

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

ECOLE DOCTORALE : SCIENCES DE LA VIE, DE LA SANTE ET DE L'ENVIRONNEMENT

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année : 2016



N° d'ordre : 225

THESE DE DOCTORAT

Spécialité : GENETIQUE DES POPULATIONS

Présentée par : **Mme** Khadidja HASSABALLAH HAMID

**CARACTERISATION PHENOTYPIQUE, MOLECULAIRE ET
SOCIO-ECONOMIQUE DES ELEVAGES DES POULETS LOCAUX
(*GALLUS GALLUS*) AU TCHAD**

Soutenue publiquement le 07 juin 2016 devant le jury composé de :

<u>Président :</u>	M. Bhen Sikina TOGUEBAYE	Professeur titulaire FST/UCAD Dakar
<u>Rapporteurs :</u>	M. Issaka YOUSAO ABDOU KARIM	Professeur titulaire EPAC/UAC Cotonou
	M. Hamani MARICHATOU	Professeur titulaire UAM Niamey
	M. Jean Yves CORNUET	Directeur de recherches CBGP/ INRA Montpellier
<u>Examineurs :</u>	M. Ayao MISSOHO	Professeur agrégé EISMV Dakar
<u>Directeur de thèse :</u>	M. Mbacké SEMBENE	Professeur titulaire FST/UCAD Dakar
<u>Co-directeur de thèse :</u>	M. Vounparet ZEUH	Maître assistant FSEA/UNDJ N'Djamena

DEDICACE

Après Dieu, ma profonde gratitude va à ma defunte grand-mère **FATE-AMI WADJIRO** qui ma si bien guidée et formée avant de passer le flambeau à mon mari l'ambassadeur **MAHAMAT ABAKAR GORI** qui, patiemment, a parachevé son œuvre dont cette thèse est l'un des points culminants que je lègue humblement à la postérité comme contribution à la science. Que nos enfants et petits enfants puissent s'en servir ou en soient inspirés

REMERCIEMENTS

A mes Juges et Maîtres :

Monsieur **Bhen Sikinan Toguebaye**, Professeur titulaire, Président du Jury, vous nous faites l'honneur en acceptant de présider le jury de la soutenance de ma thèse.
Hommage respectueux !

Messieurs les membres du jury, je suis heureuse de vous voir siéger dans le jury de ma soutenance. Soyez assuré de ma sincère sympathie !

Monsieur **Mbacké Sembene**, Professeur titulaire à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Directeur de thèse, malgré vos lourdes charges, vous aviez accepté de diriger ce travail et vous l'aviez suivi avec beaucoup d'intérêt scientifique. Vous trouverez ici l'expression de ma sincère reconnaissance et démon profond attachement.

Monsieur **Vounparet Zeuh**, Enseignant-chercheur à l'Université de N'Djamena, Co-directeur de cette thèse, vous étiez à mon côté tout le long du processus de l'expérimentation à la rédaction de cette thèse. Vos qualités scientifiques et méthodiques ont concouru à l'aboutissement de ce résultat. Mes sincères remerciements !

Monsieur **Ayao Missohou**, Professeur agrégé EISMV Dakar, d'accepter de siéger au jury de ma soutenance.

Monsieur **Youssef Mopate Logtene**, Maître de recherche à l'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IREDD), ex. Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques (LRVZ) de Farcha pour ses appuis scientifiques et multiformes

Monsieur **Olivier Hannote**, Professeur, School of Life Sciences, the University of Nottingham, University Park, Nottingham. NG7 2RD, United Kingdom, je vous exprime mon dévouement pour votre collaboration dans l'analyse mes échantillons dans votre laboratoire.

Monsieur **Ali Souleymane Dabye**, Professeur titulaire à l'Université de Saint-Louis pour son soutien et ses conseils.

Monsieur **Ali Abdramane Hagar** Recteur de l'université de N'Djamena pour ses appuis scientifiques et multiformes

Monsieur **Malloum Mahamat**, Enseignant-chercheur à l'université de N'djamena pour ses conseils et encouragement.

Monsieur **Abdoulaye Moussa**, Enseignant-chercheur à l'université de N'Djamena pour les différentes formations.

Monsieur **Mahamat Hamid Mahamat**, ex-Directeur Général du Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques (LRVZ) de Farcha pour ses appuis.

Monsieur **Abakar Mahamat**, ex-Doyen de la faculté de sciences exactes à l'Université de N'Djamena ses appuis multiformes.

Monsieur **Antipas Ban-Bo Bebanto**, Enseignant-chercheur, chef du Département de biologie à la Faculté de Sciences Exactes et Appliquées à Université de N'Djamena pour son appui.

Monsieur **Mamoud Khayal**, Maître de Conférences à l'Université de N'Djamena pour son appui à travers le programme d'appui à la formation des Enseignants-chercheurs du Supérieur (CONFOFOR).

Monsieur le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique du Tchad, le Pr **Makaye Hassan Taisso** pour son appui

Monsieur le Ministre de la Fonction Publique, Mr **Abdramane Moukhtar**

Monsieur **Djarangar Djita**, Professeur à l'Université de N'Djamena pour ses conseils.

Monsieur **Lawal Raman**, chercheur à University of Nottingham, University Park, Nottingham. NG7 2RD, United Kingdom pour son appui au laboratoire.

Dr **Haroun Kabadi**, Président de l'Assemblée Nationale du Tchad pour son encouragement.

Monsieur **Abakar Gori**, mon fils, docteur en médecine à Dakar pour son soutien permanent.

Monsieur **Madjina Tellah** enseignant chercheur à l'université d'Abeché

Madame **Fama Diop** à l'école doctorale pour sa disponibilité permanente.

Tous les enseignants et collègues pour leur soutien et encouragement.

A tous les laborantins, techniciens de terrain, aviculteurs des sites de la zone de l'étude qui m'ont accompagné sur le terrain, merci.

RESUME

L'objectif de cette étude a été de caractériser les phénotypes, les pratiques et la variabilité des poulets locaux du Tchad. L'étude a porté sur 1904 poulets de 3 régions du Tchad (Guera, Hadjer Lamis/Lac Tchad et Mayo-Kebbi Ouest) dont 925 poulets pour les phénotypes, 186 la diversité génétique et 803 poulets la caractérisation morpho-biométrique. Des enquêtes d'observation et de mensuration ont été menées afin de déterminer les caractéristiques phénotypiques, le suivi pour les paramètres socio-économiques et l'analyse d'ADN mitochondrial pour l'étude de la diversité génétique. Le plumage multicolore est dominant (73,7%) chez les poulets locaux du Tchad contre 26,3% de plumage monochrome dominé par le gris ou noir. Ces proportions ont variés suivant les régions. Les caractères « cou nu » et « tarsi emplumés » n'ont pas été observés. Les caractéristiques morpho-biométriques ont été les suivantes : poids moyen de 1,35 Kg, périmètre thoracique de 33,1 cm, longueur de cuisse de 13,7 cm, longueur de tarse de 10 cm et longueur du doigt central de 6,82 cm. Les séquences de région de contrôle de l'ADNmt ont permis d'identifier 20 haplotypes appartenant au haplogroupe D, indiquant que les poules étudiées proviennent de l'Asie. Les variations génétiques entre les régions ont été faibles à cause d'un manque métissage ou d'amélioration. Les études socio-économiques et de productivité des poules font ressortir les effectifs des poulets par ménage qui varient de 20,48 têtes au Hadjer Lamis/Lac à 28,92 au Mayo-Kebbi Ouest et la plupart des aviculteurs élèvent d'autres ressources animales. Les volailles sont logées pour 45,07 % dans les poulaillers, 32,39% dans les habitations humaines ou cuisines et 22,54% à l'air libre. Les aviculteurs alimentent régulièrement (74,65%), occasionnellement (21,13%) ou ne le font pas du tout (4,22%). Sur l'ensemble de la zone de l'étude, 32,89 % des éleveurs ont utilisé la pharmacopée traditionnelle et 18,42% pratiquent la vaccination, 9,2% le déparasitage et 39,87% ne s'occupent pas de santé de la basse-cour. Les principaux critères de choix des reproducteurs ont été le format (39,59 %), la couleur du plumage (31,41%), les performances des parents (22,18%) et la résistance aux maladies (6,82%). Les principales contraintes ont été les maladies (85,52%), les prédateurs (79,71%), l'alimentation (37,68%) et l'habitat (14,49%). Les poulettes entre en ponte à l'âge 182, 22 jours ou 3 mois avec un poids moyen de 1,43 kg et pondent 12 œufs en moyennes, avec un taux d'éclosion de 79% et sèvent 6,53 poussins après 63 Jours. Les résultats de cette étude peuvent servir d'une base d'études d'amélioration de la productivité de la volaille et du développement de l'aviculture au Tchad.

Mots clés : Poulets locaux, Caractérisation phénotypique, Diversité moléculaire, Socio-économie, Tchad

SUMMARY

The objective of this study was to characterize phenotypes, practices and genetic variability of local chickens in Chad. The study involved 1,904 chickens from 3 regions of Chad (Guera, Hadjer Lamis / Lake Chad and West Mayo-Kebbi) including 925 chickens for phenotypes, 186 for genetic diversity and 803 chickens for morpho-biometric characterization. Observation and measurement surveys were conducted to determine the phenotypic characteristics, monitoring for practices and productivity parameters and mitochondrial DNA (mtDNA) analysis for the study of genetic diversity. The multicoloured plumage was dominant (73.7%) in local chickens in Chad against 26.3% of monochrome plumage dominated by gray or black. These proportions have varied according to region. The characters "naked neck" and "feathered shanks" were not observed. The morpho-biometric characteristics were as follows: weight average of 1.35 kg, chest circumference of 33.1 cm, shank length of 13.7 cm, tarsus length of 10 cm and length of the central finger of 6.82 cm. The mtDNA sequences have identified 20 haplotypes belonging to haplogroup D, indicating that the studied chickens come from Asian continent. Genetic variations between regions were low due to a lack of improvement or interbreeding. Socioeconomic studies bring out the numbers of chickens per household ranged from 20.48 heads in Hadjer Lamis/Lake to 28.92 in West Mayo-Kebbi and most poultry farmers raised other animal resources. The chickens were housed for 45.07%, in henhouses, 32.39% in human living rooms or kitchens and 22.54% at the open. Poultry farmers feed regularly (74.65%), occasionally (21.13%) the chickens or do not do it (4.22%). On the whole study area, 32.89% of farmers have used traditional medicines and 18.42%, carry out vaccination, 9.2% deworm and 39.87% do not care health the farmyard. The main selection criteria were chickens' format (39.59%), plumage color (31.41%), parents' performance (22.18%) and disease resistance (6.82%). The main constraints were diseases (85.52%), predators (79.71%), food (37.68%) and housing (14.49%). Hens laying eggs at age of 182, 22 days or three months with an average weight of 1.43 kg and lay 12 eggs medium, with 79% of hatching rate and wean 6.53 chicks after 63 days. The results of this study can serve as a base studies for improvement of the productivity and poultry development in Chad.

