genève (Suisse), 79 p.
- Corbel MJ (2006). **Brucellosis in Humans and Animals**; World Health Organization: Geneva, Switzerland, pp. 13-35.
- Cordier T, Robin C, Capdevielle X, Fabreguettes O, Desprez-Loustau M-L, Vacher C (2012). The composition of phyllosphere fungal assemblages of European beech (*Fagus sylvatica*) varies significantly along an elevation gradient. *New Phytologist*, 196(2): 510-519.
- Corrêa PS, Mendes LW, Lemos LN, Crouzoulon P, Niderkorn V, Hoste H, Costa-Júnior LM, (2020). Tannin supplementation modulates the composition and function of ruminal microbiome in lambs infected with gastrointestinal nematodes. *FEMS Microbiology Ecology*, 96(3): 1-24.
- Costard S, Espejo L, Groenendaal H, Zagmutt FJ. (2017). Outbreak-related disease burden associated with consumption of unpasteurized cow's milk and cheese, United States, 2009-2014. *Emerging Infectious Diseases*, 23(6):957-964.
- Couradeau E, Karaoz U, Lim HC, Nunes da Rocha U, Northen T, Brodie E, Garcia-Pichel F (2016). Bacteria increase arid-land soil surface temperature through the production of sunscreens. *Nature Communications*, 7:10373. Doi.org/10.1038/ncomms10373.
- Curriero FC, Patz JA, Rose JB, Lele S (2001). The association between extreme precipitation and waterborn outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health*, 91(8): 1194-1199.
- Cuvelier C, Dufrasne I (2015). **L'alimentation de la vache laitière**. Livret de l'agriculture, 105 p.
- Da Costa A, Lacanal G, Hoffmann F (2005). **Problèmes de gestion des ressources en eau et de l'assainissement en pays Bamiléké : l'exemple de la ville de Dschang (Cameroun)**. In: **Travaux du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée**, n°23, pp 63-77.
- Dal T, Durmaz R, Ceylan A, Bacalan F, Karagoz A, Celebi B, Yasar E, Kilic S, Acikgoz C (2018). Molecular investigation of the transmission dynamics of brucellosis observed among children in the province of South - East Anatolia, Turkey, Jundishapur. *Journal of Microbiology*, 11(3): 58857. Doi.org/10.5812/jjm.58857.

- Dalcanton F, Carrasco E, Pérez-Rodríguez F, Posada-Izquierdo GD, Falcão De Aragão GM, García-Gimeno RM (2018). Modeling the combined effects of temperature, pH, and Sodium Chloride and Sodium Lactate concentrations on the growth rate of *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014. *Journal of Food Quality*, 2018:1726761. <https://doi.org/10.1155/2018/1726761>.
- Dalgleish DG, Corredig M (2012). The Structure of the casein micelle of milk and Its changes during processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3:449-467.
- Dantas VV, Oaigen RP, Santos MA, Marques CS, Silva F (2016). Typology of dairy production systems in the Eastern Amazon, Pará, Brazil. *Livestock Research for Rural Development*, 28:6, retrieved March 6, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd28/6/dant28109.htm>.
- Davies J, Davies D (2010). Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 74(3):17-33
- Dębowski M, Korzeniewska E, Kazimierowicz J (2021). Efficiency of sweet whey fermentation with psychrophilic methanogens. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35):49314-49323.
- Delaby L, Comeron EA, McCarthy B, Pavie J, Peyraud JL (2016). Les légumineuses fourragères, indispensables à l'élevage de demain. *Fourrages*, 226 :77-86.
- Delaby L, Horan B (2021). Améliorer l'efficacité des systèmes laitiers herbagers en milieux tempérés. *INRAE Productions Animales*, 34(3) : 161-172.
- Derakhshani H, Plaizier JC, De Buck J, Barkema HW, Khafipour E (2020). Composition and co-occurrence patterns of the microbiota of different niches of the bovine mammary gland: potential associations with mastitis susceptibility, udder inflammation, and teatend hyperkeratosis. *Animal Microbiome*, 2(11). Doi.org/10.1186/s42523-020-00028-6.
- Dijkstra J, Oenema O, Bannink A (2011). Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: Implications for methane emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(5):414-422.
- Djoukeng HG (2016). Le Billonnage Cloisonné en Agriculture des Montagnes: Évaluation et Facteurs d'Acceptation. Cas des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun. **Thèse de doctorat, Université de Liège-Gembloux**, 184p.

- Dobrzanski Z, Kolacz R, Górecka H, Chojnacka K, Bartkowiak A (2005). The content of microelements and trace elements in raw milk from cows in the Silesian region. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(5):685-689.
- Doganay M, Aygen B (2003). Human brucellosis: An overview. *International Journal of Infectious Diseases*, 7(3):173-182.
- Donnet-Hughes A, Perez PF, Dore J, Leclerc M, Levenez F, Benyacoub J, Serrant P, Segura-Roggero I, Schiffrin EJ (2010). Prebiotics and probiotics usefulness against Pathologies. Potential role of the intestinal microbiota of the mother in neonatal immune education. *Proceedings of the Nutrition Society*, 69(3):407-415.
- Doyle CJ, Gleeson D, O'Toole PW, Cotter PD (2017). Impacts of seasonal housing and teat preparation on raw milk microbiota: A high-throughput sequencing study. *Applied and Environmental Microbiology Journal*, 83(2): 2694-16. Doi.org/ 10.1128/AEM.02694-16.
- Dra Amira G (2018). Caractérisation physicochimique, microbiologique et immunochimique des laits camelin et bovin d'Algérie. Activités antioxydante et antitoxique de la fermentation. **Thèse de Doctorat, Université Djillali Liabes, faculté des sciences de la nature et de la vie sidi bel abbes**, 140p.
- Ducrotoy M, Bertu W, Matope G, Cadmus S, Conde-Álvarez R, Gusi A, Welburn S, Ocholi R, Blasco J, Moriyón I (2017). Brucellosis in Sub-Saharan Africa: Current challenges for management, diagnosis and control. *Acta Tropica*, 165:179-193.
- Dufreneix F (2019). Variations et estimation de la valeur protéique des sources azotées dans l'alimentation de la vache laitière. **Thèse de Doctorat, Agrocampus Ouest, Université Bretagne Loire**, 218 p.
- Duval C (2014). Connaissances actualisées des maladies rares zoonotiques chez la femme enceinte. **Thèse en Médecine vétérinaire, Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire (ESMV) de l'Université de Ngaoundéré**, 110 p.
- Ebangi AL, Erasmus GJ, Mbah DA, Tawah CL, Ndofor-Foleng HM (2011). Evaluation of level of inheritance in the growth traits in the Gudali and Wakwa beef cattle breeds of Adamawa, Cameroon. *Livestock Research for Rural Development*, 23 (6). Retrieved May 6, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd23/6/eban23139.htm>.
- EFSA and ECDC (2016). (European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control) (2016). The European Union Summary Report on antimicrobial

- resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2014. *EFSA Journal*, 14(2):4380. Doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4380
- El Allaoui A, Rhazi Filali F, Derouich A (2016). Qualité des eaux en élevage de dinde à Khémisset (Maroc) et hypothèses sur les facteurs de risques. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 35 (3) :1-19.
- Eldin C, Melenotte C, Million M, Cammilleri S, Sotto A, Elsendoorn A, Thuny F, Lepidi H, Roblot F, Weitten T (2016). 18F-FDG PET/CT as a central tool in the shift from chronic Q fever to *Coxiella burnetii* persistent focalized infection: A consecutive case series. *Medicine*, 95(34):e4287. Doi: 10.1097/MD.0000000000004287.
- El-Hatmi H, Jrad Z, Salhi I, Aguibi A, Nadri A, Khorchani T (2015). Comparison of composition and whey protein fractions of human, camel, donkey, goat and cow's milk. *Mljekarstvo Dairy*, 65(3):159-167.
- El-Zamkan MA, Hameed KG (2016). Prevalence of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in raw milk and some dairy products. *Veterinary World*, 9(10): 1147-1151.
- Enabulele S, Nwankiti O (2016). Shiga Toxin (Stx) Gene detection and verotoxigenic potentials of non-0157 *Escherichia coli* isolated from fermented fresh cow milk (Nono) sold in selected cities in Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 24(1):98-105.
- Enjalbert F, Combes S, Zened A, Meynadier A (2017). Rumen microbiota and dietary fat: a mutual shaping. *Journal of Applied Microbiology*, 123(4):782-797.
- Ettian MK, Gbogouri GA, Djenontin AJ, Mensah GA (2018). Évaluation des apports nutritionnels et énergétiques des fourrages verts dans l'alimentation des aulacodes (*Thryonomys swinderianus*) en Côte d'Ivoire. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6 (1): 99-109.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2010). **Brucella melitensis in Eurasia and the Middle East**. FAO Animal Production and Health Proceedings. No. 10; FAO: Rome, Italy. 66 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2018). **Gate way to dairy production and products**. 36 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2019). **Etat de sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde**. 253 p.

- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization) (2016). **Interventions for the control of non-typhoidal Salmonella spp. in beef and pork: meeting report and systematic review.** 276 p.
- Faria FD, Dias AN, Veloso AL, Bueno CF, Couto FA, Matos JJ, Barreto KZ, Rodrigues PA, Carneiro WA (2010). Classification of Coefficients of Variation in Experiments with Commercial layers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 12 (4): 255-257.
- Farougou S, Sessou P, Yehouenou B, Dossa F (2012). Microbiological quality of raw milk processed from cows raised under extensive system in the Republic of Benin. *Research Journal of Microbiology*, 7(7): 337-343.
- FCA (Feed Chain Alliance) « together for safety and quality » (2017). **Normes complémentaires des aliments pour animaux et les "flux connexes à transformer".** 78p.
- FDA (Food and Drug Administration) (2001). **Bacteriological Analytical Manual.** at:<http://www.911emg.com/Ref/20Library/20ERG/FDA/20Bacteriological/20Analysis.pdf> consulté en juillet 2021.
- Foto MS, Nwaha M, Biram à Ngon BE, Dzavi J, Boudem CR, Sob Nangou PB, Nyame Mbia D (2021). Water quality and benthic macroinvertebrates of tropical forest stream in South-West region, Cameroon. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 25(1):183-192.
- Francesconi GN, Ruerd R (2012). The hidden impact of cooperative membership on quality management: a case study from the dairy belt of Addis Ababa. *Journal of Entrepreneurial and Organizational Diversity*, 1(1): 85-103.
- Frétin M, Martin B, Rifa E, Verdier-Metz I, Pomiès D, Ferlay A, Montel MC, Delbès C (2018). Bacterial community assembly from cow teat skin to ripened cheeses is influenced by grazing systems. *Scientific Reports*, 8(200). Doi.org/10.1038/s41598-017-18447-y.
- Frossard A, Hartmann M, Frey B (2017). Tolerance of the forest soil microbiome to increasing mercury concentrations. *Soil Biology and Biochemistry*, 105: 162-176.
- Gabbi AM, Mcmanus CM, Silva AV, Marques LT, Zanela MB, Stumpf MP, Fischer V (2013). Typology and physical-chemical characterization of bovine milk produced with different productions strategies. *Agricultural Systems*, 121: 130-134.

- Gabryszczuk M, Słoniewski K, Metera E, Sakowski T (2010). Content of mineral elements in milk and hair of cows from organic farms. *Journal of Elementology*, 15:259-267.
- Gaddour A, Najari S, Abden Nebi M, Arroum S, Assadi M (2014). **Caractérisation physicochimique du lait de chèvre et de vache collectée localement dans les régions arides de la Tunisie.** In : Chentouf M. (ed.), López-Francos A. (ed.), Bengoumi M. (ed.), Gabiña D. (ed.). Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations, Zaragoza : CIHEAM / INRAM / FAO, p 151-154. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 108)
- Gagnon B, Bélanger G, Nolin MC, Simard RR (2003). Relationship between soil cations and plant characteristics based on spatial variability in a forage field. *Canadian Journal of Plant Science*, 83(2): 343-350.
- Gagnon M, Ouamba A, LaPointe G, Chouinard PY, Roy D (2020b). Prevalence and abundance of lactic acid bacteria in raw milk associated with forage types in dairy cow feeding. *Journal of Dairy Science*, 103(7):5931-5946.
- Gagnon M, Hamelin L, Fréchette A, Dufour S, Roy D (2020a). Effect of recycled manure solids as bedding on bulk tank milk and implications for cheese microbiological quality. *Journal of Dairy Science*, 103(1):128-140.
- Gal M, Preston GM, Massey RC, Spiers AJ, Rainey PB (2003). Genes encoding a cellulosic polymer contribute toward the ecological success of *Pseudomonas fluorescens* SBW25 on plant surfaces. *Molecular Ecology*, 12(11): 3109-3121.
- Gargano V, Sciortino S, Gambino D, Costa A, Agozzino V, Reale S, Alduina R, Vicari D (2021). Antibiotic susceptibility profile and tetracycline resistance genes detection in *Salmonella spp.* strains isolated from animals and food. *Antibiotics*, 10(7): 809. Doi.org/10.3390/antibiotics10070809.
- Garin-Bastuji B (2003). La brucellose ovine et caprine. *Le Point Vétérinaire*, 34 (225): 6-22.
- Gille, D, Schmid A (2015). Vitamin B12 in meat and dairy products. *Nutrition Reviews*, 73(2):106-115.
- Girault JP, Chénerilles f, Turbeaux S (2016). **Abreuvement au pâturage, c'est maintenant.** 28 p.

- Giri A, Bharti VK, Kalia S (2020). A review on water quality and dairy cattle health: a special emphasis on high-altitude region. *Applied Water Science*, 10(3):79. Doi.org/10.1007/s13201-020-1160-0.
- Glauser W (2007). **Prélèvement d'échantillons d'aliments dans les exploitations agricoles.** Fiche technique destinée à la pratique. ALP actuel (30), p 1-4.
- Godziszewska J, Pogorzelska-Nowicka E, Brodowska M, Jagura-Burdzy G, Wierzbicka A (2018). Detection in raw cow's milk of coliform bacteria-reservoir of antibiotic resistance. *LWT - Food Science and Technology*, 93(8): 634-640.
- Goldman AS, Goldblum RM (1997). Transfer of maternal leukocytes to the infant by human milk. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 222:205-213.
- Gonfa D, Fassil A Mulissa J (2019). Assessment of bacteriological and physicochemical quality of drinking water from source to household tap connection in Nekemte, Oromia, Ethiopia. *Journal of Environmental and Public Health*, ID 2129792, <https://doi.org/10.1155/2019/2129792>.
- Guarín JF, Baumberger C, Ruegg PL (2017). Anatomical characteristics of teats and premilking bacterial counts of teat skin swabs of primiparous cows exposed to different types of bedding. *Journal Dairy Science*, 100(2): 1436-1444.
- Habeeb A, Gad A, Atta M (2018). Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *International Journal of Biotechnology and Recent Advances*, 1(1) 35-50.
- Habtamu Lemma D, Ashenafi M, Taddese K, Berhanu K (2018). Improving milk safety at farm-level in an intensive dairy production system: relevance to smallholder dairy producers. *Food Quality and Safety*, 2(3): 135-143.
- Hafeez Z, Cakir-Kiefer C, Roux E, Perrin C, Miclo L, Dary-Mourot A (2014). Strategies of producing bioactive peptides from milk proteins to functionalize fermented milk products. *Food Research International*, 63:71-80.
- Hanrahan L, Geoghegan A, O'Donovan M, Griffith V, Ruelle E, Wallace M, Shalloo L (2017). Pasture Base Ireland: A grassland decision support system and national database. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136: 193-201.
- Hasanjani Roushan MR, Moulana Z, Mohseni Afshar Z, Ebrahimpour S (2015). Risk factors for relapse of human brucellosis. *Journal of Global Health Science*, 8(7):77-82.

- Hayoun MA, Muco E, Shorman M (2020). **Brucellosis, in: Stat Pearls**, Stat Pearls Publishing LLC, Treasure Island (FL). 2022 Jan-. Available from:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441831/>
- Hernández-Castellano LE, Nally JE, Lindahl J, Wanapat M, Alhidary IA, Fangueiro D, Grace D, Ratto M, Bambou JC, de Almeida AM (2019). Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. *Tropical Animal Health and Production*, 51(5):1009-1017.
- Hersom M, Crawford S (2008). **Water nutrition and quality considerations for cattle**. UFIFAS Extension AN-195.
- Hoffman T, Rock K, Mugizi DR, Muradrasoli S, Lindahl-Rajala E, Erume J, Magnusson U, Lundkvist Å (2016). Molecular detection and characterization of *Brucella* species in raw informally marketed milk from Uganda. *Infection Ecology and Epidemiology*, 6: 32442. Doi.org/10.3402/iee.v6.32442.
- Hollenbeck BL, Rice LB (2012). Intrinsic and acquired resistance mechanisms in *Enterococcus*. *Virulence*, 3(5): 421-433.
- Holt JG, Krieg NR, Sneath PH (2000). **Bergey's Manual of determinative bacteriology**. 9th edition. Lippincott Williams and Wilkins (Ed.), Philadelphia. 787 p.
- Husvéth F (2011). **Reproductional aspects of animal production**. 118 p.
- Ichikawa M, Sugita M, Takahashi M, Satomi M, Takeshita T, Araki T, Takahashi H (2003). Breast milk macrophages spontaneously produce granulocyte-macrophage colony-stimulating factor and differentiate into dendritic cells in the presence of exogenous interleukin-4 alone. *Immunology*, 108(2):189-195.
- INC (Institut National de Cartographie) (2020). **Carte administrative de Cameroun donnée du terrain, feuille 1d au 1/200000**.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) (2010). **Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux-Valeur des aliments**. Tables Inra 2007, mise à jour 2010. Editions Quæ , 311 p.
- Ishaq SL, Alzahal O, Walker N, McBride B (2017). An investigation into rumen fungal and protozoal diversity in three rumen fractions, during high-fiber or grain-induced sub-acute ruminal acidosis conditions, with or without active dry yeast supplementation. *Frontiers in Microbiology*, 8:1943. Doi.org/10.3389/fmicb.2017.01943.

- Jajere SM (2019). A review of *Salmonella enterica* with particular focus on the pathogenicity and virulence factors, host specificity and antimicrobial resistance including multidrug resistance. *Veterinary World*, 12(4):504-521.
- Jansson JK, Hofmockel KS (2020). Soil microbiomes and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 18(1): 35-46.
- Ji B, Banhazi T, Perano K, Ghahramani A, Bowtell L, Wang C (2020). A review of measuring, assessing and mitigating heat stress in dairy cattle. *Biosystems Engineering*, 199:4-26.
- Jiang W, Chen J, Li Q, Jiang L, Huang Y, Lan Y, Li Y (2019). Epidemiological characteristics, clinical manifestations and laboratory findings in 850 patients with brucellosis in Heilongjiang Province, China. *BMC Infectious Diseases*, 19:439. Doi.org/10.1186/s12879-019-4081-5.
- Jimenez E, Delgado S, Maldonado A, Arroyo R, Albuja M, Garcia N, Jarrod M, Fernandez L, Gomez A (2008). Staphylococcus epidermidis: a differential trait of the fecal microbiota of breast-fed infants. *BMC Microbiology*, 8:143. Doi.org/ 10.1186/1471-2180-8-143.
- Johansen TB, Scheffer L, Jensen VK, Bohlin J, Feruglio SL (2018). Whole-genome sequencing and antimicrobial resistance in *Brucella melitensis* from a Norwegian perspective. *Scientific Reports*, 8(1):8538. Doi: 10.1038/s41598-018-26906-3.
- Kabir A (2015). Contraintes de la production laitière en Algérie et et évaluation de la qualité du lait dans les industries laitières (constats et perspectives). **Thèse de Doctorat, Université d'Oran 1**, 195 p.
- Kahla IB, Boschioli M, Souissi F, Cherif N, Benzarti M, Boukadida J, Hammami S (2011). Isolation and molecular characterisation of *Mycobacterium bovis* from raw milk in Tunisia. *African Health Sciences*, 11(1): 2-5.
- Kamkar A (2005). Une étude sur la présence d'aflatoxine M1 dans le fromage feta iranien. *Contrôle des aliments*, 16:593-600.
- Kandinskaya YS, Redkin SV, Chebakova GV (2019). Monitoring of calcium content of raw cow milk. *Veterinary Science*, 1(28): 109-114.
- Kaouche-adjlane S, Mati A (2017). Effets des pratiques d'élevage sur la variation de la qualité hygiénique et nutritionnelle du lait cru dans la région médio-septentrionale d'Algérie. *Revue de Medecine Veterinaire*, 168(7) :151-163.

- Kaouche-Adjlane S, Benhacine R, Ghozlane F, Mati A (2014). Nutritional and Hygienic Quality of Raw Milk in the Mid-Northern Region of Algeria: Correlations and Risk Factors. *The Scientific World Journal*, 131593, 7 p. Doi.org/10.1155/2014/131593.
- Kaouche-Adjlane S, Ghozlane F, Mati A (2015). Typology of dairy farming systems in the mediterranean basin (case of Algeria). *Animal Biology and Animal Husbandry*, 31 (3): 385-396.
- Kashosi MT, Muhandule BA, Mwenebitu LD, Mihuhi N, Mutendela KJ, Mubagwa K (2018). Antibio-résistance des souches de *Salmonella spp* isolées d'hémocultures à Bukavu en RD Congo. *Pan African Medical Journal*, 29(42): 1-8.
- Keshri A, Bashir Z, Kumari V, Prasad K, Joysowal M, Singh M, Singh D, Tarun A, Shukla S (2019). Role of micronutrients during peri-parturient period of dairy animals-a review. *Biological Rhythm Research*, 52(7): 1018-1030.
- Klaasen M, Roest HJ, van der Hoek W, Goossens B, Secka A, Stegeman A (2014). *Coxiella burnetii* seroprevalence in small ruminants in The Gambia. *PLoS ONE*, 9(1): e85424. Doi.org/10.1371/journal.pone.0085424.
- Knight-Jones TJ, Hang'ombe MB, Songe MM, Sinkala Y, Grace D (2016). Microbial contamination and hygiene of fresh cow's milk produced by smallholders in Western Zambia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(5):737. Doi.org/10.3390/ijerph13070737.
- Köhler S, Ouahrani-Bettache S, Winum JY (2017). *Brucella suis* carbonic anhydrases and their inhibitors: Towards alternative antibiotics? *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 32(1):683-687.
- Kouamo J, Pa-ana P (2018). Typology of cattle farms in the northern regions of Cameroon. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 70 (3): 73-80.
- Kouamo J, Teitsa zangue C, Fambo nono SM, Mfopit YM (2017). Performances de reproduction et de production laitière des vaches White Fulani et Red Fulani dans les petits élevages traditionnels de la région du nord Cameroun. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6 (3): 294-299.
- Król J, Brodziak A, Topyła B (2016). The nutritional value of the milk of Simmental cows in relation to the season and production system. *World Review of Animal Production*, 6:20-24.