Keywords: Local chickens, Phenotypic Characterization, Molecular Diversity, Socioeconomics, Chad

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iv
SUMMARY	v
TABLE DES MATIERES	1
ABREVIATIONS ET ACRONYMES	4
LISTE DES TABLEAUX.....	6
LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES ANNEXES.....	8
AVANT-PROPOS	9
INTRODUCTION GENERALE	10
CHAPITRE I.....	13
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	14
1. Brève présentation du Tchad.....	14
1.1. Situation géographique.....	14
1.2. Population et croissance démographique	15
1.3. Economie du pays	16
1.4. Le secteur avicole.....	17
1.5. Les races élevées au Tchad	18
2. Etat de connaissances sur la poule domestique	20
2.1. Origine et domestication de poule.....	20
2.2. Les caractéristiques phénotypiques du poulet	21
2.2.1. Extérieur de la poule.....	21
2.2.2. Les caractéristiques morfo-biométriques	23
2.2.3. Caractéristiques de productivité	25
2.2.4. Les pratiques de production.....	26
2.2.5. Les contraintes à la production.....	27
3. La problématique de la diversité génétique et l'origine de la poule africaine.....	28
3.1. Les microsatellites.....	29
3.2. L'ADN mitochondrial	30
CHAPITRE II	33
METHODOLOGIE GENERALE.....	34
1. Présentation de la zone d'étude.....	34
2. Echantillonnage et collecte de données.....	35
3. Méthodes.....	36
3.1. Etude des traits visibles	36
3.2. Caractérisation biométrique	36
3.3. Caractérisation moléculaire poulets locaux	36
3.4. Etudes socio-économiques : Pratiques d'élevage et productivité des poulets locaux.....	38

4. Analyse statistique des données	38
CHAPITRE III	40
CARACTERISATION MORPHO-BIOMETRIQUE DES POULES (GALLUS GALLUS) LOCALES DANS TROIS ZONES AGRO-ECOLOGIQUES DU TCHAD	40
Résumé	41
Abstract	41
1. Introduction	42
2. Matériel et méthodes	43
3. Résultats	46
4. Discussion	48
Références bibliographiques	51
CHAPITRE IV	55
<i>PHENOTYPIC DIVERSITY OF LOCAL CHICKENS (GALLUS DOMESTICUS) IN THREE ECOLOGICAL ZONES OF CHAD</i>	55
Abstract	56
<i>Résumé</i>	57
1. Introduction	57
2. Materials and Methods	58
3. Results and Discussion	60
References	66
CHAPITRE V	70
<i>DIVERSITY AND ORIGIN OF CHAD VILLAGE CHICKENS (GALLUS GALLUS) IN THREE ZONES OF CHAD, CENTRAL AFRICA</i>	70
Abstract	71
<i>Résumé</i>	71
1. Introduction	72
2. Materials and Methods	74
3. Results	75
4. Discussion	79
References	81
CHAPITRE VI	85
SOCIO-ECONOMIE DE L'ELEVAGE DANS TROIS ZONES ECOLOGIQUES AU TCHAD: PRATIQUES TRADITIONNELLES ET PRODUCTIVITE DES POULETS INDIGENES	85
Résumé	86
1. Introduction	86
2. Matériel et Méthodes	87
3. Résultats	89
4. Discussion	94
Références bibliographiques	98
DISCUSSION GENERALE	103
1. Limite des méthodes utilisées	104
2. Les principaux résultats	105
2.1. Caractérisation morpho-biométrique des poulets indigènes au Tchad	105

2.2. Etude des caractères phénotypiques	107
2.3. Diversité et origine des poulets locaux.....	111
2.4. Socio-économie de l'élevage dans trois zones écologiques au Tchad: Pratiques traditionnelles et productivité des poulets indigènes.....	112
CONCLUSIONS GENERALES ET RECOMMANDATIONS.....	116
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES GENERALES	119
ANNEXES	132

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ADNmt: Acide Désoxyribonucléique Mitochondrial

ANOVA: Analysis of Variance

ASL: Acres sex link

AV1F2 : amorce avant de l'ADN (5' - 3')

BDEAC : Banque de Développement des États de l'Afrique Centrale

CEMAC : Communauté Économique et Monétaire de l'Afrique Centrale

CHD1 : Haplotype CHD du groupe 1

CHD2 : Haplotype CHD du groupe 2

CMPA : Centre de Modernisation des Productions Animales

CONFOFOR : Commission Nationale de Formation des Formateurs

CPDE : Coopérative de Professionnels pour le Développement de l'Élevage

DAD-IS : Domestic Animal Diversity - Information System

DnaSP v5 : DesoxyriboNucleic Acid SP versus 5

FAO : Food and Agriculture Organization

FDAR : Fonds de Développement et d'Action Rurale

FSEA : Faculté des Sciences Exactes et Appliquées

H547 : Amorce inverse de l'ADN (3' - 5')

Hap : Haplogroupe

HV : Hyper Variable

IPEM : Institut Polytechnique d'Elevage de Moussoro

IEMVT : Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux

ISAG : International Society for Animal Genetics

LRVZ : Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques

MDPPA : Ministère du Développement Pastoral et des Ressources Animales

MKE : Mayo Kebbi Est

MKO : Mayo-Kébbi Ouest

MPC : Ministère du Plan et de la Coopération

MoDAD: Measurement of Domestic Animal Diversity

NCBI : National Centre for Biotechnology Information

ng : nanogramme

PCR : Polymerase Chain Reaction

PT : Périmètre Thoracique

RCA : République Centrafricaine

SONAPA : Société Nationale de Production Animale

SPSS: Statistical Package for Social Science

UCAD : Université Cheikh Anta Diop

UDEAC : Union Douanière et Économique de l'Afrique Centrale

UND : Université de N'Djaména

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description de l'échantillon de poulets en fonction du type d'étude

Tableau 2 : Répartition des effectifs de cheptel par zone géo climatique

Tableau 3 : Evolution des effectifs de la volaille au Tchad

Tableau 4 : Paramètres de reproduction des poulets locaux identifiés dans quelques régions du Tchad.

Tableau 5 : Quelques pathologies de la volaille

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'enquête

Figure 2 : Carte administrative du Tchad

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire système poulet local

Annexe 2 : Fiche de suivi mensuel des sorties du cheptel (poulet local)

Annexe 3 : Fiche de suivi mensuel des entrées du cheptel (poulet local)

Annexe 4 : Fiche de suivi mensuel de production de la poule locale

AVANT-PROPOS

Cette thèse est structurée sous forme d'une compilation cohérente de trois articles scientifiques publiés dans les revues scientifiques suivantes : *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology (IJCRBP)*, *Livestock Research for Rural Development (LRRD)* et *Advances in Bioscience and Biotechnology (ABB)* et d'un projet d'article à publier. Il est important de signaler que nous avons apporté quelques adaptations de forme ou de fond aux textes des articles scientifiques présentés dans ce document.

Cette étude sur la caractérisation génétique et la socio-économie des poulets locaux au Tchad comporte 6 chapitres. Après une introduction générale qui situe la problématique, les questions de recherche, les objectifs, les résultats attendus et les méthodes de l'étude, le chapitre I présente une synthèse bibliographique portant sur l'état des connaissances le système de l'élevage des poulets indigènes au Tchad et en Afrique. Le chapitre II constitue la méthodologie générale

La Caractérisation morpho-biométrique des poules (*Gallus gallus*) locales dans trois zones agro-écologiques du Tchad (article 1) est présenté dans le chapitre III. Cette partie décrit et compare les paramètres morpho-biométriques des poulets dans les trois sites de la zone de l'étude

Le quatrième chapitre (article 2) porte sur la diversité phénotypique des poulets locaux (*Gallus domesticus*) dans trois zones écologiques du Tchad. Cette partie est consacrée à définir le profil phénotypique des poulets locaux au Tchad d'une manière général, et, si possible le profil des types écologiques (chapitre IV).

Le cinquième chapitre (chapitre V) présente les résultats d'une étude sur la diversité, socio-économie et l'origine de ces poulets locaux dans trois zones écologiques de l'étude (article 3).

Le chapitre VI (partie 4) expose les résultats d'une étude portant sur la socio-économie des élevages des poulets locaux.

La discussion générale se veut une analyse intégrée des différents résultats obtenus et décrit les stratégies de gestion des ressources génétiques aviaires du Tchad. Enfin, la dernière partie est consacrée à la présentation de la conclusion générale et perspectives, la bibliographie générale et les annexes de cette étude.

INTRODUCTION GENERALE

Le Tchad est un vaste pays d'Afrique Centrale qui couvre une superficie de 1.284.000 km². Sa population est estimée en 2009 à 9 millions d'habitants (dont 80% vivent en milieu rural) avec une densité moyenne d'environ 7 habitants/km². Il englobe du Nord au Sud une grande diversité de situations agro climatiques : une zone saharienne ou désertique, une zone sahélienne pastorale, une zone sahélo soudanienne ou sahélienne agro-pastorale et une zone soudanienne subhumide. Les productions agricoles et pastorales sont tributaires de la pluviométrie, très variable dans le temps et dans l'espace (100 à 1200 mm du Nord au Sud). Cette variabilité spatio-temporelle expose le pays aux aléas climatiques, avec des effets très marqués sur le niveau de productions fourragères et sur la conduite des animaux.

Le secteur rural occupe une place prépondérante par sa forte participation à l'économie nationale. L'agriculture et l'élevage en sont les principaux piliers et contribuent en moyenne à 40 % à la formation du PIB dont 21 % pour l'agriculture et 18 % pour l'élevage. Il emploie 80 % de la population active dont plus de la moitié est composée de femmes.

Pays sahélien à vocation pastorale, le Tchad fonde en grande partie son économie sur la valorisation des produits de l'élevage, malgré l'avènement du pétrole. Les estimations actuelles de l'effectif situent le cheptel entre 10 à 16 millions d'UBT (Unité Bétail Tropical) réparti comme suit : plus de 7 millions de bovins, environ 3 millions de camelins et 9 millions d'ovins et caprins (DESPA, 2011). Cet effectif est géré à 80% par les systèmes pastoraux caractérisés par des productions extensives dont la mobilité constitue une stratégie de production et de gestion de risques. Sur le plan économique, les flux annuels de revenus sont estimés actuellement à 140 milliards de FCFA et une valeur ajoutée de 210 milliards FCFA. Le secteur assure la subsistance de 40% de la population rurale et représente 30% des exportations du Tchad (plus de 50% hors pétrole).

Concernant la volaille notamment traditionnelle, la dernière revue du secteur avicole au Tchad donne une estimation substantielle de 47,9 millions de têtes (Mopaté, 2010). Les ménages pauvres en milieu rural et urbain mettent en œuvre des stratégies de lutte pour faire face à l'insécurité alimentaire, par une diversification des productions agricoles, notamment l'élevage des animaux à cycles courts dont la volaille qui occupe une place importante dans les systèmes traditionnels de production des régions sèches et subhumides de l'Afrique. Cette production souvent extensive a un faible coût d'investissements (Guèye, 1998). Les poulets surtout sont les premiers sollicités pour satisfaire les besoins immédiats en biens de consommation courante. Ils ont un rôle d'épargne et sont souvent capitalisés vers l'élevage du

gros bétail. De plus, l'aviculture traditionnelle joue un rôle nutritionnel, économique et socioculturel important (Mopaté et Awa, 2010). Elle joue un rôle non négligeable dans la sécurisation monétaire des producteurs ruraux et dans l'approvisionnement des villes, au regard du faible développement de l'élevage semi-industriel au Tchad (Guèye, 2010 ; Issa *et al.*, 2012 ; Issa *et al.*, 2013). En proportion, le secteur de l'aviculture traditionnelle constitue 99% de la production avicole au Tchad (Mopaté, 2010).

Les études portant sur les ressources aviaires au tchad sont consacrées aux filières d'approvisionnement et de consommation dans les grands centres et aux études socio-économiques des élevages dans certaines régions (Issa *et al.*, 2012 et 2013 ; Mopaté, 2010b ; Mopaté et Djimé, 2012 ; Mopaté *et al.*, 2010 ; mopaté et Maho,2005). Aucune étude de caractérisation des poulets indigènes au tchad n'a cependant été entreprise. La présente étude a pour but de combler cette lacune.

Hypothèse et question de recherche

Hypothèse : les types de poulets locaux ont des morphologies différentes et des productivités variables en fonction des zones climatiques.

Question : quels sont leurs caractéristiques phénotypiques et biométriques des écotypes et les caractéristiques socio-économiques de ces élevages

Objectifs

Général : Caractériser les types de poulets locaux et mesurer leur productivité

Spécifiques

- ✓ Définir les profils génétiques au plan morpho-biométrique les écotypes des poulets au Tchad ;
- ✓ Mesurer leur productivité et identifier les principales paratiques et contraintes de l'élevage traditionnel à travers une étude socio-économique et formuler des recommandations ;
- ✓ Mesurer la diversité moléculaire.