- Kuehn B (2018). Drug-resistant infections from raw milk. *Journal of the American Medical Association*, 319(12):1191. Doi.org/10.1001/jama.2018.2363.
- Kunadu APH, Holmes M, Miller EL, Grant AJ (2018). Microbiological quality and antimicrobial resistance characterization of *Salmonella spp.* in fresh milk value chains in Ghana. *International Journal of Food Microbiology*, 277:41-49.
- Lacasse P, Ollier S, Lollivier V, Boutinaud M (2016). New insights into the importance of prolactin in dairy ruminants. *Journal of Dairy Science*, 99(1):864-874.
- Laforest-Lapointe I, Messier C, Kembel SW (2016). Host species identity, site and time drive temperate tree phyllosphere bacterial community structure. *Microbiome*, 4(27). Doi.org/10.1186/s40168-016-0174-1.
- Lairini S, Beqqali N, Bouslamti R, Belkhou R, Zerrouq F (2014). Isolement des bactéries lactiques à partir des produits laitiers traditionnels Marocains et formulation d'un lait fermenté proche du Kéfir. *Afrique Science*, 10 (4): 267-277.
- Larsen T, Moyes KM (2015). Are free glucose and glucose-6-phosphate in milk indicators of specific physiological states in the cow? *Animal*, 9(1):86-93.
- Leclercq R, Canton R, Brown DF, Giske CG, Heisig P, Mac Gowan AP (2013). EUCAST expert rules in antimicrobial susceptibility testing. *Clinical Microbiology and Infection*, 19(2):141-160.
- LeJeune S (2021). Les fluoroquinolones. **Diplôme Universitaires de Thérapeutiques Anti-infectieuses, Université de Grenoble, Alpes, 77 p.**
- Lemoufouet J, Tendonkeng F, Mekuiko Watsop H, Djimsanodji A, Miegoue E, Mube Kuitche H (2020). Caractéristiques physico-chimique de l'eau d'abreuvement des ruminants dans la zone sahéenne du Tchad : cas de Batha Ouest. *Afrique Science*, 16(5) :44-54.
- Léonil J, Michalski MC, Martin P (2013). Les structures supramoléculaires du lait : structure et impact nutritionnel de la micelle de caséine et du globule gras. *INRA Productions Animales*. 26(2):129-144.
- Leyou B, Bouguetaib H (2014). Evaluation de la qualité de lait de vache à partir de la qualité physico-chimique de l'eau d'abreuvement. **Mémoire de Master, université Abou Baker belkaid- Tlemcen, 68 p.**

- Li F, Li C, Chen Y, Liu J, Zhang C, Irving B, Fitzsimmons C, Plastow G, Guan LL (2019). Host genetics influence the rumen microbiota and heritable rumen microbial features associate with feed efficiency in cattle. *Microbiome*, 7:(92). Doi.org/10.1186/s40168-019-0699-1.
- Lindahl JF, Deka RP, Asse R, Lapar L, Grace D (2018). Hygiene knowledge, attitudes and practices among dairy value chain actors in Assam, north-east India and the impact of a training intervention. *Infection Ecology and Epidemiology*, 8(1). Doi.org/10.1080/20008686.2018.1555444.
- Lindow SE, Brandl MT (2003). Mini review microbiology of the phyllosphere. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(4): 1875-1883.
- Litwinczuk A, Litwinczuk Z, Barłowska J, Florek M (2004). Animal materials-evaluation and use; Panstwowe Wydawnictwo Rolnicze iLesne: *Warszawa*, 24(2): 205-288.
- Liu J, Zhu Y, Jay-Russell M, Lemay DG, Mills DA (2020). Reservoirs of antimicrobial resistance genes in retail raw milk. *Microbiome*, 8(99). Doi.org/10.1186/s40168-020-00861-6.
- Liu ZG, Cao XA, Wang M, Piao DR, Zhao HY, Cui BY, Jiang H, Li ZJ (2019). Whole-genome sequencing of a *Brucella melitensis* strain (BMWS93) isolated from a bank clerk and exhibiting complete resistance to rifampin. *Microbiology Resource Announcements Journal*, 8(33). Doi.org/10.1128/MRA.01645-18.
- Looper M (2012). **Quantity and quality of water for dairy cattle**. Engormix.com.
- Lopez C (2011). Milk fat globules enveloped by their biological membrane: Unique colloidal assemblies with a specific composition and structure. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 16(5):391-404.
- López CE, Ramos LL, Ramadán SS, Bulacio LC (2003). Présence d'aflatoxine M1 dans le lait destiné à la consommation humaine en Argentine. *Contrôle des aliments*, 14 (1): 31-34.
- Loss G, Apprich S, Waser M, Kneifel W, Genuneit J, Buchele G (2011). The protective effect of farm milk consumption on childhood asthma and atopy: the Gabriela study. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 28(4):766-776.
- Lucey JA (2015). Raw milk consumption: Risks and benefits. *Nutrition Today*, 50(4): 189-193.
- Machado A, Rito T, Ghebremichael S, Muhate N, Maxhuza G, Macuamule C, Moiane I, Macucule B, Marranangumbe AS, Baptista J (2018). Genetic diversity and potential routes

- of transmission of *Mycobacterium bovis* in Mozambique. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 12(1). Doi.org/10.1371/journal.pntd.0006147.
- Maïworé J, Baane MP, Toudjani Amadou A, Daïbe Ouassing A, Tatsadjieu Ngoune L, Montet D (2018a). Influence des conditions de la traite sur les qualités physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecté à Maroua, Cameroun. *Afrique Science*, 14(4) : 235-248.
- Maïworé J, Baane MP, Ngoune Tatsadjieu L, Fadila JA, Yero MY, Montet D (2018b). Qualité microbiologique et physicochimique des laits fermentés consommés à Maroua (Cameroun). *International Journal of Biological Chemistry Sciences*, 12(3):1234-1246.
- Maïwore J, Youssouf D, Amadou TA, Baane MP, Ngoune TL, Montet D (2020). *Staphylococcus* in raw cow's milk from Maroua (Cameroon): determination of their resistance level to antibiotics. *Acta Scientific Microbiology*, 3(4): 44-52.
- Malbe M, Otstavel T, Kodis I, Viitak A (2010). Content of selected micro and macro elements in dairy cows' milk in Estonia. *Agronomy Research*, 8(11):323-326.
- Malmuthuge N, Guan L (2017). Understanding host-microbial interactions in rumen: searching the best opportunity for microbiota manipulation. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(8). Doi.org/10.1186/s40104-016-0135-3.
- Mani-lópez E, Palou E, López- malo AJ (2014). Probiotic viability and storage stability of yogurts and fermented milks prepared with several mixtures of lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 97(5):2578-2590.
- Mansour LM (2015). Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : effet de l'alimentation. **Thèse Présentée pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences.** 190 p.
- Marchesi JR, Ravel J (2015). The vocabulary of microbiome research: a proposal. *Microbiome*, 3(31). Doi.org/10.1186/s40168-015-0094-5
- Marshall BM, Ochieng DJ, Levy SB (2009). Commensals: unappreciated reservoir of antibiotic resistance. *Microbe*, 4(8):231-238.
- Matallah S, Bouchelaghem S, Matallah F (2015). Variations de la composition chimique du lait de vache Holstein dans le nord-est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 27. <http://www.lrrd.org/lrrd27/1/mata27016.html>.

- Mathieu J (1998). **Initiation à la physicochimie du lait**. Paris : Lavoisier, « Technique et Documentation ». 220 p.
- Mattiello S, Mariangela C, Crovetto GM, Riccardo F, Andrea M, Mina M, Giuliana P, Claudia R, Massimo Z, ASPA Commission “Animal Productions in Development Cooperation Projects” (2018). Typical dairy products in Africa from local animal resources. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3): 740-754.
- Mazzini E, Massimiliano L, Penna G, Rescigno M (2014). Oral tolerance can be established via gap junction transfer of fed antigens from CX3CR1+ macrophages to CD103+ dendritic cells. *Immunity*, 40(2):248-261.
- Mba FF, Temgoua E, Kengne PD, Natheu Kamhoua S (2019). Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution dans la ville de Dschang, Ouest-Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(5): 39-56.
- McLauchlin J, Aird H, Elliott A (2020). Microbiological quality of raw drinking milk and unpasteurised dairy products: results from England 2013–2019. *Epidemiology and Infection*, 148(135):1-12.
- Melini F, Melini V, Luziatelli F, Ruzzi R (2017). Raw and heat treated milk: from public health risks to nutritional quality. *Beverages*, 3(4). Doi.org/10.3390/beverages3040054.
- Merhabi F, Amine H, Halwani J (2019). Evaluation de la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha. *Journal Scientifique Libanais*, 20(1) :10-34.
- Mfonka Z (2019). Hydrodynamique et vulnérabilité des nappes en zone de socle fissuré et altéré: Cas de la localité de Fouban dans le bassin versant du Nchi (Ouest-Cameroun). **Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé 1**, 289 p.
- Mfonka Z, Kpoumié A, Ngouh AN, Moucherou OF, Nsangou D, Rakotondrabe F, Takounjou AF, Zammouri M, Ngoupayou JR, Ndjigui PD (2021). Water quality assessment in the bamoun plateau, western- Cameroon: hydrogeochemical modelling and multivariate statistical analysis approach. *Journal of Water Resource and Protection*, 13(2):112-138.
- Mfonka Z, Ndam Ngoupayou JR, Kpoumie A, Ndjigui PD, Zammouri M, Ngouh AN (2019). Hydrodynamic and groundwater vulnerability assessment of the shallow aquifer of the Fouban locality (Bamoun Plateau, Western-Cameroon). *Arabian Journal of Geosciences*, 12(165): 1-23.

- Mfonka Z, Ndam Ngoupayou JR, Ndjigui PD, Kpoumié A, Zammouri M, Ngouh AN, Moucherou OF, Rakotondrabe F, Rasolomanana EH (2018). A GIS-Based DRASTIC and GOD models for assessing alterites aquifer of three experimental watersheds in Fouban (western-Cameroon). *Groundwater and Sustainable Development*, 7(1):250-264.
- Michaud A, Plantureux S, Baumont R, Delaby L (2020). Les prairies, une richesse et un support d'innovation pour des élevages de ruminants plus durables et acceptables. *INRAE Productions Animales*, 33(3):153-172.
- Michel AL, Geoghegan C, Hlokwe T, Raseleka K, Getz WM, Marcotty T (2015). Longevity of *Mycobacterium bovis* in raw and traditional souring milk as a function of storage temperature and dose. *PLoS ONE*, 10(6):e0129926. Doi.org/10.1371/journal.pone.0129926.
- Milis CV, Tufarelli V, Kinigopoulou V, Mastrodimou C (2018). Water and manufacturing process effect on cow's milk content in essential inorganic elements. *Animal Science and Biotechnologies*, 51 (2): 18-25.
- MINEPAT (Ministère de l'Economie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire) 2015. **Rapport sur le développement économique du Cameroun : Région de l'Ouest**. 74 p.
- MINEPIA (Ministère de l'Elevage des Pêches et des Industries Animales) (2017). **Projet de développement de l'élevage (PRODEL). Manuel d'exécution du projet (MEP)**. 287 p.
- MINEPIA (Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries Animales) (2016). **Cadre de Gestion Environnementale et Sociale (CGES) du Projet de Développement de l'Elevage (PRODEL)**. 161 p.
- Miranda G, Bianchi L, Krupova Z, Trossat P, Martin P (2020). An improved LC-MS method to profile molecular diversity and quantify the six main bovine milk proteins, including genetic and splicing variants as well as post-translationally modified isoforms. *Food Chemistry*, 5(4). Doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100080.
- Monsallier F, Verdier-Metz I, Agabriel C, Martin B, Montel MC, (2012). Variability of microbial teat skin flora in relation to farming practices and individual dairy cow characteristics. *Dairy Science and Technology*, 3 (92): 265-278.
- Moussa RS, Alma MMM, Laouali MS, Natatou I, Habou I (2018). Caractérisation physico-chimique des eaux des aquifères du Continental Intercalaire / Hamadien et du Continental

- siems Terminal de la région de Zinder (Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(5): 2395-2411.
- Msalya G (2017). Contamination levels and identification of bacteria in milk sampled from three regions of Tanzania: Evidence from literature and laboratory analyses. *Veterinary Medicine International*. Doi.org/10.1155/2017/9096149.
- Msolo L, Igbinsola EO, Okoh AI (2016). Prevalence and antibiogram profiles of *Escherichia coli* O157: H7 isolates recovered from three selected dairy farms in the Eastern Cape Province, South Africa. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 6:990-995.
- Mungai EA, Behravesh CB, Gould LH (2015). Increased outbreaks associated with nonpasteurized milk, United States, 2007-2012. *Emerging Infectious Diseases*, 21(1): 119-122.
- Musallam I, Ndour AP, Yempabou D, Ngong CA, Dzousse MF, Mouiche-Mouliom MM (2019). Brucellosis in dairy herds: A public health concern in the milk supply chains of West and Central Africa. *Acta Tropica*, 197. Doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105042.
- Naylor D, Coleman-Derr D (2018). Drought stress and root-associated bacterial communities. *Frontiers in Plant Science*, 8. Doi.org/10.3389/fpls.2017.02223.
- Ndahetuye JB, Artursson K, Båge R, Ingabire A, Karege C, Djangwani Juvenal Nyman AK, Ongol MP, Tukei M, Persson Y (2020). Milk Symposium review: Microbiological quality and safety of milk from farm to milk collection centers in Rwanda. *Journal of Dairy Science*, 103(11):9730-9739.
- Ngong AI, Ajeegah GA, Kapso TM, Nguapidjio G, Sotchang MIO, Fouossong BI, Nnah MJP, Kechia KAI, Enoke P (2019). Physicochemical Quality of Water and Influence on the dynamics of bacteria circulating in water points for domestic use in Yaoundé (Cameroon). *International Journal of Natural Resource Ecology and Management*, 4(5):112-119.
- Nicola I, Cerutti F, Grego E, Bertone I, Gianella P, D'Angelo A, Peletto S, Bellino C (2017). Characterization of the upper and lower respiratory tract microbiota in Piedmontese calves. *Microbiome*, 5(152). Doi.org/10.1186/s40168-017-0372-5.
- Njoya D, Hajjaji M, Nkoumbou C, Elimbi A, Kwekam M, Njoya A, Yvon J, Njopwouo D (2010). Chemical and mineralogical characterization and ceramic suitability of raw feldspathic materials from Dschang (Cameroon). *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 24 (1):39-46.

- Njueya AK, Likeng JDH, Nono A (2012). Hydrodynamique et qualité des eaux souterraines dans le bassin sédimentaire de Douala (Cameroun) : cas des aquifères sur formations Quaternaires et Tertiaire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4):1874-1894.
- Nkalih Mefire Abiba (2016). Cartographie et propriétés physico-chimiques des argiles de Fouban (Ouest-Cameroun). **Thèse de Doctorat, Université de Liège**, 162 p.
- NMC (National Mastitis Council) (2017). **Laboratory Handbook on Bovine Mastitis**. Rev. ed. National Mastitis Council Inc., New Prague, MN, 148 p.
- Noah Ewoti OV, MOUNGANG ML, Djeala RM, Tamsa Arfao A, Tuekam Kayo RP, Nola M (2021). An evaluation of the abundance dynamics of some sporulating bacteria in the rainwater of the city of Yaounde (Central Africa). *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*, 29(2): 1-15.
- Nogalska A, Momot M, Nogalski Z (2020). The mineral composition of milk from high-yielding dairy cows depending on the month of lactation and udder health. *Applied Sciences*, 10(14). Doi.org/10.3390/app10144803.
- Nola M, Njiné T, Kemka N, Zébazé TSH, Servais P, Messouli M, Boutin CI, Monkiedje A, Foto MS (2006). Transfert des bactéries fécales vers une nappe phréatique à travers une colonne de sol en région équatoriale : influence de la charge en eau appliquée en surface. *Revue des Sciences de l'Eau*, 19(2): 69-149.
- Nsangou AS, Mbah DA, Tawah CL, Manchang TK, Bah GS, Manjeli Y, Njehoya CA, Mfopit Y, Nguetoum C (2021). Amélioration génétique bovine par voie de croisement et de sélection en Afrique Tropicale : Expériences du Cameroun. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, 17(1): 19-41.
- Nyokabi S, Luning PA, De Boer JM, Korir L, Muunda E, Bebe BO (2021). Milk quality and hygiene: Knowledge, attitudes and practices of smallholder dairy farmers in central Kenya. *Food Control*, 130. Doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108303.
- Ogundeji E, Onyemelukwe N, Nwuko A, Onuoha M, Ogundeji A, Osaretin J, Eze K (2015). Molecular detection of *Mycobacterium bovis* in cattle milk in Enugu State, Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*, 5(12):42-47.
- OIE (2016). **Brucellosis (*Brucella abortus*, *B. melitensis* and *B. suis*) (Infection with *B. abortus*, *B. melitensis* and *B. suis*)**. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, 10 p.

- Okomo Atouba LC, Chazot G, Moundi A, Agranier A, Bellon H, Nonnotte P, Nzenti JP Kankeu B (2016). Mantle sources beneath the Cameroon volcanic line: geochemistry and geochronology of the bamoun plateau mafic rocks. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(4):1-12.
- Omarak RA, Hinenoya A, Awasthi SP, Iguchi A, Shima A, Elbagory AR (2016). Prevalence and pathogenic potential of *Escherichia coli* isolates from raw milk and raw milk cheese in Egypt. *International Journal of Food Microbiology*, 16(221): 69-76.
- OMS (2018). *Escherichia coli (E. coli)*. Who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/E.coli. consulté le 07-02-2021.
- Owusu-Kwarteng J, Akabanda F, Agyei D, Jespersen L (2020). Microbial safety of milk production and fermented dairy products in Africa. *Microorganisms?* 8(5). Doi.org/10.3390/microorganisms8050752.
- Owusu-Kwarteng J, Wuni A, Akabanda F, Jespersen L (2018). Prevalence and characteristics of *Listeria monocytogenes* isolates in raw milk, heated milk and nunu, a spontaneously fermented milk beverage, in Ghana. *Beverages*, 4(2). Doi.org/10.3390/beverages4020040.
- Owusu-Kwarteng J, Wuni A, Akabanda F, Tano-Debrah K, Jespersen L (2017). Prevalence, virulence factor genes and antibiotic resistance of *Bacillus cereus* sensu lato isolated from dairy farms and traditional dairy products. *BMC Microbiology*, 17(65). Doi.org/10.1186/s12866-017-0975-9.
- Pacheco Fadul L (2016). Relations entre la composition du lait et les facteurs alimentaires dans les troupeaux laitiers québécois. **Thèse de Doctorat, Université de Laval, Québec, Canada**, 177p.
- Pandey GS, Hang'ombe BM, Mushabati F, Kataba A (2013). Prevalence of tuberculosis among southern Zambian cattle and isolation of *Mycobacterium bovis* in raw milk obtained from tuberculin positive cows. *Veterinary World*, 6(12):986-991.
- Perez PF, Dore J, Leclerc M, Levenez F, Benyacoub J, Serrant P, Segura-Roggero I, Schiffrin EJ, Donnet-Hughes A (2007). Bacterial imprinting of the neonatal immune system: lessons from maternal cells? *Pediatrics*, 119(3):724-732.
- Persico O (2021). Bon usage des aminosides et carbapénèmes en officine de ville : État des lieux dans la région Sud. **Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille-Faculté de Pharmacie**, 142 p.

- Peter F (2020). **Mesures de dispersion et de forme**. Statistiques (les stats en bulles) / Pearson Education, 22 p.
- Pexara A, Solomakos N, Govaris A (2018). Q fever and prevalence of *Coxiella burnetii* in milk. ***Trends in Food Science and Technology***, 71(4):65-72.
- Pires JA, Chilliard Y, Delavaud C, Rouel J, Pomiès D, Blanc F (2015). Physiological adaptations and ovarian cyclicity of Holstein and Montbéliarde cows under two low-input production systems. ***Animal***, 9(12):1986-1995.
- Plaizier JC, Krause DO, Gozho GN, McBride BW (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. ***Veterinary Journal***, 176(1):21-31.
- PRODEL (Projet de Développement de l'Élevage) (2020). **Rapport final : élaboration d'un plan de formation détaillé et opérationnel du personnel du PRODEL, du MINEPIA et des autres acteurs du sous-secteur de l'élevage**. 225p.
- Rakotomalala R (2017). Analyse de corrélation : Étude des dépendances- Variables quantitatives. **Support, Université Lumière Lyon 2**, 105 p.
- Ramayo-Caldas Y, Zingaretti L, Popova M, Estellé J, Bernard A, Pons N, Bellot P, Mach N, Rau A, Roume H, Perez-Enciso M, Faverdin P, Edouard N (2019). Identification of rumen microbial biomarkers linked to methane emission in Holstein dairy cows. ***Journal of Animal Breeding and Genetics***, 137(1): 49-59.
- Randolph GJ, Inaba K, Robbiani DF, Steinman RM, Muller WA (1999). Differentiation of phagocytic monocytes into lymph node dendritic cells in vivo. ***Immunity***, 11(6):753-761.
- Rattez C (2017). Les mammites subcliniques en élevage bovin laitier : antibiothérapie et alternatives. Sciences pharmaceutiques. **Thèse de Doctorat, Université de Rouen**, 230 p.
- Reisberg EE, Hildebrandt U, Riederer M, Hentschel U (2013). Distinct phyllosphere bacterial communities on Arabidopsis wax mutant leaves. ***PLoS ONE***, 8(11). Doi.org/10.1371/journal.pone.0078613.
- Robinson SE (2012). **Poisoning of livestock by plants**. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMARFA). 174 p.
- Roca I, Akova M, Baquero F, Carlet J, Cavalieri M, Coenen S (2015). The global threat of antimicrobial resistance: science for intervention. ***New Microbes New Infect***, 16(6):22-29.