Résultats attendus

Les résultats attendus au terme de cette étude étaient les suivants :

- ✓ Une synthèse des connaissances des profils génétiques suivant les trois zones écologiques;

- ✓ L'acquisition des données qualitatives et quantitatives fiables sur les paramètres de socio-économiques de l'élevage des poulets indigènes afin de proposer des solutions durables ;
- ✓ Etude de la diversité génétique des poulets locaux au Tchad.

CHAPITRE I
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Brève présentation du Tchad

1.1. Situation géographique

Situé dans l'hémisphère nord entre les 8° et 24° degrés de latitude et entre les 14° et 24° degrés de longitude Est, le Tchad couvre une superficie de 1.284.000 km² et dispose d'environ 46.000.000 d'hectares de terres exploitables, d'un cheptel animal composé des grands et petits ruminants puis de la volaille.

Il s'étend sur 1700 km du Nord au Sud et sur 1000 km de l'Ouest à l'Est et est limité au Nord par la Libye, au Sud par la République Centrafricaine (RCA), à l'Est par le Soudan et à l'Ouest par le Niger, le Nigeria et le Cameroun. Le Tchad partage un périmètre total de 5.969 km avec ses voisins : 1094 km avec le Cameroun, 1197 km avec la Centrafrique, 1055 km avec la Libye, 1175 km avec le Niger, 87 km avec le Nigeria et 1360 km avec l'ex-Soudan.

Le pays est réorganisé en structures administratives composées de 23 Régions, de 64 Départements, de 240 Sous-préfectures et des communes qui sont établies dans plusieurs villes importantes. Ces communes sont divisées en deux catégories, les plus grandes assurent la gestion des villes et les plus petites dites de moyen exercice assurent la gestion des villes émergentes. Il ya également de petites subdivisions administratives locales qui assurent le rôle coutumier ou traditionnel qui sont des cantons et des villages dont le chiffre va croissant. Des limites sont établies pour assurer une bonne subdivision et un contrôle de gestion des terroirs sur la carte du Tchad ci-après (**Figure 2**).

suffisante alimentaire si aucune diversification n'est entreprise sur les divers types de productions et leurs systèmes rénovés.

1.3. Economie du pays

Avec un revenu national brut de 530 US\$ en 2008, le Tchad appartient au groupe des pays les moins avancés et occupe le 173^e rang selon la Banque mondiale. Il connaît une croissance économique soutenue depuis 2004 qui marque le début de l'ère pétrolière. Le niveau du revenu national brut en 2008 est plus que le double de celui de 2003 selon (Mopate 2010).

L'économie est florissante grâce aux recettes issues surtout des produits pétroliers et des produits de culture de rente (coton). Cette dernière a connu un déclin ces dernières années suite à la privatisation de la filière et les produits de l'élevage. On peut affirmer que la mamelle économique est constituée des produits agricoles et notamment les produits d'élevage. L'élevage pratiqué dans la plus grande partie du pays constitue une source de devises monétaires tant pour les ménages que pour les secteurs d'exportation des produits et sous produits agricoles.

Différentes espèces sont élevées et tiennent une place économique dans les ménages. Le cheptel animal tchadien est composé de diverses espèces élevées qui soutient l'économie du pays. Il est déterminant pour les services de traits et de transport des biens et produits agricoles. Selon les estimations des services de l'élevage on note la répartition des effectifs relevés dans le tableau suivant (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Répartition des effectifs de cheptel tchadien par zone géo climatique

Zones	Bovins	Ovins	Caprins	Equins	Asines	Camelins	Porcins	Volaille
Saharienne	663	109.950	66.564	1.623	10.824	222.915	0	401.094
Sahélienne	4.342.740	1.530.800	3.676.609	296.013	331.003	946.888	1.240	26.659.019
Soudanienne	1.508.311	733.266	1.427.467	41.131	15.153	0	60.194	22.441.995
Total	5.851.714	2.374.016	5.170.640	338.767	356.980	1.169.803	61.434	47.867.369

Source : Mopaté (2010)

Aucun comptage ou recensement des effectifs du cheptel n'a été effectué depuis 1976. Les estimations annuelles sont basées sur une extrapolation de données chiffrées, corrigés chaque année par un facteur multiplicateur correspondant à un taux de croît estimé de la population animale. Ce coefficient diffère selon les espèces concernées : 2,4% pour les bovins, les caprins et les ovins, 3% pour les camelins, 2% pour les équins et les asines, 5% pour les porcins et 10% pour la volaille rapporté par Mopaté (2010).

1.4. Le secteur avicole

L'élevage de la volaille constitue une source de revenu tant sur le plan national que régional. Ainsi les effectifs nationaux de volaille obtenus de la base des données de la FAO diffèrent de ceux actuellement affichés au niveau des statistiques du Ministère de Développement Pastoral et de la Production Animale (MDPPA). D'une manière générale, le nombre exact du cheptel avicole national du Tchad est discutable. Le chiffre officiel du ministère de tutelle publié autrefois selon ses bases de données qui était de 24 millions de volailles est passé à 34.600.000 en 2016 (Tableau 3). Le taux officiel de croît des effectifs de volailles n'existe pas avec exactitude au niveau des statistiques du MDPPA. Le dernier recensement du bétail, dont les taux de croît servent d'extrapolation annuel des effectifs animaux, n'avait pas intégré les volailles.

Le tableau ci-après présente l'évolution des effectifs des volailles au Tchad selon les sources.

Tableau 3 : Variation des effectifs de la volaille au Tchad selon les sources

Année	Effectif	Source
1943	2.000.000 à 3.000.000	Receveur (1943)
1968	4.000.000	Provost et Borredon (1968)
1984	11.000.000	Doutoum <i>et al.</i> (1984)
1997	24.000.000	Abba <i>et al.</i> (1997)
1997	35.000.000*	Mopaté et Idriss (2002)
2006	42.800.000**	Ban-bo (2009)
2010	47.867.369	Mopaté (2010)
2016	34.600.000***	ME (2016)

Effectif obtenu par application du taux de croît de 10% rapporté par BIEP (1994) aux effectifs de 1984.

** Calcul basé sur 28 têtes par ménages ruraux recensés en 1993 dans 90 % de ménages des aviculteurs.

*** Resultats provisoires du Recensement Général de l'Élevage (RGE), Tchad, 2016

Dans les pays en développement, la production avicole en milieu rural a une importance très significative en tant que première source d'approvisionnement des populations en protéines animales et comme source des revenus, particulièrement chez les femmes (Zaman *et al.*, 2004). La promotion de l'aviculture villageoise et l'amélioration graduelle des performances zootechniques des volailles peuvent être à la fois source de développement économique et de sauvegarde de la biodiversité (FAO 1998).

Au Tchad, la production avicole joue un rôle capital et comporte des multiples avantages dans les systèmes de production. Les produits de la basse-cour (viande, œufs) ont un rôle

nutritionnel considérable. Ils répondent mieux à l'amélioration de l'alimentation et l'approvisionnement des centres urbains. La viande de poulet est la moins chère sur les marchés locaux et sa protéine ne souffre d'aucun interdit alimentaire. Elle est consommée durant toutes les cérémonies festives, traditionnelles ou religieuses. En effet, les coûts des produits de l'élevage moderne restent hors de portée des couches défavorisées.

En milieu rural, l'élevage de volailles participe à la couverture des menues dépenses quotidiennes de santé (soins et achats des produits pharmaceutiques), de biens de consommation courante (thé, sucre, savon, pétrole, condiments etc.) indispensables à l'entretien des paysans (Mopate *et al.*, 1995 ; Mopaté et Lony, 1998). Dans certaines régions notamment le Guéra, elle est à la base de la création des élevages de ruminants par le jeu de la capitalisation (investissement ou phénomène de troc) (Mopate *et al.*, 1998). Par ailleurs, en année de mauvaise campagne agricole, la vente des volailles permet aux agro-éleveurs de se procurer de céréales pour pallier le déficit céréalier (Mopate *et al.*, 1995 ; Mopate *et al.*, 1998 ; Mopate et Lony, 1998).

Sur le plan socioculturel, les volailles contribuent énormément à la sphère des échanges entre les familles et les amis (dons, dots, confiages, cérémonies et accueils etc.) et des sacrifices rituels (Mopate *et al.*, 1995 ; Mopate et Lony, 1998 ; Mopate *et al.*, 1999) et a sa place dans le développement économique du Tchad (Facho, 1975)

Dans le souci de se procurer de temps à autre de la viande, le paysan tchadien entretient dans sa concession quelques têtes de volailles. La concession est un groupe de cases, entourées soit d'un mur en terre battue ou banco, soit du "charganier" qui est une palissade faite de tiges de *pennisetum*, sorgho, *agantropogongavanus* ou simplement de branches d'épineux mises bout à bout. C'est dans ce cadre familial que le paysan tchadien envisage son élevage avicole. Nous distinguerons un élevage non contrôlé et un élevage contrôlé.

1.5. Les races élevées au Tchad

Il existe de façon générale deux sortes des poulets élevées au Tchad : un à des fins commerciales dans les centres urbains et l'autre valorisée plus en milieuraces. Ces types sont exotiques et locales.

- Races exotiques

Ils sont introduits pour des raisons commerciales à cause de leur bonne performance. Les souches introduites sont composées de : le Leghorn, le Warren, la Hissex rousse, le Arbor Acres sex link (AASL) (IEMVT, 1978). Ces races sont destinées à la ponte. Par la suite d'autres souches ont suivi ; il s'agit de : Rhodes Island Red, Plymouth, Wyandotte et Sussex.

Pour la production de la chair, les souches exploitées comme la Vedette (Inra-Isa) et le red Hybro (CAB) ont été introduites (IEMVT, 1978).

Selon le dernier recensement des fermes avicoles en 2008, il est fait mention de l'introduction des échantillons des autres races qui sont : Lohman, Isa Brown, Harco (en ponte) et la Vedette, l'Hybro et le Derco 109 en chair (Projet OSRO/CHD/602/CE, 2009).

Les producteurs tchadiens semblent adopter majoritairement en ponte les races Leghorn et Isa Brown, et en chair la Vedette et l'Hybro-chair.

En plus de ces souches introduites pour la production de la chair et la ponte, les coquelets issus des souches Rhode Island, Red et New Hampshire ont été introduits pour l'amélioration de la volaille locale.

- **Races aviaires locales ;**

Les races de volailles domestiques au Tchad n'ont fait l'objet d'aucune caractérisation génétique. Les informations de mauvaise source font état de huit (8) races de poulets, trois (3) races de pigeon, trois (3) races de canard et deux (2) races d'oie (FAO, 2000).

Pour les poulets, une trentaine d'appellations locales sont répertoriées à l'Est et au centre du pays. En termes d'étude des populations, il a été distingué deux groupes :

- La population des poulets locaux dont l'appellation appropriée semble être « Djidad Baladi » ;
- La population des poulets huppés appelée « Karmout »

Il existe cependant concernant les poulets locaux des différences significatives entre les paramètres biométriques et cela selon les régions étudiées.

Le poids et le tour de poitrine sont plus élevés à Biltine que dans les régions de l'Ouaddaï, de Salamat et plus faible au Guéra (LRVZ, 2000).

Au niveau national, il existe également deux écotypes bien distincts selon les zones écologiques :

- un type sahélien comparativement haut sur patte ;
- un type court sur pattes qui se rencontrent dans la zone soudanienne du Tchad.

Cette situation correspond au peuplement spatial déjà observé chez les caprins. En dehors des races exotiques, il n'y a eu aucune tendance à standardiser les traits visibles. Il n'est pas possible de parler des races au point de vue zootechnique. En ce qui concerne les métis issus des croisements entre les races exotiques et locales notamment les poulets, les informations ne sont pas disponibles (Mopaté, 2010).

Néanmoins, Receveur (1943) rapporte que le poulet de race « Centre-africain » est présent dans tous les pays d'Afrique Equatoriale Française (AEF), il rapporte également la présence du canard de la variété Barbarie et du pigeon bizet.

De façon globale, il s'agit de poulet (*Gallus domesticus*), de canard Barbarie (*Carina moschata*) et la pintade (*Numida meleagris*).

2. Etat de connaissance sur la poule domestique

2.1. Origine et domestication de poule

Les relations taxonomiques décrites par certains auteurs permettent de définir la poule comme faisant partie des oiseaux carinates (qui peuvent voler). Elle appartient à l'ordre des Galliformes, de la famille des phasianidés, du genre *Gallus* et de l'espèce *Gallus domesticus* (Anthony et Smith, 1997). Selon les opinions des chercheurs, l'espèce poule désigne les deux sexes. A cause des caractéristiques spécifiques des femelles ou des mâles, l'espèce est définie par le nom de coq et poule (Fotsa *et al.*, 2007). D'après Harrison (1978) cité par Fotsa *et al.*, 2007 et Coquerelle (2000), il y a plus d'un million d'années, le genre *Gallus* était probablement constitué d'une seule population s'étendant sur tout le continent eurasiatique. C'est pendant la période de glaciation que le genre se serait divisé en trois groupes : le groupe méditerranéen ou moyen-orient, le groupe indien et celui d'Asie de l'Est. Seul le groupe indien aurait évolué pour donner naissance aux quatre espèces actuellement reconnues :

- *Gallus varius* : chez l'espèce le coq est appelé coq vert ou fourchu et qui présente une différence avec le coq domestique par son chant, son plumage verdâtre et la crête non dentelée ;
- *Gallus sonnerati* : le coq a un plumage gris rappelant l'argenté sur une partie du corps ;
- *Gallus lafayetti* : sa particularité réside sur la coloration de son plumage caractérisé par une poitrine brun clair orangé sur une partie du corps ;
- *Gallus gallus* (coq rouge de jungle) : cet oiseau ressemble à certaines races domestiques de la variété rouge dorée à plastron noir si l'on fait référence aux coqs, ou dorée saumonée si l'on se réfère aux poules (Combattants, Ardennaise, Gauloise dorée, Leghorn dorée...). C'est l'espèce dont l'aire d'extension actuelle est la plus vaste.

La plupart des auteurs pensent que l'espèce ancestrale de la poule serait le *Gallus gallus* (poule de jungle de l'Asie). Celle-ci donne non seulement des produits fertiles avec les poules domestiques actuelles mais partage en outre le chant et le plumage. C'est pourquoi, l'espèce est appelée parfois *Gallus domesticus*. Sa diffusion serait faite graduellement allant de l'Est à

l'Ouest et a fini par couvrir le globe. La vitesse de sa diffusion serait de 1,5 à 3 km par an de l'Asie à l'Europe (Crawford, 1990)

Des découvertes archéologiques (West et Zhou, 1988), effectuées dans la vallée de l'Indus et la province chinoise de Hebei, suggèrent que la poule domestique dériverait du coq de jungle, depuis au moins 5400 ans avant J-C.

L'introduction des poules en Afrique n'est pas très documentée alors que son élevage prend racine des pratiques traditionnelles anciennes. Elle constitue l'espèce la plus élevée en Afrique car les familles gardent chacune un troupeau de 5 à 20 sujets (Guèye, 1997).

En Egypte, la première représentation d'un coq remonte à 1400 ans avant J-C. Cela s'explique par la diminution des échanges commerciaux avec l'Inde via la Mésopotamie. Il a notamment été suggéré que les poules présentes en Afrique ont des origines indiennes, liées au développement précoce des échanges commerciaux entre l'Inde et l'Afrique de l'Est (Crawford, 1990). A la lumière des faits rapportés, on noterait que l'introduction des poules relèverait des périodes anciennes via les pays limitrophes en occurrence le Soudan. Aucune documentation n'est disponible pour étayer la période de cette introduction.

2.2. Les caractéristiques phénotypiques du poulet

2.2.1. Extérieur de la poule

Le poulet local de façon générale est de type rectiligne et bréviligne. Sa morphologie dépend de son appartenance à une espèce ou de l'interaction des phénomènes environnementaux (écosystème et milieu de vie). Les caractères visibles, tels que la couleur ou la répartition des plumes sur le corps ont été étudiés et/ou faits étudiés par les études antérieures et cela a conduit à l'identification des races ayant un aspect caractéristique. On suppose que ce soit par mutation que les caractères ont apparu dans les populations des poulets élevés dans la plus grande partie de l'Afrique subtropicale et dans d'autres parties de la planète. Le déterminisme des caractères n'est connu que dans le milieu où les conditions d'étude biologique sont requises. Le plumage peut avoir plusieurs colorations. La répartition des couleurs n'est pas dans tous les cas uniforme. Compte tenu de la diversité des mélanges, les couleurs peuvent déterminer le choix ou la préférence du sujet. La structure du plumage paraît être affectée par les gènes qui déterminent les caractères suivants : plumage frisé, cou nu, emplument, tarse emplumé, huppe.

Le plumage frisé est très répandu dans les populations de poulets locaux de la zone inter tropicale (Ibe, 1990 ; Fotsa et Poné, 2001). Le gène qui détermine le plumage frisé a été décrit en 1600 par Aldrovandi cité par Hutt en 1949. La présence de cette mutation peut influencer

les performances en milieu chaud, ce qui peut constituer un avantage adaptatif pour le poulet local en milieu inter tropical. Le gène qui caractérise le déplument et qui modifie la répartition des plumes sur le corps en occurrence le cou nu est autosomal incomplètement dominant. Il est déterminé par le gène *NA* et assure la réduction du plumage tout en augmentant la consommation alimentaire en climat tempéré. Les poules 'cou nu' maintiennent mieux leur taux de ponte, et le poids moyen de l'œuf est supérieur (jusqu'à 3-4 g) à celui de leurs sœurs normales. Il est aussi démontré clairement (Cahaner *et al.*, 2003) que le poulet de chair à 'cou nu' a un avantage économique en climat chaud en raison d'une meilleure vitesse de croissance, d'une meilleure viabilité et d'un rendement en chair du bréchet plus élevé de 1 à 2% par comparaison au témoin non emplumé.

Une étude faite par Serebrovsky (1922) montre que le gène déterminant le caractère emplument est lié au sexe et est représenté par *K* (gène d'emplument lent) et le gène (*K*N*) emplument rapide qui est du type sauvage. Les poussins à emplument rapide présentent des rémiges primaires et secondaires ainsi que les plumes de couverture.

Le principal effet économique de la mutation *K* a été observé chez les pondeuses Leghorn blanches, avec une augmentation de la mortalité due à la leucose. Cet effet a été expliqué par la liaison génétique entre la mutation *K* et la présence d'une insertion rétrovirale endogène (Bacon *et al.*, 1988). Il n'est donc pas évident que la mutation *K* ait un intérêt adaptatif pour les poulets locaux en climat chaud, et sa présence est susceptible d'interagir avec l'incidence de maladies dues à des rétrovirus comme la leucose.

Les pattes emplumées sont caractérisées par un phénotype nommé (*PTI*) caractéristique de plusieurs races qui diffèrent très souvent entre elles par la position des plumes sur le tarse et les doigts. Plusieurs études ont été faites pour révéler le déterminisme génétique de ce caractère. Des travaux entrepris par Hurst en 1905 ont montré qu'il ya une dominance incomplète sur la race Cochin qui à elle seule est marquée par la dominance de deux mutations indépendantes, chacune pouvant donner le tarse emplumé.

Sur la race Nègre soie, des auteurs ont révélé que le caractère emplument pourrait être gouverné par trois allèles *PTI-1*, *PTI-2* et *PTI-3* sur le locus *PTI*. Cette mutation serait associée à une meilleure croissance des poulets locaux selon une étude faite au Nigéria (Ikeobi *et al.*, 2000). Elle est également présente chez les poulets locaux du Cameroun (Fotsa et Poné, 2001).

La huppe est un allongement des plumes situées à l'arrière de la crête et se présente sous différentes tailles et formes dépendant d'un gène. La huppe est généralement rencontrée dans les variétés améliorées. Elle est due à une mutation *CR*, autosomale dominante incomplète

(Hurst, 1905 ; Davenport, 1906 ; Fotsa et Poné, 2001). Toutes les formes "huppe" sont contrôlées par le locus CR, lié au locus F comme au locus *I* (plumage blanc dominant).

Il existe en plus de ces traits caractéristiques remarquables d'autres qui sont manifestés par des gènes affectant la forme de la crête et de sa couleur, de la couleur des tarse, de la peau et du barbillon.

Plusieurs types de crêtes sont couramment rencontrés chez les poules. Les formes de ces crêtes dépendent généralement des gènes situés aux locus *R* et *P*. La crête rosacée est une mutation à dominance complète décrite au locus *R* et la crête en pois est dominante incomplète au locus *P*. Ce dernier caractère est porté par plusieurs races.

La couleur de la crête est d'un aspect rouge vif déterminé par le gène *G*N* du type sauvage. Il est d'une part caractérisé par l'allèle muté *G*G*, responsable de la couleur jaune.

La couleur de la peau des tarse peut être jaune d'où la présence de la xanthophylle portée par le locus *W*. Les pigments xanthophylles alimentaires s'accumulent progressivement et le phénotype est très répandu dans de nombreuses races. La mélanine est responsable de la coloration noirâtre de la peau et du tissu conjonctif. Elle est représentée par *FM* (pour la fibromélanose). La mutation *FM* donne aux barbillons et à la crête une couleur violette foncée tandis que les oreillons, les tarse et le bec sont bleus. Les phaeomélanines sont responsables des colorations jaunes à rouges. Les xanthophylles ne semblent pas intervenir dans le plumage de l'espèce *Gallus*. D'une manière générale, il semble que les poules pondeuses ayant un plumage de couleur claire aient une meilleure efficacité alimentaire que les poulets de couleur foncée (Mérat, 1967). Toutes ces caractéristiques sont réparties sur le corps et permettent de déterminer les variations au sein des populations des poulets tant traditionnels que ceux élevés de manière industrielle ou semi industrielle.

2.2.2. Les caractéristiques morpho-biométriques

Les données sur la mensuration sont variables d'une région à une autre et / ou d'un pays à un autre. Plusieurs auteurs ont relevé différents résultats chiffrés qui portent sur plusieurs caractères et les mensurations appliquées sur les organes de l'espèce étudiée. D'après une étude portant sur la caractérisation morphologique et biométrique des ressources génétiques au Cameroun, il ressort que les colorations du plumage de la poule des hautes terres de l'Ouest sont très variées. Ainsi les principales couleurs dominantes sont le noir (17,2%), le blanc (15,3%) et le doré (12,9%). La forme lisse du plumage est la plus dominante avec un taux de 69,9% (Keambou *et al.*, 2007). Une autre étude similaire entreprise dans l'Etat de

l'Adamawa au Nigeria révèle un taux de 17,07% pour la couleur noir et de 14,41% pour la couleur marron (Apuno *et al.*, 2011).

La caractérisation phénotypique établie concernant les poulets locaux de la zone forestière dense humide du Cameroun permet de dire que la couleur dominante du tarse est la couleur blanche (44,73%) suivie de la couleur jaune (37,89%) respectivement dans le Centre et l'Est. La peau est de couleur jaune (68,95%) et la couleur blanche (31,05%). Le type de crête est simple avec un taux de 98,42% et la couleur rouge dominante sur les autres couleurs respectivement roses (12,06 %) et pigment noir (4,13%) (Keambou *et al.*, 2007 ; Apuno. *et al.*, 2011).

Les couleurs qui caractérisent la patte sont : le noir, le jaune, le rose, le bleu et le blanc. La plus dominante selon le cas étudié en Algérie est la couleur blanche (80,43%) puis la couleur jaune (75,19%). Les autres couleurs ont des fréquences qui oscillent entre 9 et 14%. Les oreillons quant à eux ; sont représentés par un taux de 40,30% pour le rouge et 35,6% pour le blanc (Moula *et al.*, 2009). Pour les yeux, la couleur la plus observée reste le rouge orange (87,37%) dans la plupart des cas. Il ya cependant le brun noir et le jaune qui ne donnent que des fréquences comprises entre 4-8% (Fotsa et Pone, 2001).