- Rodier J, Legube B, Merlet N (2016). **L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer**. Technique et ingénierie, Paris, Dunod, 10 éd, 1824 p.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi PA., Harrigan T, Woznicki SA (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16: 145-163.
- Rowbotham RF, Ruegg PL (2016). Bacterial counts on teat skin and in new sand, recycled sand, and recycled manure solids used as bedding in freestalls. *Journal of Dairy Science*, 99(8):6594-6608.
- Rubach MP, Halliday JEB, Cleaveland S, Crump JA (2013). Brucellosis in low-income and middle-income countries. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 26(5):04-12.
- Sanchez MP, Govignon-Gion A, Croiseau P, Fritz S, Hozé C, Miranda G, Martin P (2017). Within-breed and multibreed GWAS on imputed whole-genome sequence variants reveal candidate mutations affecting milk protein composition in dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*, 49(68). Doi.org/10.1186/s12711-017-0344-z.
- Sandjo Bangmou W (2020). Caractérisation des exploitations de vaches laitières et composition physicochimique du lait cru produit: cas de la région de l'Ouest Cameroun. **Mémoire de Master en Biotechnologies et Productions Animales, Université de Dschang**, 85 p.
- Santé Canada (2021). **Categorization of antimicrobial drugs based on their importance in human medicine**. http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/vet/antimicrob/amr_ram_hum-med-rev-fra.php.
- Santé Canada (2015). **Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada**. 43p.
- Schütz K (2012). **Effects of providing clean water on the health and productivity of cattle**. National Research Council Canada-Annual Reports, 23 p.
- Schwarz S, Schink AC, Roberts MC (2017). Mechanisms of Bacterial Resistance to Antimicrobial Agents. *Microbiology Spectrum*, 6(1): 51-82.
- Sergeev N, Distler M, Vargas M, Chizhikov V, Herold KE, Rasooly A (2006). Micro array analysis of *Bacillus cereus* group virulence factors. *Journal of Microbiological Methods*, 65(3):488-502.
- Sichewo PR, Etter EM, Michel AL (2019). Prevalence of *Mycobacterium bovis* infection in traditionally managed cattle at the wildlife-livestock interface in South Africa in the absence of control measures. *Veterinary Research Communications*, 43(3):155-164.

- Silva ML, Cargnello C, Aulois-Griot M, Dumartina C (2019). Antibiotic misuse: How to evaluate the costs? Mésusage des antibiotiques : quelle évaluation du coût ? *Médecine et Maladies Infectieuses*, 49(7):485-494.
- Sraïri MT, Benhouda H, Kuper M, Le Gal PY (2009). Effect of cattle management practices on raw milk quality on farms operating in a two-stage dairy chain. *Tropical Animal Health and Production*, 41: 259-272.
- Sraïri MT, Bensalem M, Bourbouze A, Elloumi M, Faye B, Madani T, Yakhlef H (2007). Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb. *Cahier Agriculture*, 16(4):251-257.
- Staaf Larsson B, Petersson E, Stéen M, Hultgren J (2021). Visual assessment of body condition and skin soiling in cattle by professionals and undergraduate students using photo slides. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 70(1):31-40.
- Stasiuk E, Przybyłowski P (2011). Content of calcium and magnesium in samples of milk of different origin. *Bromatologiai Chemia Toksykologiczna*, 44(3):581-584.
- Swartz JD, Lachman M, Westveer K, O'Neill T, Geary T, Kott RW, Berardinelli JG, Hatfield PG, Thomson JM, (2014). Characterization of the vaginal microbiota of ewes and cows reveals a unique microbiota with low levels of *Lactobacilli* and near neutral pH. *Frontiers in Veterinary Science*, 1(19). Doi.org/10.3389/fvets.2014.00019.
- Tachet H, Richoux P, Bournaud M, Usseglio-Polatera P (2010). **Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie.** Nouvelle édition revue et augmentée. CNRS éditions, Paris, 607 p.
- Tadesse HA, Gidey NB, Workelule K, Hailu H, Gidey S, Bsrat A, Taddele H. (2018). Antimicrobial resistance profile of *E. coli* isolated from raw cow milk and fresh fruit juice in Mekelle, Tigray, Ethiopia. *Veterinary Medicine International*, 8903142. Doi: 10.1155/2018/8903142.
- Tadesse T, Dabassa A (2012). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated From raw milk samples collected from Kersa District, Jimma Zone, Southwest Ethiopia. *Journal of Medical Sciences*, 12(7): 224-28.
- Tahoun AB, Elez RMA, Abdelfatah EN, Elsohaby I, El-Gedawy AA, Elmoslemany AM (2017). *Listeria monocytogenes* in raw milk, milking equipment and dairy workers: Molecular characterization and antimicrobial resistance patterns. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 10:264-270.

- Tapio I, Shingfield KJ, McKain N, Bonin A, Fischer D, Bayat AR, Vilkki J, Taberlet P, Snelling TJ, Wallace RJ (2016). Oral samples as non-invasive proxies for assessing the composition of the rumen microbial community. *PloS one*, 11(3). Doi.org/10.1371/journal.pone.0151220.
- Tasci F (2011). Microbiological and chemical properties of raw milk consumed in Burdur. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(5):635-641.
- Tchakounté J, Eglinger A, Toteu SF, Zeh A, Nkoumbou C, Mvondo Ondo J, Penaye J, de Wit M, Barbey P (2017). The Adamawa-Yadé Domain, a Piece of Archaean Crust in the Neoproterozoic Central African Orogenic Belt (Bafia area, Cameroon). *Precambrian Research*, 299:210-229.
- Teshome B Teklemariam Z, Ayana D, Marami D, Asaminew N (2019). *Salmonella* and *Shigella* among patients with diarrhea at public health facilities in Adama, Ethiopia: Prevalence, antimicrobial susceptibility pattern, and associated factors. *SAGE Open Medicine*, 7(4): 1-8.
- Trevisan D, Vansteelant JY, Dorioz JM (2001). Survival and leaching of faecal microorganisms after slurry spreading on mountain meadows: consequences for the management of water contamination risk. *Water Research*, 36(1): 275-283.
- Trouvelot S, HÃ©loir M-C, Poinssot B, Gauthier A, Paris F, Guillier C, Combi M, TrdÃ; L, Daire X, Adrian M (2014). Carbohydrates in plant immunity and plant protection: roles and potential application as foliar sprays. *Frontiers in Plant Science*, 5: 1-14.
- Um MM (2017). *Escherichia coli* entérohémorragiques et/ou résistantes aux antibiotiques : contamination des effluents d'origine bovine. **Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier-Toulouse III**. 218 p.
- Umar S, Munir MT, Azeem T, Ali S, Umar W, Rehman A, Shah MA (2014). Effects of water quality on productivity and performance of livestock: A mini review. *Veterinaria*, 1(2): 11-15.
- Usman U, Kwaga J, Kabir J, Olonitola O (2016). Isolation and antimicrobial susceptibility of *Listeria monocytogenes* from raw milk and milk products in Northern Kaduna State, Nigeria. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 4(3):46-54.
- Vanderburg S, Rubach MP, Halliday JE, Cleaveland S, Reddy EA, Crump JA (2014). Epidemiology of *Coxiella burnetii* infection in Africa: A One Health systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 8(8). Doi.org/10.1371/journal.pntd.0002787.

- Velázquez-Ordoñez V, Valladares-Carranza B, Tenorio-Borroto E, Talavera-Rojas M, Varela-Guerrero JA, Acosta-Dibarrat Jorge J, (2019). Microbial contamination in milk quality and health risk of the consumers of raw milk and dairy products. *Nutrition in Health and Disease-Our Challenges Now and Forthcoming time*, 25. Doi.org/10.5772/intechopen.86182.
- Veysiere A (2019). La résistance aux antibiotiques des bactéries les plus communément rencontrées dans les infections communautaires état des lieux en 2019. **Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux**, 107p.
- Vicar KE, Feglo KP, Acquah KES, Williams W, Saba SKC, Mensah GI (2019). Antibiotic resistant acteria in raw cow milk and milk products retailed in the Northern Region of Ghana; a food safety challenge. *Journal of Food Safety and Hygiene*, 5(4): 206-213.
- Vignola CL (2010). **Science et technologie du lait, Transformation du lait**. Edition Presses internationales polytechniques, 532 p.
- Villeneuve L, Cinq-Mars D (2015). **L'analyse de fourrage : un outil de travail**. Édition Automne 2015 de l'Ovin Québec, pp 29-31.
- Vorholt JA (2012). Microbial life in the phyllosphere. Nature reviews. *Microbiology* 10(12): 828-840.
- Walsh AM, Crispie F, Daari K, O'Sullivan O, Martin JC, Arthur CT, Claesson MJ, Scott KP, Cotter PD (2017). Strain-level metagenomic analysis of the fermented dairy beverage nunu highlights potential food safety risks. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(16). Doi.org/10.1128/AEM.01144-17.
- Wang W, Lu X, Li C, Ri MJ, Cui W (2020). A man with recurrent fever, arthritis, and rashes-brucellosis? Case report - *BMC Infectious Disease*, 20(18). Doi.org/10.1186/s12879-019-4746-0
- Wang Z, Li J, Lai C (2018). Drying tendency dominating the global grain production area. *Global Food Security*, 16: 138-149.
- Wanjala G, Mathooko F, Kutima P, Mathara J (2017). Microbiological quality and safety of raw and pasteurized milk marketed in and around Nairobi region. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 17(1): 11518-11532.
- Ward JH (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistical Association*, 58(301):236-244.

- Wareth G, El-Diasty M, Abdel-Hamid NH, Holzer K, Hamdy MER, Moustafa S, Shahein MA, Melzer F, Beyer W, Pletz MW, Neubauer H (2021). Molecular characterization and antimicrobial susceptibility testing of clinical and non-clinical *Brucella melitensis* and *Brucella abortus* isolates from Egypt. *One Health*, 13. Doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100255.
- Wellington EM, Boxall AB, Cross P, Feil EJ, Gaze WH, Hawkey PM (2013). The role of the natural environment in the emergence of antibiotic resistance in gram-negative bacteria. *Lancet Infectious Diseases*, 13(2): 155-165.
- Whatmore AM, Davison N, Cloeckaert A, Al Dahouk S, Zygmunt MS, Brew SD, Perrett LL (2014). *Brucella papionis* sp. nov., isolated from baboons (*Papio spp.*). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(12): 4120-4128.
- Whipps JM, Hand P, Pink D, Bending GD (2008). Phyllosphere microbiology with special reference to diversity and plant genotype. *Journal of applied microbiology*, 105(6):1744-1755.
- Whitehead DC (2000). **Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships**. CABI Publishing. Wallingford, UK. 369 p.
- WHO (World Health Organization) (2006). **Brucellosis in humans and animals**. http://www.who.int/csr/resources/publications/deliberate/WHO_CDS_EPR_2006_7/en/
- WHO (World Health Organization) (2020). **The Control of Neglected Zoonotic Diseases: A Route to Poverty Alleviation**. Report of a Joint WHO/DFID-AHP Meeting, 20 and 21 September 2005, WHO Headquarters; WHO: Geneva, Italy, 2005, pp 1-54.
- Yaseen Mir M, Saima H, Parray JA (2022). **Chapter 5 - Phyllosphere microbiomes: implications and ecofunctional diversity**. Editors: Aparna Gunjal, Sonali Shinde. *Microbial Diversity in Hotspots*, Academic Press, p 81-95.
- Yilma M, Mamo G, Mammo B (2016). Review on brucellosis sero-prevalence and ecology in livestock and human population of Ethiopia. *Achievements in the Life Sciences*, 10(1):80-86.
- Yobouet BA, Kouamé-Sina SM, Dadié A, Makita K, Grace D, Djè KM, Bonfoh B (2014). Contamination of raw milk with *Bacillus cereus* from farm to retail in Abidjan, Côte d'Ivoire and possible health implications. *Dairy Science and Technology*, 94(1): 51-60.