Le bec se caractérise par une série de colorations à savoir la corne, le noir, le jaune, le blanc et le vert. La couleur corne est plus représentée (48,7%) et le noir (24,8%) par rapport aux autres qui ont des fréquences comprises entre 0,4-18% (Keambou *et al* 2007)

L'œuf fait partie des produits d'élevage de la poule locale. Il est apprécié par sa coloration de coquille. Dans le milieu d'élevage traditionnel, on note que la présence de la couleur blanche (35,45%) de l'œuf est dominante et la couleur brune ou roux (24,08%) qui est du ressort des élevages améliorés (Apuno *et al.*, 2004). Cette coloration blanche est aussi déterminante chez l'espèce locale en Ethiopie. Dans le système d'élevage étudié il y a une nette présence de la couleur blanche des œufs. Une fréquence de 62,42% a été obtenue pour cette coloration suivie de 7,30% pour la coloration brune ou roux. Le choix des espèces locales de reproduction conduirait donc à l'obtention de cette couleur. Les œufs bruns ou roux sont pour la plupart des cas issus de la production des élevages améliorés. Les fréquences phénotypiques de l'emplument au Cameroun les plus observées ont été : tarse, 6,21% ; la huppe, 20,11%, cou nu, 4,88% et barbe, 1,42%. Le plumage frisé a été observé avec une fréquence de 2,88% et le nanisme caractérisant les poules non géantes se trouve à un taux de 4,17% (Fotsa *et al.*, 2010).

Les données sur la mensuration selon certaines études ont relevé que le poids corporel est de l'ordre de 2,6 kg soit $1,5 \pm 0,4$ pour la race Island à plumage rouge élevée en milieu contrôlé

en Ethiopie (Tadell *et al.*, 2003) alors qu'il est de 1,8 kg en Côte d'Ivoire (Yapi Ngaoré *et al.*, 2010). Le périmètre thoracique a fait l'objet d'une mesure lors d'une étude dans les hautes terres de l'Ouest du Cameroun et ont révélé que les poules de ces zones ont une moyenne de pourtour équivalente à $39,1 \pm 28,8$ cm (Keambou *et al.*, 2007). Cet écart est tout différent du cas rapporté par Yapi Ngoré *et al.*, 2010 qui ont montré qu'en Côte d'Ivoire il est de l'ordre de $28,8 \pm 2,4$ cm. Dans cette dernière étude les auteurs rapportent que la moyenne de la longueur de la patte est de $5,9 \pm 0,8$ cm pour 439 poules locales dans deux zones agro écologiques.

La longueur de la jambe varie d'une race à une autre. Elle est fonction du milieu de vie de cette dernière. La patte et la jambe sont deux organes qui constituent le pilon. Sa longueur est un indice qui caractérise la taille des sujets et est évalué à une longueur moyenne de $13,0 \pm 1,9$ cm pour les races locales élevées en savane en Cote d'Ivoire (Yapi-Gnaoré *et al.*, 2010). La longueur du doigt central est rarement mesurée. Les résultats obtenus par Francesch *et al.* (2011) ont été en moyenne de $5,40 \pm 0,57$ cm.

2.2.3. Caractéristiques de productivité

Le niveau de production mesurée au Tchad montre que les poulets locaux ont des taux d'éclosion satisfaisants variant de 79% à 87% et des taux de survie des poussins à deux mois qui se situe entre 55% et 82%. Dans le sud du pays, un faible taux de survie des poussins au sevrage à 58 jours de 45% en saison sèche a été observé. Cette baisse a été imputée aux rapaces très actifs au moment où la végétation est basse et aux incidences de la maladie de Newcastle fréquente en période de fin des saisons pluvieuses (Mopaté et Maho, 2005 ; Mopate *et al.*, 2010). Le nombre moyen des œufs à la 1^{ère} ponte est d'environ 10 (variant de 9 à 11), pour une moyenne de ponte de 16 jours. Tandis qu'aux pontes suivantes, les poules ont une durée de ponte 14,9 jours.

Aussi Mopate et Idriss (2002) ont résumé les performances zootechniques de reproduction des poulets locaux du Tchad (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Paramètres de reproduction des poulets locaux identifiés dans quelques régions du Tchad.

Paramètre	Tchad oriental*	Guéra	Sud du Tchad	N'Djaména rural
Sex-ratio	4,7	2,6	4,2	6
Nombre ponte/an	3,6	3,8	3,4	3
Nombre œufs/ponte	12	11	14	11
Taux d'éclosion	86,6	87	86,2	79
Taux de survie poussins à 2 mois	60	60,5	45 (SS), 82 (SP)	55
Taux d'exploitation	67	96	71	16**

Source : Mopate et Idriss (2002), modifié. SS= saison sèche ; SP = saison pluvieuse

*Tchad oriental rassemble les régions du Wadi Fira, Ouaddaï et Salamat

**Taux obtenu en 5 mois de suivi

2.2.4. Les pratiques de production

Historiquement, la politique occidentale de reproduction était mise au point par les fermiers qui fixaient leurs propres critères d'élevage et sélectionnaient les oiseaux dont les caractéristiques indésirables étaient réformés. Les oiseaux étaient élevés ensemble dans l'espoir de voir aussi posséder les caractéristiques souhaités. La réussite dépendait largement des caractéristiques pour lesquelles la sélection avait été effectuée. Bien souvent la sélection visait l'apparence plutôt que la production et de nombreuses races d'agrément furent produites. Selon Anthony et Smith (1997), ce type de sélection impliquerait souvent le choix des caractères contrôlés par un ou plusieurs gènes. Cette catégorie comprendrait des caractéristiques comme la forme de la crête ou la couleur du plumage. C'est en se basant sur la recherche de la qualité que le sélectionneur prend cette option de reproduction.

Le même auteur prouve qu'il existe une méthode traditionnelle de sélection de la volaille. Cette opération est la plus pratiquée par le sélectionneur. Celui ci se base sur l'apparence. Dans ce système les meilleurs individus sont sélectionnés pour ensuite être croisés avec d'autres individus dont les caractéristiques sont jugées comme appréciables par le sélectionneur.

- Une bonne gestion du cheptel permet de réaliser un bon exploit et un effectif renouvelé. Les données ci-dessous présentent les recommandations d'une conduite du cheptel recommandée (CIRAD, 2002) :

Nombre de coqs par poule	1 coq pour 10 poules
Âge maximum des reproducteurs	3 ans
Séjour d'un reproducteur dans l'élevage	2 ans
Nombre d'œufs à couvrir par poule	maxi 20 œufs par poule
Séparation des poussins de la mère	30-40 jours

Pour promouvoir une bonne pratique au profit d'un élevage traditionnel et garantir la santé du troupeau, il suffit de prendre des mesures hygiéniques les plus appropriées en vue de sauvegarder les espèces et leur mise en croissance. Le respect des normes d'ambiance doit être de rigueur (Fort Delaveau M., 1989). La préservation de cette bonne pratique passe par le nettoyage et la désinfection et la désinsectisation du poulailler. Les locaux abritant les poulets d'élevage doivent subir des nettoyages systématiques lorsqu'on se rend compte que les fientes bourrent le plancher des poulaillers. Les opérations de désinfections doivent s'appliquer au bâtiment d'élevage, au sol, au matériel et les annexes (circuits et réservoir d'eau).

En milieu rural les aspects hygiéniques sont négligés et les conséquences entraînent la réduction de l'effectif du cheptel.

L'alimentation de la volaille est basée sur l'utilisation des déchets ménagers comportant les débris de vannage, les sons de céréales et les déchets de cuisine. La poule locale ingère aussi d'autres types d'aliments (fourrage vert, insectes, batraciens, etc.) qu'elle cherche pendant la divagation autour des cases (Provost et Borredon, 1968 ; Mopaté et Maho, 2005).

2.2.5. Les contraintes à la production

Les contraintes résultent des faibles performances des élevages traditionnels familiaux. L'incohérence dans l'établissement du poulailler expose les sujets aux intempéries et aux prédateurs. Les oiseaux s'éloignent de l'habitat et sont exposés aux rapaces et animaux carnivores. La mise en œuvre des services sanitaires d'appui au secteur élevage traditionnel n'est pas si aisée comme c'est le cas en milieu amélioré. L'insuffisance et/ou l'absence du personnel technique limite l'encadrement des éleveurs qui se trouvent désarmés devant des crises pathologiques. Quelques maladies courantes rencontrées dans la plus part des régions tropicales sont listées dans le tableau suivant (Tableau 5).

Tableau 5 : Quelques pathologies de la volaille

Noms	Mode de transmission	Agents	Symptômes	Prophylaxie	Traitement
Maladie de Newcastle	Oiseau à oiseau	virus	Paralysie, troubles respiratoires, diarrhée verte	Vaccination vaccin vivant ou inactivé	Inexistant
Bronchite infectieuse	Oiseau à oiseau	Virus	Troubles respiratoires, diminution production œufs	Vaccination	Antibiotique
Maladie de Marek et leucose	Oiseau à oiseau	Virus	oiseaux entre 12 à 24 semaines, paralysie et 10 -30% mortalité	Vaccination isolement	Inexistant
Variole aviaire	Piqures de moustiques et autres insectes et via lésions cutanées.	Virus	Croûtes au niveau de la crête, des barbillons et des paupières.	Vaccination isolement	Réforme oiseaux malades et vaccination des oiseaux sains.
Maladie de Gomboro	Contact entre les jeunes oiseaux	Virus	Prostration, diarrhées	Isolement Vaccins disponibles	Inexistant
Choléra aviaire ou pasteurellose	Via l'eau et la nourriture, par le nez et la bouche	Bactéries de type <i>pasteurella</i> spp	Diarrhées sévères, crête et barbillon bleus, diminution consommation	Vaccination annuelle par vaccin vivant.	Retrait sujets infectés et détruits, nettoyage locaux
La gale	Contact corporel direct	Acarien (poux)	Profonde démangeaison	Désinfection au crésyl	Hygiène du local.

Source : Anthony Smith, 1997, modifié

Ces maladies ont pour la plupart un agent causal un virus une bactérie ou parasite. Les mesures de lutte sont beaucoup plus préventives que curatives. En plus de celles-ci, il y a des maladies contrôlées par la prophylaxie.

Dans un état de captivité, certains oiseaux adoptent un trouble de comportement, le cannibalisme, qui peut être héréditaire, d'origine psychique ou sociologique. Les oiseaux peuvent s'arracher les plumes de leurs congénères, d'abord sur le dos et la queue puis sur le corps. La vue du sang peut entraîner le cannibalisme. Il se trouve que certains victimes sont éviscérés ou partiellement dévorés. La mesure prophylactique qui peut être appliquée consiste à respecter les normes d'élevage (respect de densité, la température ; l'éclairage, la ventilation, la longueur des mangeoires, et le nombre des mangeoires (Fontaine, 2008). Une alimentation équilibrée, adaptée à chaque espèce et tranche d'âge peut être donnée à la bande. Le débecquage constitue aussi un moyen de lutte pour éviter que les oiseaux ne s'arrachent les plumes.

3. La problématique de la diversité génétique et l'origine de la poule africaine

Selon Gifford-Gonzalez et Hanotte (2011), aucune étude génétique moléculaire n'a tenté encore d'illustrer et de comprendre la diversité génétique et l'origine des poulets indigènes africains au niveau continental. Actuellement, toutes les études génétiques moléculaires ont été limitées à certains pays et regroupés en deux ensembles distincts selon les marqueurs

génétiques d'intérêt: les loci microsatellites et le segment D-loop (séquences du segment hypervariable de l'ADN mitochondrial).