- Young W, Hine BC, Wallace OA, Callaghan M, Bibiloni R (2015). Transfer of intestinal bacterial components to mammary secretions in the cow. *PeerJ*, 23(3). Doi.org/10.7717/peerj.888.
- Zeineldin M, Lowe J, Aldridge B (2019). Contribution of the mucosal microbiota to bovine respiratory health. *Trends in Microbiology*, 27(9):753-770.
- Zened A, Forano E, Delbes C, Verdier-Metz I, Morgavi D, Popova M (2021). Les microbiotes des ruminants : état des lieux de la recherche et impacts des microbiotes sur les performances et la santé des animaux. *INRAE Productions Animales*, 33(4) :249-260.
- Zhalnina K, Dias R, de Quadros PD, Davis-Richardson A, Camargo FAO, Clark IM (2014). Soil pH Determines Microbial Diversity and Composition in the Park Grass Experiment. *Microbial Ecology*, 69(2): 395-406.
- Zhang R, Huo W, Zhu W, Mao S (2015). Characterization of bacterial community of raw milk from dairy cows during subacute ruminal acidosis challenge by high-throughput sequencing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(5):1072-1079.
- Žifčáková L, Větrovský T, Howe A, Baldrien P (2016). Microbial activity in forest soil reflects the changes in ecosystem properties between summer and winter. *Environmental Microbiology*, 18(1): 288-301.
- Zigo F, Vasil' M, Ondrašovic' ová S, Výrostková J, Bujok J, Pecka-Kielb E (2021). Maintaining Optimal Mammary Gland Health and Prevention of Mastitis. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. Doi.org/10.3389/fvets.2021.607311.
- Zinicola M, Lima F, Lima S, Machado V, Gomez M, Döpfer (2015). Altered microbiomes in bovine digital dermatitis lesions, and the gut as a pathogen reservoir. *PloS One*, 10(3). Doi.org/10.1371/journal.pone.0120504.
- Zwierzchowski G, Ametaj BN (2019). Mineral elements in the raw milk of several dairy farms in the Province of Alberta. *Foods*, 8(8):345. Doi.org/10.3390/foods8080345.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiches d'enquêtes

FICHE D'ENQUETE ELEVEUR		
Exploitation de :		
Nom:		
N° de téléphone:		
Ville:		
Commune:		
Enquête réalisée le:		
1- Caractéristiques de l'exploitation		
1•1 Atelier lait		
• Nombre de vaches laitières	/.../	
• Litrage livrée par jour	/.../	
• Type de logement		
aire paillée- aire d'exercice non couverte	1- <input type="checkbox"/>	
aire paillée- aire d'exercice couverte	2- <input type="checkbox"/>	
• type de traite		
traditionnelle	1- <input type="checkbox"/>	
moderne	2- <input type="checkbox"/>	
• stockage des déjections		
fosse	1- <input type="checkbox"/>	
fumière	2- <input type="checkbox"/>	
système particulier à préciser	3- <input type="checkbox"/>	
aucun	4- <input type="checkbox"/>	
1•2 Autres ateliers		
	sur l'exploitation	ds le voisinage
• Production de veaux sevrés	/.../	/.../
• Engraissement de taurillons	/.../	/.../
• Production de porcs	/.../	/.../
• Production de volailles	/.../	/.../
• Chèvres	/.../	/.../
• Moutons	/.../	/.../
• Autres:.....	/.../	/.../
2-Etat sanitaire du troupeau au cours des 12 derniers mois		
• Répartition des vélages:		
vélages étalées sur l'année	1- <input type="checkbox"/> oui	2- <input type="checkbox"/> non
si non, sur quelle période: / 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12/		
	Depuis 2 mois	depuis 1 an
• VL traitées pour mammites cliniques	/.../	/.../
• Chute de production laitières importante (non dues à des causes alimentaires)	/.../	/.../
• Diarrhées des vaches laitières	/.../	/.../
• Vaches mortes ou reformées pour maladie	/.../	/.../
• Diarrhée de veaux	/.../	/.../
• Veaux morts	/.../	/.../
• Avortements	/.../	/.../
• Vélages avant terme	/.../	/.../
• Cas de suspicion d'infection pathogène	/.../	/.../
• Autres maladies (affections respiratoire..)	/.../	/.../
Lesquelles :.....		
Préciser le nombre d'animaux concernés.....		
• Y a-t-il eu des analyses de laboratoire ?	1- <input type="checkbox"/> oui	2- <input type="checkbox"/> non
si oui, date (s):.....		

3- Utilisation d'Antibiotiques-Programme de prophylaxie		
3.1	Utilisez-vous des antibiotiques pour soigner les vaches laitières lorsqu'elles sont malades? Si oui, lesquels	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
3.2	L'antibiotique a-t-il été prescrit par un vétérinaire ou un agent de la santé?	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
3.3	Combien de jours avez-vous attendu après administration de l'antibiotique pour commencer la traite des vaches?	
3.4	Votre ferme est-elle inclus ou bien suit un programme de vaccination? Si oui, lesquels	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
4- Alimentation des animaux		
4* 1	Nature des principaux fourrages consommés par la vache laitière (taries ou en production) au cours des 2 derniers mois.	
	• pâturage/herbe fauchée	vaches taries/ vache en production
	• Foin	vaches taries/ vache en production
	• Ensilage d'herbe	vaches taries/ vache en production
	• Ensilage de maïs	vaches taries/ vache en production
	• Autres (préciser) :	vaches taries/ vache en production
4* 2	Les aliments consommés par les vaches laitières au cours des 2 demers mois	
	4-2-1 Origine	
	• Achetés dans le commerce	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Fabriqué à la ferme	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• autre	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	4-2-2 Nature des aliments distribués au cours des 2 derniers mois	
	• tourteaux, à préciser :	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Céréales, à préciser :	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Pulpes, à préciser :	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	4-2-3 Conditions de stockage des aliments	
	• lieu accessible aux oiseaux	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• lieu accessible aux rongeurs	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	•Présence d'autres risques de contamination pendant le stockage, Préciser:	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	4-2-4 Le mode de distribution	
	• il entraîne un risque de souillure par les bouses	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	4-3 Qualité de l'eau	
	• Origine de l'eau 1- <input type="checkbox"/> réseau	2- <input type="checkbox"/> puit 3- <input type="checkbox"/> autre
	si forage:	
	- la contamination est-elle possible par des déjections diverses ?	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	- Nature des déjections : Boues de stations d'épuration	1 <input type="checkbox"/>
	Fosses septiques	2 <input type="checkbox"/>
	Autres, à préciser:	3 <input type="checkbox"/>
	- l'eau est-elle désinfectée sur l'exploitation ?	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	•Mode de distribution pour les VL en lactation	
	-abreuvoir à palette	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-abreuvoir à boule	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-bac	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-autres	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Propreté des abreuvoirs des VL en lactation	1 <input type="checkbox"/> acceptable 2- <input type="checkbox"/> mauvaise
	•Matériau des abreuvoirs des VL en lactation	
	-ciment	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-plastique/tôle	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-autre (préciser) :	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	•Fréquence de nettoyage (VL en lactation)	
	Plus fréquemment	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	tous les 15 jours	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	tous les mois	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	moins fréquemment que tous les mois	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	aucun	1 <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non

5 Conditions d'hygiène dans l'exploitation		
5• 1	Logement des animaux	
	5• 1• 1 Environnement	
	• Proximité d'une décharge ou d'une déchetterie ?	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Présence de chiens	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Présence de rongeurs	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Présence d'oiseau	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Bonne séparation physique entre les espèces (volaille, porcs)	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	5-2 l'hygiène de la traite	
	5-2-1 Hygiène et organisation générale	
	• Trayeurs	
	-nombre de trayeurs présents en permanence	/.../
	-alternance de trayeurs	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	lavage des mains du trayeur d'une vache à l'autre	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Avant de commencer la traite :	
	-la tenue du trayeur est propre	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-le trayeur se lave les mains	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	5-2-2 Préparation des trayons avant la traite	
	• Absence de préparation	1- <input type="checkbox"/>
	• Préparation à sec par massage des mamelles avec ou sans chiffon	2- <input type="checkbox"/>
	• Préparation des mamelles par le veau	3- <input type="checkbox"/>
	• Utilisation de douchettes	4- <input type="checkbox"/>
	-seuls les trayons sont mouillés	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-essuyage individualisé (un papier par animal par ex.)	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	5-2-3 Elimination des premiers jets	
	• Elimination systématique, sur tous les animaux des premiers jets	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Si oui, est-ce :	
	-sur le sol ?	1- <input type="checkbox"/>
	-dans la main ?	2- <input type="checkbox"/>
	-dans un récipient ?	3- <input type="checkbox"/>
	5-2-4 Désinfection des trayons après la traite	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Systématiquement (toutes les vaches, toute l'année)	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	5-2-5 Conditions de traite	
	• La traite se déroule dans des conditions calmes	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Chute de faisceaux /1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15/	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Les faisceaux qui chutent pendant la traite sont nettoyés	
	Correctement au jet	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• Bouses pendant la traite :	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	5-2-6 Etat du matériel après la traite	
	• Aspect correct (bien lavé et en bon état) pour :	
	-le seau	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-la caoutchouterie	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	-la calebasse	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	4-2-7 Filtration du lait	
	• Présence d'un système de filtration du lait	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
	• si oui, type de filtre :	
	-en fibre, changé après chaque traite	1- <input type="checkbox"/>
	-métallique	2- <input type="checkbox"/>

6- Devenir du lait après la traite		
6•1 Lait après la traite		
• Traitement du lait recueilli		
filtration :.....	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non	
pasteurisation:.....	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non	
ajout d'éléments:.....	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non	
• Matériel de conditionnement		
Seau plastique	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non	
Bouteille en plastique	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non	
Autres:.....	1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non	
• Refroidissement immédiat		1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
• Vente immédiate		1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
• Atelier de vente		1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
• Environnement de vente:.....		1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
• Stockage du lait destinée à la vente		
-dans une glacière	1- <input type="checkbox"/>	
-sur une table	2- <input type="checkbox"/>	
-sur le sol	3- <input type="checkbox"/>	
-autres:.....	4- <input type="checkbox"/>	
• Température ambiante		/.....°C
• Atelier de transformation dans la zone		1- <input type="checkbox"/> oui 2- <input type="checkbox"/> non
• Produits laitiers dérivés :		

Annexe 2 : Composition des milieux de culture (pour un litre d'eau distillée)

- **Gélose nutritive PCA (Plate Count Agar)**

Peptone de caséine : 5 g
Extrait de levure : 2,5g
Glucose : 1g
Agar : 15g
pH=7

- **Gélose Endo**

Peptone : 10g
Lactose : 10g
Fuchsine basique à 10 % dans l'éthanol : 4ml
Hydrogénophosphate de potassium : 3,5 g
Sulfite de sodium : 10g
Agar : 15g
pH = 7,5.

- **Gélose Salmonella-Shigelle**

Peptone : 5,0 g
Extrait de viande : 5,0 g
Sels biliaires : 8,5 g
Vert brillant : 0,33 mg
Lactose : 10,0 g
Rouge neutre : 25 mg
Thiosulfate de sodium : 8,5 g
Citrate ferrique ammoniacal : 1,0 g
Citrate de sodium : 8,5 g
Agar : 15,0 g
pH = 7,3

- **Brucella agar**

Peptone : 10 g
Extrait de viande de bœuf : 5 g
Glucose : 10 g
Chlorure de sodium : 5 g
Agar : 15 g
pH=7,5

Brucella supplement (par flacon)

Polymyxine B : 2 500 UI
Bacitracine : 12 500 UI
Cycloheximide : 50 mg

Acide nalidixique : 2,5 mg
Nystatine : 50 000 UI
Vancomycine : 10 mg

Chaque flacon permet de supplémenter 500 ml de milieu.

- **Gélose MRS (deMan, Rogosa, Sharpe)**

Peptone : 10 g
Extrait de viande : 8 g
Extrait de levure : 4 g
Glucose : 20 g
Acétate de sodium trihydraté : 5 g
Citrate d'ammonium : 2 g
Tween 80 : 1 ml
Hydrogénophosphate de potassium : 2 g
Sulfate de magnésium heptahydraté : 0,2 g
Sulfate de manganèse tétrahydraté : 0,05 g
Agar : 10 g
pH = 6,2

- **Gélose PDA (Potato dextrose Agar)**

Extrait de pomme de terre : 4 g
Glucose : 20 g
Agar : 15 g
pH = 5,6

- **Lauryl tryptose bouillon**

Tryptose : 20 g
Lactose : 5 g
Chlorure de sodium : 5 g
Sodium laurylsulfate : 0,1g
Phosphate dipotassique : 2,75 g
Phosphate monopotassique : 2,75g
pH = 6,8

- **Vert brillant bile bouillon lactose**

Tryptone : 10 g
Bile de boeuf : 20 g
Lactose : 10 g
Vert brillant : 0,013 g
pH = 7,2

- **Eau peptonnée**

Peptone : 10 g

Chlorure de sodium : 5g

pH = 7,2

- **Bouillon au sélénite**

Tryptone : 5 g

Lactose : 4 g

Sélénite : 4 g

Hydrogénosélénite de sodium : 4,0 g

pH = 7

- **Milieu Kligler Hajna**

Peptone : 15 g

Extrait de viande : 3 g

Extrait de levure : 3 g

Peptone pepsique de viande : 5 g

Glucose : 1 g

Lactose : 10 g

Rouge de phénol 25 mg

Chlorure de sodium : 5 g

Sulfate ferreux : 0,2 g

Thiosulfate de sodium : 0,3 g

Agar : 11 g

Annexe 3: Détermination de l'acidité titrable et la matière sèche totale du lait



Mesure de l'acidité titrable du lait



Détermination de la matière sèche totale du lait

Annexe 4 : Analyses microbiologiques des échantillons d'eau d'abreuvement, de fourrage vert et de lait cru prélevés



Annexe 5 : Variation des paramètres physicochimiques de l'eau d'abreuvement de quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest suivant les mois de campagne (de décembre 2019 à octobre 2020)

Sites	M	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	FT
Potentiel Hydrogène (UC)												
Décembre	6.2	5.4	5.4	5.4	5.65	5.6	6.1	5.75	5.83	5.28	5.87	6.09
Février	6.95	6.95	6.99	7.02	7.13	6.89	6.99	7.86	7.64	6.6	7.09	6.7
Avril	6.46	7.01	7.13	7.35	7.57	7.71	6.99	7.24	7.32	7.13	7.84	6.34
Juin	6.37	6.96	6.82	7.03	6.76	7.11	6.65	6.6	7.13	6.5	6.38	6.96
Août	6.37	6.96	6.82	7.03	6.76	7.11	6.65	6.6	7.13	6.5	6.38	6.96
Octobre	6.2	5.4	5.4	5.4	5.65	5.6	6.1	5.75	5.83	5.28	5.87	6.09
Turbidité (FTU)												
Décembre	2	4	4	4	4	4	12	16	14	20	19	12
Février	12	10	9	15	10	8	6	10	7	16	16	8
Avril	12	10	9	9	12	13	6	4	6	1	26	2
Juin	24	16	18	21	23	22	25	23	22	24	32	10
Août	22	14	16	19	21	20	23	21	20	22	30	8
Octobre	2	4	4	4	4	4	12	16	14	20	19	12
Couleur (Pt.Co)												
Décembre	0	10	10	10	10	10	30	30	10	150	146	6
Février	50	45	30	50	48	30	5	15	13	55	125	15
Avril	40	140	110	103	180	190	60	60	25	5	140	15
Juin	125	145	156	130	142	132	136	140	131	135	175	55
Août	120	140	151	125	138	128	131	135	128	130	170	50
Octobre	0	9	9	9	10	10	28	30	10	145	146	6
Calcium (mg/l)												
Décembre	6	20	15	18	35	25	16	74	68	28	26	4
Février	36	8	7	10	9	6	2	2	2	0	1	19
Avril	36	2	2	2	2	2	4	64	40	64	72	60
Juin	2	120	89	135	90	110	102	92	87	96	2	60

Août	2	136	85	131	86	104	100	90	83	92	2	54
Octobre	6	20	15	18	35	25	16	74	68	28	26	4
Magnésium (mg/l)												
Décembre	50	65	45	50	65	65	1	50	40	50	50	30
Février	29	45	45	40	47	32	15	22	20	32	31	86
Avril	3	1	1	1	1	1	5	5	1	14	1	12
Juin	3	15	14	24	11	15	10	9	6	8	10	17
Août	3	15	14	24	11	15	10	9	6	8	10	17
Octobre	50	65	45	50	65	65	1	50	40	50	50	30

Annexe 6 : Variation des paramètres physicochimiques du fourrage vert consommé par les vaches dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest suivant les mois de campagne (de décembre 2019 à octobre 2020)

Sites	M	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	FT
Calcium (mg/kg)												
Décembre	4430	3980	4950	4300	785	2825	4800	4185	5000	4020	1970	3960
Février	4780	4100	5450	5300	785	3325	4800	4500	5940	4020	1970	4960
Avril	530	90	125	95	90	100	30	1110	60	230	350	1050
Juin	780	600	450	1300	285	825	800	500	440	520	970	560
Août	760	580	430	1280	265	805	780	480	420	500	950	540
Octobre	585	405	255	1105	90	630	605	305	245	325	775	365
Magnésium (mg/kg)												
Décembre	1400	1280	875	2725	3600	1450	3375	3120	1820	2800	4750	1505
Février	4900	5780	2875	4725	6100	4140	6375	6120	5320	4800	4850	3005
Avril	125	10	20	10	15	10	55	5	5	0	60	85
Juin	900	780	875	725	1100	950	2875	1120	320	300	350	1005
Août	880	760	855	705	1080	930	2855	1100	300	28	330	985
Octobre	1300	1280	875	2657	3600	1450	3375	3000	1820	2900	3750	1505

Annexe 7: Variation des paramètres physicochimiques du lait cru produit dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest suivant les mois de campagne (de décembre 2019 à octobre 2020)

Sites	M	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	FT
Potentiel Hydrogène (UC)												
Décembre	6.27	6.1	6.24	6.25	6.12	6.26	6.36	6.24	6.32	6.25	6.35	6.23
Février	6.24	5.93	6.18	6.05	6.18	6.36	5.89	6.01	6.13	6.03	6.01	6.58
Avril.	6.6	6.4	6.34	6.17	6.25	6.28	6.42	6.38	6.29	6.21	6.21	6.38
Juin	6.54	6.04	6.56	6.53	6.44	6.39	6.63	6.68	6.6	6.49	6.22	6.56
Août	6.54	6.04	6.56	6.53	6.44	6.39	6.63	6.68	6.6	6.49	6.22	6.56
Octobre	6.2	6.1	6.24	6.25	6.12	6.26	6.3	6.24	6.32	6.25	6.3	6.23
Acidité titrable (°D)												
Décembre	15	20	16	16	20	15	15	16	15	15	15	15
Février	15	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15
Avril.	18	19	20	21	22	23	16	15	15	15	16	15
Juin	20	19	18	17	16	17	15	15	15	15	16	16
Août	19	18	17	16	15	16	14	14	14	14	15	15
Octobre	12	18	14	14	18	15	15	14	11	13	14	15
Matière sèche (g/l)												
Décembre	129.653	129.660	129.403	131.070	128.153	127.957	128.057	128.997	128.943	129.190	128.657	130.567
Février	126.720	126.600	126.640	127.490	130.250	129.510	131.800	132.040	131.070	130.110	133.870	126.240
Avril.	130.560	131.660	131.920	128.410	130.670	131.700	130.920	130.350	129.930	129.910	130.030	130.710
Juin	130.620	130.780	130.520	129.830	129.560	129.840	131.190	129.880	129.760	128.740	129.620	129.980
Août	130.620	130.780	130.520	129.830	129.560	129.840	131.190	129.880	129.760	128.740	129.620	129.980
Octobre	124.653	124.660	124.403	126.070	123.153	122.957	123.057	123.997	123.943	124.190	123.657	125.567
Densité (g/cm²)												
Décembre	1.033	1.033	1.033	1.035	1.032	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.034
Février	1.021	1.028	1.023	1.023	1.023	1.022	1.027	1.037	1.033	1.022	1.021	1.02
Avril.	1.023	1.037	1.038	1.036	1.036	1.037	1.038	1.034	1.039	1.034	1.035	1.039

Juin	1.033	1.033	1.033	1.032	1.035	1.023	1.038	1.033	1.029	1.037	1.033	1.032
Août	1.033	1.032	1.034	1.032	1.035	1.023	1.038	1.033	1.026	1.037	1.033	1.032
Octobre	1.033	1.033	1.033	1.035	1.032	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.034
Calcium (mg/l)												
Décembre	72	36	645	960	1160	1280	1024	5760	5504	1776	1647	320
Février	1124	792	1342	1524	148	967	1792	4608	4826	912	576	1088
Avril.	418	701	549	1018	118	84	284	618	1214	1784	401	809
Juin	729	823	426	1243	292	1644	1217	701	612	1064	724	1101
Août	729	823	426	1243	292	1644	1217	701	612	1064	724	1101
Octobre	70	35	524	860	1234	1280	1024	4563	5504	1756	1440	220
Magnésium (mg/l)												
Décembre	161.6	256	85.8	64	22.4	256	18	364.8	198.4	152	147.8	20.1
Février	202	624	71	184.9	454	87.7	90	462	364.4	100	144	70.1
Avril.	12	11.6	80	41	118.4	81.2	14.4	181.1	21	11.5	172	8.9
Juin	60.1	50.1	142.3	1.9	122.1	178.4	879.2	304.1	64.7	142.5	60.5	324.6
Août	60.1	50.1	142.3	1.9	122.1	178.4	879.2	304.1	64.7	142.5	60.5	324.6
Octobre	162.3	216	35.4	54	22.4	214.5	18	334.8	198.4	135.6	123.5	20.1

Annexe 8: Variation des abondances cellulaires moyennes dans l'eau d'abreuvement analysée ($\times 10^4$ UFC/ml) suivant les mois de campagnes dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest (de décembre 2019 à Octobre 2020)

Sites	M	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	FT
Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles (BHAM)												
Décembre	64	6130	5333	4914	6062	7317	13826	10770	11122	13760	10948	12458
Février	53	1808	2380	1804	1518	2383	2158	1536	1634	2088	2282	1958
Avril	40	11186	11290	10715	11226	10524	10056	9186	7288	11072	12192	8441
Juin	944	5687	6245	4700	6654	7790	2130	5831	6645	6885	8892	3750
Août	1040	553	643	1192	508	579	831	420	622	581	604	1270
Octobre	640	1766	2264	1114	945	1226	698	3248	743	517	249	2749