3.1. Les microsatellites

La diversité génétique et les relations entre les populations de poulets de plusieurs pays africains ont été étudiées en utilisant les microsatellites. Ces études ont porté sur des populations de poulet de la Tanzanie, le Nigeria et le Cameroun (Wimmers *et al.*, 2000); au Kenya et en Afrique de l'Est (Soudan, Ethiopie, Ouganda) (Mwacharo *et al.*, 2007); le Zimbabwe, le Malawi et le Soudan (Muchadeyi *et al.*, 2007); Ethiopie (Dessie, 2007; Hassan *et al.*, 2009; Dana 2010; Goraga *et al.*, 2011); Afrique du Sud (Mtileni *et al.*, 2010); Bénin (Youssao *et al.*, 2010); Ghana (Osei-Amponsah *et al.*, 2010); Egypte (Eltanany *et al.*, 2011); et le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Maroc et le Cameroun (Leroy *et al.*, 2012). Bien que les marqueurs utilisés dans ces études se chevauchent, dans une large mesure, avec l'ensemble recommandé de marqueurs microsatellites ISAG-FAO (FAO, 2011), aucun des échantillons ou des populations communes ont été utilisés dans les études et cela contraint l'analyse à l'échelle du continent.

Cependant, quelques conclusions générales importantes apparaissent. Les poulets indigènes africains sont étroitement liés génétiquement, mais sont clairement distincts des races commerciales (Mwacharo *et al.*, 2007; Leroy *et al.*, 2012). Leurs diversités génétiques sont à peu près comparables entre les études et correspondent aux valeurs habituellement observées dans d'autres populations indigènes à travers le monde, mais ils sont beaucoup plus élevés que ceux observés dans les races commerciales (Wimmers *et al.*, 2000; Osei-Amponsah *et al.*, 2010; Leroy *et al.*, 2012). Cette diversité peut indiquer une taille de population plus élevée pour les poulets villageois africains introduits par rapport aux poulets commerciaux, et/ou d'ancien mélange de populations à la suite de multiples introductions. La divergence génétique entre les populations de poulet est généralement faible (par exemple, Osei-Amponsah *et al.*, 2010; Youssao *et al.*, 2010), et il semble pour refléter les distances géographiques entre les populations (Mwacharo *et al.*, 2007). Cependant, Goraga *et al.* (2011) rapportent des distinctions génétiques entre les groupes de populations de poulets de l'Ethiopie et Mwacharo *et al.* (2007), entre les populations du Kenya - Ouganda et d'Ethiopie - Soudan. En outre, Leroy *et al.* (2012) rapportent une plus grande similitude de la structure génétique entre populations de poulet vivant dans les mêmes principaux systèmes de production à travers les pays ouest-africains qu'entre systèmes agricoles au sein des pays. Ces observations sont compatibles avec une histoire de plusieurs introductions de différents pools

génétiques de l'espèce dans les régions, le mouvement de poulet le long des routes commerciales spécifiques, l'isolement géographique à long terme de ces populations.

La preuve de l'incorporation des gènes entre les populations commerciales et locales a été récemment démontrée en utilisant microsattellites pour les populations du Maroc et du Cameroun, mais pas pour les populations du Bénin, du Ghana et la Côte d'Ivoire (Leroy *et al.*, 2012). Ce mélange des gènes pourrait être lié à long terme à des programmes d'amélioration de l'élevage qui impliquent la fourniture de races commerciales aux agriculteurs locaux à des fins croisements. Cependant, l'impact de ces incorporations des gènes est limité, peut-être dus à une mauvaise adaptation des poulets exotiques aux conditions du village et de la préférence des consommateurs pour les poulets locaux.

3.2. L'ADN mitochondrial

Le génome mitochondrial présente des séquences de choix permettant d'évaluer les impacts des processus historiques sur la structure actuelle des populations naturelles. C'est en effet par une analyse de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial (ADNmt), très variable que les origines des poulets d'Afrique ont pu être clairement établies dans certaines zones (Razafindraibe *et al.*, 2008; Adebambo *et al.*, 2010; Muchadeyi *et al.*, 2008; Mtileni *et al.*, 2011; Mwacharo *et al.*, 2011). Cependant, il n'y a pas de nomenclature normalisée pour les haplogroupes de l'ADNmt de poulet identifiés dans les études africaines. Jusqu'à présent, la plus grande étude a été réalisée par Mwacharo *et al.* (2011). Il comprend des séquences de l'ADNmt de 512 poulets domestiques à partir de quatre pays d'Afrique orientale (Kenya, Ethiopie, Soudan et Ouganda).

Des cinq des neuf haplogroupes divergentes identifiés à travers l'Europe et l'Asie par Liu *et al.* (2006), deux haplogroupes, A et D, dominent le continent africain. Le Haplogroupe D se retrouve clairement dans les tous pays africains étudiés et est le plus commun dans tous les pays à l'exception de Madagascar, le Zimbabwe et l'est du Kenya. C'est le seul haplogroupe jusqu'ici identifié en Afrique de l'Ouest, représenté par le Nigeria (Adebambo *et al.*, 2010). La prochaine haplogroupe courante est A, qui est absente de l'Ouganda, le Soudan, le Nigeria et l'Éthiopie, mais est la plus fréquente à Madagascar, le Malawi, le Zimbabwe et l'est du Kenya. Les autres haplogroupes sont observés à de très basses fréquences dans toutes les études, étant présent dans seulement un ou deux oiseaux.

Grâce à une analyse détaillée de la répartition géographique des haplogroupes A et D dans toute l'Afrique de l'Est, Mwacharo *et al.* (2011) ont fourni des preuves révélant que ces deux haplogroupes avaient probablement une histoire différente sur le continent. Il a été proposé

que l'haplogroupe A africaine provient du Sud-Est et/ou d'Asie de l'Est (Muchadeyi *et al.*, 2008; Mtileni *et al.*, 2011; Mwacharo *et al.*, 2011) et qu'il aurait été le résultat d'une introduction maritime le long de la East côte africaine (Mwacharo *et al.*, 2011), y compris Madagascar (Razafindraibe *et al.*, 2008). Après l'histoire connue du peuplement de Madagascar, Razafindraibe *et al.* (2008) ont suggéré que son origine pourrait être les îles indonésiennes. Il est donc possible que l'haplogroupe A serait de l'expansion austronésienne en Afrique un héritage.

En utilisant l'information phylogéographique sur la répartition géographique moderne à travers l'Europe et l'Asie (Liu *et al.*, 2006), le sous-continent indien a été proposé comme le centre d'origine initial pour l'haplogroupe rencontré en Afrique (Muchadeyi *et al.*, 2008; Mtileni *et al.*, 2011; Mwacharo *et al.*, 2011). Une possible origine sous-continent indien de quelques poulets africains est en outre soutenu par le phénotype de la peau jaune couramment observé dans les poulets villageois africains (FAO 2009; Dana *et al.*, 2010; Youssao *et al.*, 2010; Daikwo *et al.*, 2011; Melesse et Negesse 2011; El-Safty 2012). Ce phénotype a été récemment démontré au niveau moléculaire pour être une incorporation réussie de l'espèce sauvage junglefowl gris *Gallus sonneratii*, une espèce *Gallus* encore à domestiquer avec une aire géographique restreinte sur le sous-continent indien (Eriksson *et al.*, 2008).

Le centre possible d'origine pour les poulets abritant l'ADN mitochondrial des haplogroupes B, C et E, observés jusqu'ici avec de basses fréquences sur le continent africain, est plus spéculatif. Les haplogroupes B et C peuvent avoir atteint l'Afrique après les récentes introductions de l'amélioration des poulets commerciaux (Mwacharo *et al.*, 2011). Cette suggestion est soutenue par la présence d'haplotypes identiques ou étroitement liés appartenant à ces haplogroupes chez les poulets européens et commerciales (Muchadeyi *et al.*, 2008; Dana *et al.*, 2010b). Avec l'aide de marqueurs microsatellites, Leroy *et al.* (2012) ont également démontré de flux de gènes entre les poulets commerciaux et locaux dans certains pays d'Afrique sub-saharienne. Cependant, une introduction plus ancienne et directe de ces deux haplogroupes de leurs centres d'origines en Asie reste également possible. Il faudra plus de données pour clarifier la ou les origine(s) de ces deux haplogroupes sur le continent africain.

Le haplogroupe E n'est pas observé chez les poulets commerciaux (Muchadeyi *et al.*, 2008; Dana *et al.*, 2010b). Muchadeyi *et al.* (2008) et Mwacharo *et al.* (2011), en utilisant l'étude de Liu *et al.* (2006) comme une référence, ont proposé que le centre d'origine de l'haplogroupe E pourrait être Chine du Sud et, plus particulièrement, la province du Yunnan et/ou régions géographiques adjacentes comme le Myanmar (Mwacharo *et al.*, 2011). Les voies

d'introduction de ce haplogroupe dans le continent africain restent inconnues, mais sa répartition géographique dans le monde aujourd'hui (Liu *et al.*, 2006) suggère qu'il était probable la conséquence d'une introduction maritime sur le continent africain. Il soulève l'hypothèse que son arrivée aurait pu suivre les expéditions chinoises maritimes dans l'océan Indien à travers le commerce (Duyvendak, 1939; Beaujard, 2005; Mwacharo *et al.*, 2011).

CHAPITRE II

METHODOLOGIE

METHODOLOGIE GENERALE

1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans 3 principales régions agro-écologiques différentes du Tchad (Figure 1)

- **La Région du Guera** : le chef-lieu de cette Région est la ville de Mongo qui se situe entre le 12,190° de la latitude Nord et le 18, 690° la longitude Est. Sur le plan démographique, la ville de Mongo est la 2^e ville la plus peuplée du Tchad avec une population de 20676 habitants (MEP, 2009). Sur le plan physique, la partie nord du Guera présente un paysage accidenté avec la présence des massifs montagneux et les deux points culminants sont : Aboutelphane avec 1500 m d'altitude et le Mont Guera avec 1613 m de hauteur. Par contre, la partie sud est constituée des rochers.
- Les Régions de Hadjer Lamis et du Lac se situent entre les 12,10° et 14,20° de latitude Nord et 13,30° et 15,40° de longitude Est. Les deux régions se situent en zone sahélienne où les précipitations annuelles sont comprises entre 250 mm de pluie au nord et 500 mm de pluie au sud. L'altitude du Lac est de 287 m et la température moyenne annuelle est de 27,8°C.
- La Région du Mayo-Kébbi Ouest a comme le chef-lieu est la ville de Pala. Cette ville est la septième ville du Tchad sur le plan démographique avec 26 100 habitants (MEP, 2009) et se situe entre le 9,360° de la latitude Nord et le 14,900° la longitude Est. La Région du Mayo-Kébbi Ouest est située dans la zone soudanienne et reçoit annuellement 700 à 1000 mm des pluies. Sa formation végétale correspond à une savane plus ou moins boisée à *combrétacées* et à une savane arborée forestière. La végétation est constituée principalement de *Isobertia doka*, *Prosopis africana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Burkea africana*, *Butyrospermum parkii*. Ces caractéristiques font de la Région du Mayo-Kébbi Ouest est une zone de grande production de coton et de céréales. Tandis que les deux autres Régions ont comme activité dominante l'élevage.
- La ville de N'Djamena, capitale du pays a été considérée pour les prélèvements de sang des poulets tout venant pour les analyses moléculaires.