Coliformes totaux												
Décembre	31	1312	1233	979	1305	1494	936	1544	1682	4045	1282	4202
Février	12	877	1075	941	462	1281	1007	540	93	847	1168	244
Avril	28	8841	8712	8739	8914	8701	8453	7751	6448	9267	8066	6782
Juin	123	3872	4768	2114	5033	3131	1163	1935	2390	2768	4234	2381
Août	574	218	307	463	162	211	534	302	549	501	529	87
Octobre	456	1171	1128	136	842	911	243	2029	617	126	41	2190
<i>Escherichia coli</i>												
Décembre	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	12	8590	8436	8641	8674	8594	8463	7360	6198	0	0	0
Juin	35	1602	1568	1186	932	1396	849	924	1776	1280	2768	1448
Août	8	18	13	21	7	13	6	0	3	53	7	11
Octobre	186	97	327	125	36	76	46	934	345	1	0	199
<i>Salmonella sp.</i>												
Décembre	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0
Août	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octobre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lactobacilles												
Décembre	1	0	0	0	0	0	4621	1637	5768	3149	5569	5394
Février	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	4	898	148	1117	1120	1148	3146	2200	1936	1852	1841	1143
Juin	382	816	937	456	18	314	88	52	1389	1037	1994	654
Août	0	270	151	254	172	160	0	0	13	61	0	0
Octobre	10	121	155	50	24	8	14	112	5	124	5	164
Levures												
Décembre	1	97	88	94	105	127	178	93	157	101	95	17

Février	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	920	4383	4544	4507	4616	4720	1123	1674	526	1640	940	905
Juin	84	1263	353	1251	138	2434	926	2485	841	1001	2975	360
Août	269	172	58	120	47	35	167	19	60	221	8	323
Octobre	561	1791	1249	1509	47	36	5	640	357	55	12	244
Moisissures												
Décembre	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	1
Février	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Avril	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	13	1	7	0	0	0	0	3	32	28	0	12
Août	0,6	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,6	0	0,5
Octobre	5	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	1
Brucella sp.												
Décembre	79	168	62	139	124	237	80	411	4	0	0	0
Février	0	44	0	0	0	47	0	57	0	0	0	0
Avril	21	681	688	492	1051	880	484	358	3144	2756	412	1167
Juin	368	1679	1320	2537	1153	1446	874	804	2872	2734	784	2579
Août	1784	848	1239	1414	1885	1706	1170	1778	1789	1285	1620	1660
Octobre	155	282	105	269	244	473	106	691	27	0	0	0

Annexe 9: Variation des abondances cellulaires moyennes dans le fourrage vert consommé par les vaches ($\times 10^4$ UFC/g) suivant les mois de campagnes dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest (de décembre 2019 à Octobre 2020).

Sites	M	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	FT
Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles (BHAM)												
Décembre	11	84	281	239	318	634	673	629	766	800	398	261
Février	6	42	140	119	159	317	336	314	383	400	199	130
Avril	290	8500	7500	7166	8000	7500	55000	166000	6333	25500	401333	1269333
Juin	6786	36426	23478	36420	22200	28030	17245	34460	35226	32426	42426	7200

Août	5110	608	731	676	591	603	4351	1023	904	2211	107	1870
Octobre	599	330	929	38	3	1	74	123	452	13	3	435
Coliformes totaux												
Décembre	10	8	139	100	145	82	359	261	711	448	336	223
Février	5	4	69	50	72	41	179	130	355	224	168	111
Avril	55	2000	2166	2166	2333	2333	3666	2000	2166	8500	51500	75166
Juin	250	21988	12566	17716	6506	11851	13753	10260	12640	19230	19840	6506
Août	4760	311	399	346	260	339	1153	450	533	588	83	1075
Octobre	136	118	85	28	2	1	25	13	93	4	1	207
Escherichia coli												
Décembre	0.33	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
Février	0.0016	0	0	0	0	0	0	0.0112	0.0061	0	0	0
Avril	0.05	15	15	15	16	15	10	5	10	51	456	741
Juin	0.45	119	63	88	55	77	56	76	106	112	138	5
Août	10	0.3716	0.445	0.3083	0.31	0.4033	4	0.075	0.0783	0.4666	0.0316	1
Octobre	0.0136	0.019	0.0046	0.1293	0	0	0.041	0.0863	0.2966	0.025	0	0.3066
Salmonella sp.												
Décembre	0.18	0.09	0.09	0.09	0.54	0.09	0	3	1	0.09	0.09	0.09
Février	0.09	0.045	0.06	0.045	0.27	0.045	0	1	0.54	0.045	0.045	0.045
Avril	10	1000	4166	500	5333	11000	14333	21000	2666	4000	500	2666
Juin	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Août	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octobre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lactobacilles												
Décembre	9	67	69	58	82	2	0	0	0	0	0	0
Février	4	33	34	29	41	1	0	0	0	0	0	0
Avril	5	5500	5333	5333	6000	5833	10666	26000	3833	15166	64000	80000
Juin	3005	30	0	20	41	98	0	5070	7886	12133	9546	623
Août	0	0	0	0	0	0	23	0	0	34	0	0
Octobre	546	166	489	0.9	1	0.6	15	107	1	3	2	260

Levures												
Décembre	0.18	0.33	0.63	1	0.21	0.81	9	4	5	4	1	5
Février	0.21	0.35	0.69	1	0.22	0.72	9	4	5	4	1	5
Avril	3081	38500	35166	34000	39000	32833	65000	27666	8333	37500	55000	28500
Juin	0	6173	4571	7731	5605	11108	306	7375	4851	4085	183	38
Août	8	124	162	148	177	149	28	63	52	61	6	1725
Octobre	1	69	34	8	1	3	8	0.6666	1	0.7	4	101
Moisissures												
Décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.18	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0333	0.048	0
Avril	23	500	500	500	500	500	500	500	0	0	0	0
Juin	171	48	20	0	0	5	0	0	141	175	38	33
Août	4	0	0.6666	0	1	0	1	0	0.8333	0.8333	0.6666	0
Octobre	0.4666	0.2333	0.2	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0	0.2

Annexe 10: Variation des abondances cellulaires moyennes dans le lait cru analysé ($\times 10^4$ UFC/ml) suivant les mois de campagnes dans quelques exploitations laitières de la Région de l'Ouest (de décembre 2019 à Octobre 2020)

Sites	M	FN1	FN2	FN3	FN4	FN5	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	FT
Bactéries Hétérotrophes Aérobie Mésophiles (BHAM)												
Décembre	28	17770	11194	10594	13408	19154	20341	15232	16149	15568	11997	11565
Février	74	5858	10162	11645	9800	10261	12847	16874	17766	16630	6596	4010
Avril	186	14805	13680	8656	13818	13360	13674	19472	9600	10581	6696	9251
Juin	971	5629	5816	7176	6576	7549	1984	5976	6376	6776	5576	5733
Août	7346	945	1245	2372	561	729	5650	1562	1158	2120	378	1224
Octobre	4760	4542	10965	700	450	1798	236	1108	1262	705	669	1293

Coliformes totaux												
Décembre	7	14977	4606	3328	7029	17994	16970	13026	10309	5546	2438	9720
Février	3	150	1494	1079	1109	1285	318	1412	1246	1168	914	664
Avril	164	8704	12197	7226	6074	13028	10654	13809	7114	9336	3413	6528
Juin	60	2144	2064	2647	2384	2789	958	1944	1944	2490	1248	3602
Août	4366	552	615	2303	480	550	2246	928	649	2091	333	866
Octobre	484	1171	67	474	31	111	128	549	641	501	474	348
<i>Escherichia coli</i>												
Décembre	1	2	0	0	23	0	0	33	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
Avril	32	6477	8380	5248	5281	10473	7987	6704	5448	6306	45	6274
Juin	0	1072	1032	1291	1192	1412	656	928	972	1205	843	1766
Août	736	10	12	31	7	13	522	460	10	64	2	35
Octobre	180	34	41	381	10	111	89	181	60	17	44	150
<i>Salmonella sp.</i>												
Décembre	1	5	3	6	17	5	2	14	8	1	1	1
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	9	21	36	15	53	82	77	89	50	46	0	56
Juin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Août	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octobre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lactobacilles												
Décembre	19	3552	5175	6322	4720	5536	5245	6128	3893	6013	4015	6130
Février	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	205	0
Avril	56	1826	1636	1413	1520	2176	4234	2746	4764	5381	4077	4984
Juin	474	378	48	49	187	234	168	1010	328	156	688	149
Août	1615	272	608	15	159	200	3709	543	367	33	4	131
Octobre	3933	2693	5422	244	300	1106	1	98	34	131	136	460
Levures												
Décembre	0	59	49	61	1	51	41	49	50	41	23	41

Février	21	1	0	0	0	1	0	0	0	0	24	0
Avril	1219	1124	2667	4701	968	4390	2589	9576	9927	1320	2615	1690
Juin	921	1372	1078	1596	1174	2304	970	1390	1134	1064	928	1357
Août	2138	13	23	319	16	149	739	34	24	75	29	129
Octobre	349	979	55	549	912	2882	5588	2107	458	104	88	576
Moisissures												
Décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
Février	2	0	0	0	1	0	2	1	1	2	0	0
Avril	15	0	2	2	2	3	0	6	0	0	0	0
Juin	8	0	1	0	0	0	0	0	13	1	0	6
Août	2	0	0,6	0	1	0	0,6	0	2	0,8	1	0
Octobre	4	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1
Brucella sp.												
Décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289
Avril	26	1330	1322	1058	2300	1729	1082	338	4986	5552	528	1847
Juin	516	3994	2704	4069	1445	2005	2330	3669	2870	2170	2570	2154
Août	301	554	3568	1684	4088	4003	2086	3787	2742	1668	5002	3594
Octobre	373	1224	135	582	1120	1601	3333	1309	51	714	0	80

LISTE DES PUBLICATIONS ISSUES DE LA THESE

Pierrette Ngo Bahebeck, Mireille Ebiane Nougang, Paul Alain Nana, Claire Stéphane Metsopkeng, Antoine Tamsa Arfao, Olive Vivien Noah Ewoti, Luciane Marlyse MOUNGANG, Stephen Lacmata Tamekou, Henri Bayemi Pougue, Fanny Perrière, Téléphore Sime-Ngando And Moïse Nola (2020). Relative importance of the bacteria *Brucella*, *Salmonella*, *Staphylococcus* and other indicator bacteria in some mountain farm waters in West-Cameroon (Central Africa) and the potential role of some environmental factors. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 08(02): 81-94. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2020.8.2.0396>.

Pierrette Ngo Bahebeck, Claire Stéphane Metsopkeng, Jean Samuel Eheth, Antoine Tamsa Arfao, Manouore Njoya, Yves Poutoum Yogne , Stephan Lacmata Tamekou, Henry Bayemi Pougue, Olivier Noah Ewoti, Marlyse MOUNGANG, Paul Alain Nana, E. Masseret, Téléphore Sime-Ngando and Moïse Nola (2021). Comparative approach of the antibiotics susceptibility of some bacterial strains concurrently isolated from raw milk and cattle feed (water and fodder) from some farms in the West Region of Cameroon (Central Africa). *Archives of Current Research International*, 21(7): 27-39. [Doi: 10.9734/ACRI/2021/v21i730257](https://doi.org/10.9734/ACRI/2021/v21i730257).

LISTE DES COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

P. Ngo Bahebeck: Relative importance of the bacteria *Brucella*, *Salmonella*, *Staphylococcus* and other indicator bacteria in some mountain farm waters in West-Cameroon (Central Africa) and the potential role of some environmental factors. 1^{ère} conférence de la Cameroon Academic of Young Scientists (CAYS) à Yaoundé du 28-29 Août 2019.

Pierrette Ngo Bahebeck : Impact potentiel des caractéristiques microbiologiques de l'eau d'abreuvement des vaches sur celles du lait cru produit dans la Région de l'Ouest Cameroun (Afrique centrale). 28^e Conférence annuelle du Comité Camerounais de Biosciences (CCB) Université de Dschang du 31 Novembre au 04 Décembre 2021.