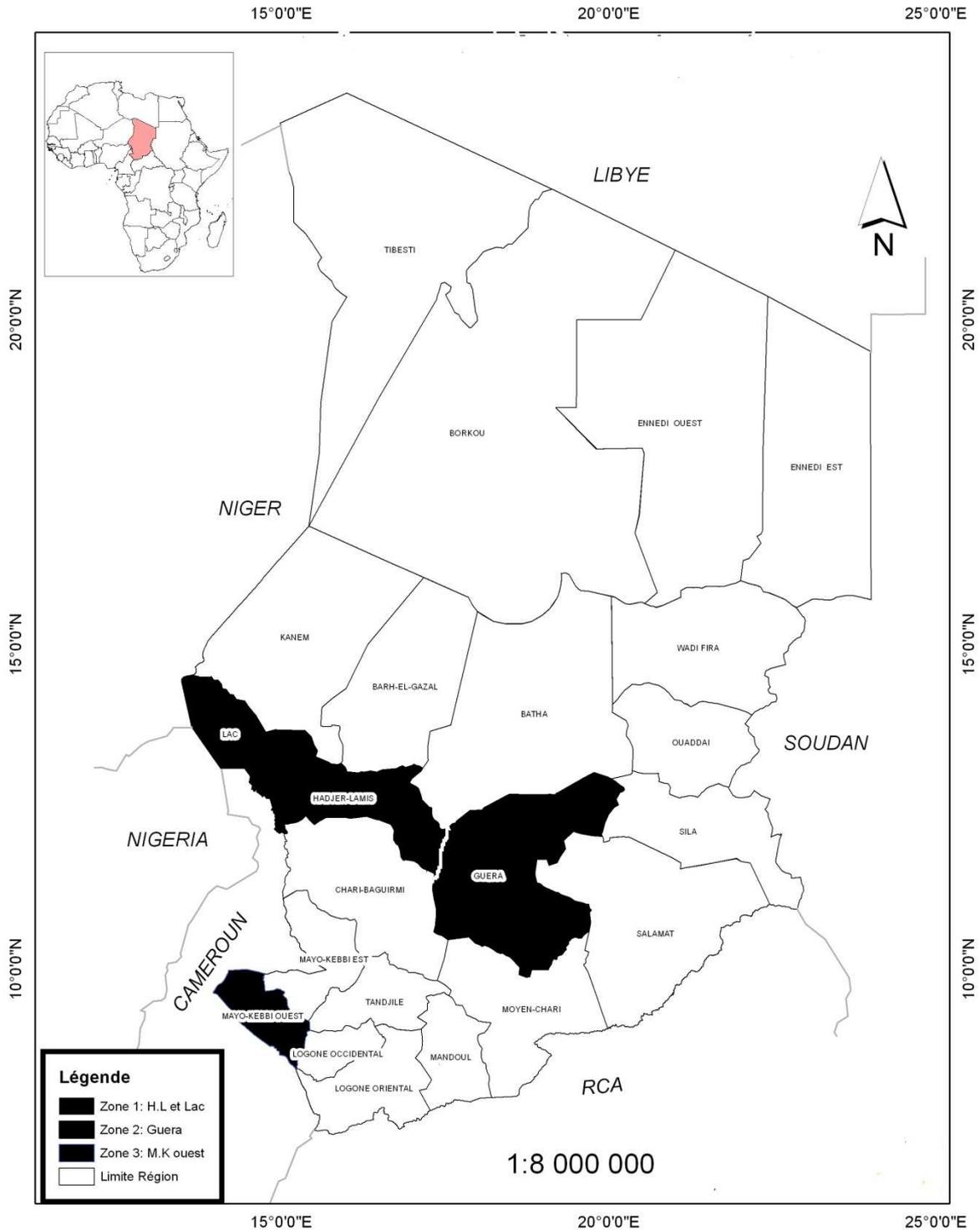


Figure 1 : Localisation des trois sites de la zone de l'étude

2. Echantillonnage et collecte de données

2.1. Animaux

L'étude a porté sur 3110 poulets locaux répartis suivant les différentes études comme l'indique le tableau 1 (**Tableau 1**).

Tableau 1 Echantillonnage de poulets en fonction du type d'étude

Etude	Effectif poulets
Caractérisation des traits visibles	925
Caractérisation moléculaire	186
Caractérisation biométrique	803
Etude socio-économique	1206 (dont 221*)
Total	3110

*Nombre de poules suivies pour les paramètres de reproduction

3. Méthodes

3.1. Etude des traits visibles

Pour la détermination du phénotype des poulets locaux, une enquête basée sur l'observation du plumage des poulets a été conduite dans 362 ménages de 60 villages de la zone d'étude sur une période trois mois. L'enquête a été suivie sur le terrain pour constater l'effectivité et la fiabilité du travail. Les données collectées ont porté essentiellement sur :

- Le format du poulet : longiligne, bréviligne ou médioligne ;
- La coloration du plumage : couleur dominante et les apparences ;
- La coloration des traits visibles : bec, pattes, oreillons et les yeux ;
- La coloration des œufs ;
- Le type de crête et des barbillons.

3.2. Caractérisation biométrique

Une enquête dans les 3 régions de l'étude a été menée dans 243 ménages de 48 villages a permis de collecter de données sur 803 poulets locaux (mâles et femelles) sur une période de trois mois. A l'aide du ruban métrique normal, la longueur du corps, le périmètre thoracique, la longueur de la cuisse, la longueur des tarsi et la longueur des doigts ont été mesurés. Pour le poids, on a utilisé deux pesons sensibles portatifs de 2 et 3 Kg de portée.

3.3. Caractérisation moléculaire poulets locaux

3.3.1. Prélèvement d'échantillons et extraction de l'ADN

L'ADN génomique a été extrait du sang séché à l'air et préservé sur les papiers classiques FTA (Whatman Biosciences) en utilisant le protocole du fabricant à partir de 186 poulets locaux des trois régions géographiques au Tchad. La stratégie d'échantillonnage comprend 50 oiseaux de la région de l'ouest (Hadjer-Lamis / Lac Tchad) représentant la population I (Tchad I), 50 de la région centrale (Guéra) représentant la population II (Tchad II), 50 de la région du Sud (Mayo-Kebbi Ouest) représentant la population III (Tchad III) et 36 des

différents marchés à volaille de la ville de N'Djamena représentant la population IV (Tchad IV) (tableau 1). 5 échantillons ont été considérés endommagés au cours de l'extraction de l'ADN et ont été retirés de l'analyse. Pour rapprocher la population étudiée du centre de la domestication de l'espèce (l'Asie) et étudier l'origine possible du poulet local du Tchad, 9 haplotypes inédits ont été inclus dans les analyses qui comprennent l'échantillon de référence téléchargé du centre national d'information de la biotechnologie (numéro d'accès GenBank AB098668).

3.3.2 Amplification par PCR et séquençage

Cinq cent quarante-neuf paires de bases de la région boucle-D d'ADNmt ont été amplifiées en utilisant AV1F2 (5'-AGGACTACGGCTTGAAAAGC-3', Mwacharo *et al.*, 2011) en tant qu'amorce avant et H547 (5'- ATGTGCCTGACCGAGGAACCAG-3', numéro d'accès AB098668, Komiyama *et al.*, 2003) comme amorce inverse. Les amplifications par PCR ont été réalisées dans un volume de réaction de 20 µl contenant 40 ng d'ADN génomique, 5 X tampon de réaction Phire (contenant 1,5 mM MgC_l₂ à une concentration de réaction finale), 200 µM de chaque dNTP, 0,5 µM de chaque amorce et 0,4 µl de l'ADN polymérase de démarrage à chaud de Phire. Les conditions de création de cycles de chaleur étaient: Couvercle (110° C C), Démarrage à chaud 98°C (2 min), Dénaturation 98°C (5 sec), Détrempe 63 °C (10 sec), Elongation 72° C (15 sec), 35 cycles et étape d'extension finale à 72° C (1 min) (Nord *et al.*, 1997; Wikman *et al.*, 2004; Chester et Marshak, 1993). Les produits de PCR ont été purifiés en utilisant NucleoSpin® Gel et le kit PCR Clean-UP (Vogelstein et Gillespie, 1979). Les produits purifiés ont été séquencés à partir de Source Biosciences à l'aide de AV1F2 (5'-AGGACTACGGCTTGAAAAGC-3') comme amorce avant et H547 (5'- ATGTGCCTGACCGAGGAACCAG-3') comme amorces de séquence inverse.

3.3.3. Séquençage et analyse phylogénétique

Pour chaque échantillon, deux fragments ont été générés. Les amorces avant et inverse ont été coupées et les fragments restants ont été joints pour reconstruire une séquence de consensus de 549 bp en utilisant CodonCodeAligner version 5.1.3. Les fragments de chacun des échantillons ont ensuite été alignés contre la référence (numéro d'accès GenBank AB098668) (Komiyama *et al.*, 2003) en utilisant Clustal X version 2.1 (Thompson *et al.*, 1997). Des analyses ultérieures ont été limitées aux premières 397 pb comprenant la région hypervariable (HV1) (Adebambo *et al.*, 2010). Le phénogramme consensus (Neighbour-Joining tree) a été construit impliquant les haplotypes échantillons ainsi que neuf autres

haplogroupes incorporés dans la présente étude en suivant 1000 réplifications autonomes en utilisant MEGA version 6.0 (Tamura *et al.*, 2013). Le réseau médiane de jonction (Median Joining Network) a été construit en utilisant NETWORK 4.6.1.2 (Bandelt *et al.*, 1999). Les variations génétiques telles que la diversité nucléotidique, la diversité des haplotypes et nombre moyen de nucléotides pour chaque population a été déterminée en utilisant DnaSP v5 (Librado et Rozas, 2009).

3.4. Etudes socio-économiques : Pratiques d'élevage et productivité des poulets locaux

Pour l'étude socio-économique, 45 ménages repartis dans 15 villages ont été sélectionnés pour leur participation à l'enquête sur les pratiques de production avicole et seulement cinq ménages par région ont été retenus pour un suivi d'un an pourtant sur au moins cinq poules par ménage soit 75 poules au Mayo-Kebbi Ouest, 71 au Guéra et 75 au Hadjer Lamis/Lac. Deux méthodes de collecte des données ont été mises en œuvre :

- L'étude des pratiques des aviculteurs a utilisé l'enquête transversale et rétrospective (annexe 1). Les observations directes ont été faites sur les types de poulaillers, d'abreuvoirs et de mangeoires utilisés. L'entretien a porté sur les pratiques des aviculteurs (logement, alimentation, choix des reproducteurs et soins), les objectifs de production (vente, autoconsommation) et la structure des basses-cours (effectif, composition, sex-ratio, etc.).
- Pour le suivi des mouvements démographiques des poulets (annexes 2 et 3) et des paramètres de reproduction (nombre pontes par an, œufs par ponte, taux éclosion, taux de survie, etc.) cinq ménages par site ont été retenus pour le suivi des paramètres de reproduction des poussins d'au moins cinq poules par ménages jusqu'à la date de leur rentrée en ponte (annexe 4). Le suivi a démarré en janvier 2012 et a pris fin en décembre 2013, soit sur une période de 13 mois. Pendant la phase de collecte des données, chaque enquêteur, après la formation sur les techniques de collecte, a été visité deux fois pour assurer la bonne marche du travail et les fiches remplies ont été validées au fur et à mesure de l'état d'avancement. En cas de non satisfaction, les fiches ont été reprises. Le rythme des visites dans les ménages a été hebdomadaire

4. Analyse statistique des données

Les données collectées ont été saisies sous « Excel » pour Windows et le logiciel *Statistic Package for the Social Science* (SPSS, 2009) a été utilisé pour l'analyse descriptive (moyenne et écart-type) et les comparaisons des variances des trois zones écologiques de l'étude. Les caractères étudiés ont été : la coloration du plumage, des œufs, des pattes, des becs, des

oreillons et des yeux ; le type des crêtes et des barbillons ; la longueur du corps du poulet, de la cuisse, des tarsi et des doigts, le périmètre thoracique, le poids et la différence entre la séquence d'ADN. La variation de ces différents caractères a été étudiée suivant la région et le sexe de poulets. L'analyse de variance (ANOVA) a été faite au seuil de 5%.

CHAPITRE III

CARACTERISATION MORPHO-BIOMETRIQUE DES POULES (GALLUS GALLUS) LOCALES DANS TROIS ZONES AGRO-ECOLOGIQUES DU TCHAD

Publié dans: [Livestock Research for Rural Development 27 \(3\) 2015](#).
<http://www.lrrd.org/lrrd27/3/hass27053.html> (*Article 1*)

Caractérisation morpho-biométrique des poules (*Gallus gallus*) locales dans trois zones agro-écologiques du Tchad

K Hassaballah, V Zeuh¹, L Y Mopate² et M Sembene³

Département de Biologie, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djamena, N'Djamena, Tchad

khadidja.hassaballah@gmail.com ou hassaballaro@yahoo.fr

¹ Institut Polytechnique d'Elevage de Moussoro, Moussoro, Tchad

² Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IREDE), ex. Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques (LRVZ) de Farcha, B.P. 433, N'Djaména, Tchad

³ Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques (F.S.T), Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar, Sénégal.

Résumé

L'objet de cette étude a été de caractériser au plan morpho-biométrique, les poules locales dans trois régions écologiques du Tchad à savoir les régions de Hadjer-Lamis, celle du Lac Tchad et du Guéra en zone sahélienne et celle du Mayo-Kebbi Ouest en zone soudanienne. Les mesures ont porté sur 803 poules adultes âgées de 0,5 à 4 ans dont 521 femelles et 282 mâles.

Les résultats montrent que le poids des poules adultes a été de $1,35 \pm 0,39$ kg (femelles $1,24 \pm 0,32$ kg et mâles $1,54 \pm 0,43$ kg), variant de 0,45 à 2,75 kg. Le périmètre thoracique moyen a été de $33,1 \pm 5,40$ cm, la longueur de cuisse de $13,8 \pm 2,10$ cm, celle du tarse $10,0 \pm 2,10$ cm et celle du doigt central de $6,82 \pm 1,05$ cm. En dehors de la longueur de la cuisse qui est peu discriminante dans les trois régions, les autres paramètres présentent des caractéristiques biométriques différentes: ainsi les sujets présentant un grand format ont été identifiés autour du Lac Tchad, un petit format dans la région montagneuse du Guéra au centre du pays, et un format intermédiaire dans la région du Mayo-Kebbi Ouest. Ceci laisse présager des différences d'adaptation liées aux facteurs environnementaux et peut permettre d'envisager des possibilités de sélection de souches rustiques plus productives ou de croisements adaptés aux zones écologiques du Tchad.

Mots clés: *mesurations, conservation de race, interaction génotype-environnement, races autochtones*

Morpho-biometrical characterization of local chicken (*Gallus gallus*) in three agro-ecological zones of Chad

Abstract

The purpose of this study was to characterize the morpho-biometrically local chickens in three ecological areas of Chad as regions of Hadjer-Lamis, Lake Chad and Guéra in the Sahel

region and the region of Mayo Kebbi western Sudanian zone. Measurements were carried on 803 adult chickens aged at least six months with 521 females and 282 males.

The results show that the average weight of mature chickens was 1.35 ± 0.39 kg (females 1.24 ± 0.32 kg, males 1.54 ± 0.43 kg), varied from 0.45 to 2.75 kg. The average body girth was 33.1 ± 5.40 cm, the shank length 13.8 ± 2.10 cm, that of tarsus 10.0 ± 2.10 cm and the central finger of 6.82 ± 1.05 cm. Apart from the shank length that is not discriminating in the three areas, the other parameters show different biometric characteristics: so subjects with large size have been identified around Lake Chad, with small size in the mountainous region of Guéra in center of Chad and those with intermediate size in the region of Mayo-Kebbi West in Sudanian zone. This suggests differences linked with adaptation to the environmental factors and this can make possible to consider possibilities of selection of rustic and more productive or crossed strains adapted to the ecological zones of Chad.

Key words: *body measurements, breed conservation, genotype-environment interaction, indigenous breeds*

1. Introduction

Dans les pays en développement, la production avicole en milieu rural revêt une importance notable comme source d'approvisionnement en protéines animales des populations et de revenu. La promotion de l'aviculture villageoise et l'amélioration de ses performances zootechniques contribuent au développement économique et à la conservation de la biodiversité avicole (FAO 1998 ; Bouchardeau et Calet 1970).

Au Tchad, l'élevage des poules et poulets est pratiqué essentiellement de manière traditionnelle. Ce système rencontre des contraintes qui jouent sur la faible productivité des élevages (Sonaiya 1990 et; Msoffe et al 2001). Les poulets sont majoritaires dans les basses-cours des ménages ruraux au Tchad (Mopaté 2010a). Dans ce pays, des travaux réalisés sur les poulets locaux ont porté surtout sur les systèmes de production, la commercialisation, la consommation et l'approvisionnement des villes (Mopaté et al 1998; Mopaté 2010b; Mopaté et Djimé 2012; Issa et al 2012).

Les caractéristiques génétiques ou raciales des poules locales en général ne sont pas connues (LRVZ 2003 ; FAO 2000). Par ailleurs, la pression des mélanges avec les races exotiques, par le truchement des projets de développement, fait régner en permanence un risque d'érosion génétique. Tout le monde s'accorde pour reconnaître la grande variabilité et l'adaptabilité des poules locales. Les différents types génétiques de poules locales et les contraintes liées à leur production rendent difficile l'exploitation rationnelle des gènes et la

mise sur pied d'un programme de développement qui puisse bénéficier aux populations locales. Il y a donc nécessité de procéder à la caractérisation et au catalogage de la population de poules locales.

L'objectif de l'étude a été de caractériser la diversité morpho-biométrique de la population des poules locales dans trois régions administratives couvrant trois zones écologiques du Tchad.

2. Matériel et méthodes

Présentation de la zone de l'étude

Trois sites écologiquement différents ont été retenus dont deux en zone sahélienne et un dans la zone soudanienne du Tchad. Ces zones correspondent aux divisions administratives (Figure 1) de premier degré du pays à savoir.

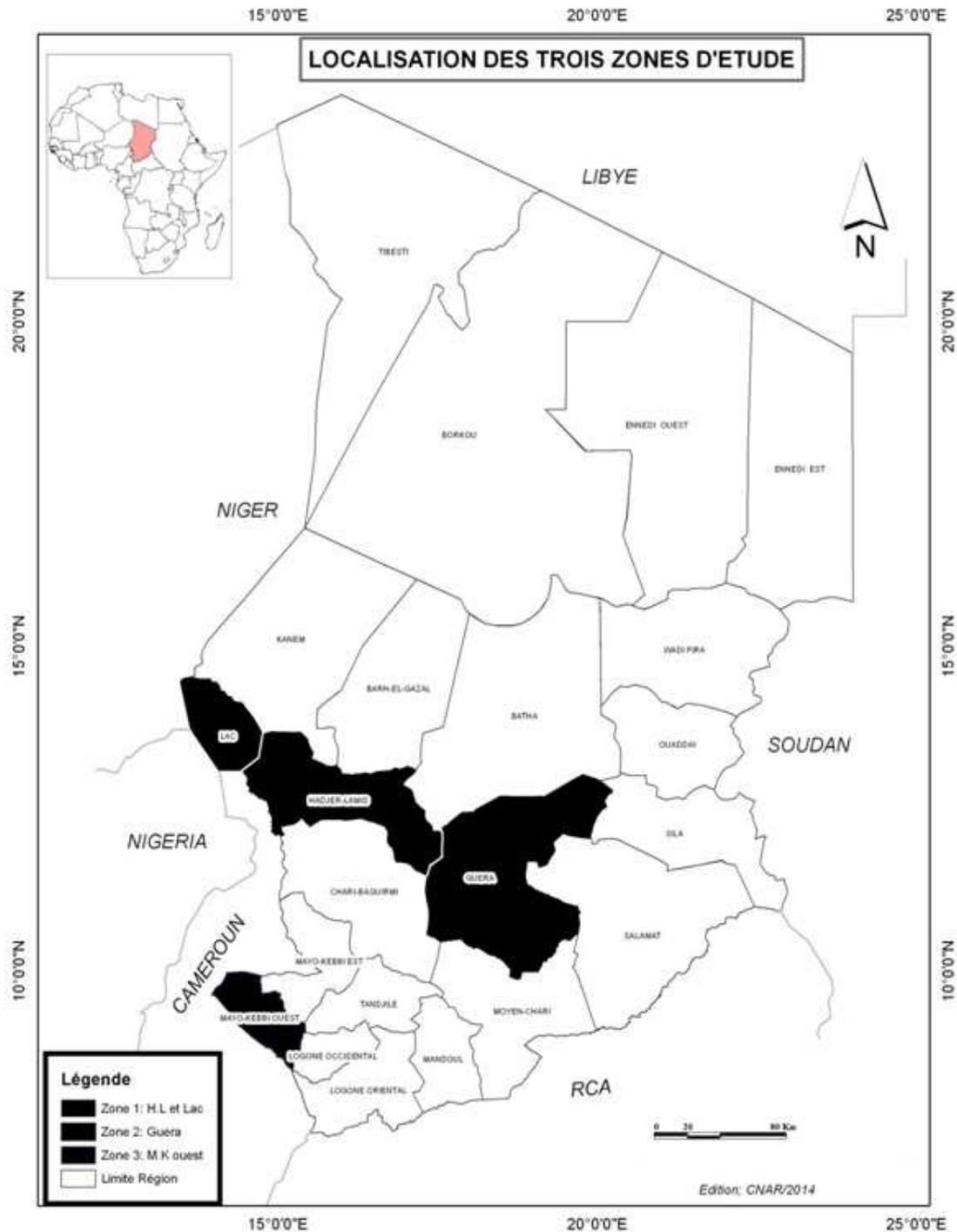


Figure 1. Localisation des trois zones de l'étude au Tchad

La Région du Guéra avec la ville de Mongo comme chef-lieu de la Région et du Département du même nom. Elle est située entre la latitude 12,190° N et la longitude 18, 690°E. La région est composée dans sa partie sud de paysages accidentés présentant des massifs et des rochers qui forment un cordon montagneux autour la ville de Mongo avec deux points culminants:

l'Aboutelphane avec 1500 m et le Mont Guerra avec 1613 m de hauteur. La partie nord est une zone de plaine moins accidentée.

Les Régions de Hadjer-Lamis et du Lac Tchad qui constituent le deuxième site écologique de l'étude couvrent les parties sud-est et nord du Lac Tchad. Le Lac se trouve à cheval sur les 13e et 14e degrés de latitude Nord, en zone climatique de type sahélien. La partie sud voisine avec l'isohyète 500 mm alors qu'au Nord on se situe autour de l'isohyète 250 mm. La Région du Lac a une altitude moyenne de 287 m. La température moyenne mensuelle est de 27,8°C.

La Région du Mayo-Kébbi Ouest dont la ville de Pala est le chef-lieu et du Département de Mayo-Dallah. Elle est la septième ville du Tchad par le nombre d'habitants (26 100 en 1993) et se situe entre la latitude 9,360° N et la longitude 14,900° E. La Région du Mayo-Kébbi Ouest est une zone de grande production de coton et de céréales tandis que les deux autres sites ont comme activité dominante l'élevage. Domaine soudanien avec 700 mm à 1000 mm de précipitations, il correspond à la formation des savanes soudaniennes plus ou moins boisées à combrétacées. Zone de savane arborée forestière, elle est constituée des principales espèces suivantes: *Isoberlinia doka*, *Prosopis africana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Burkea africana*, *Butyrospermum parkii*.

Echantillonnage et méthodologie de collecte des données

Au préalable, trois enquêteurs (un par région) et des techniciens d'élevage, ont été identifiés en raison de leur capacité technique et de leur connaissance du milieu respectif et formés aux plans théorique et pratique. Durant la phase de collecte des données sur le terrain, ils ont fait l'objet d'une supervision aux fins de vérification et correction des mesures effectuées. Au total 243 ménages repartis dans 48 villages des trois sites ont été enquêtés.

Les paramètres mesurés ont été: le poids corporel, la longueur de corps, le périmètre thoracique, la longueur de la cuisse, la longueur de tarse et la longueur du doigt central. Le ruban métrique normal a été utilisé pour les mesures linéaires comme décrit par Cuesta (2008), Adeleke *et al.* (2011) et la FAO (2012). Les poids corporels des poulets ont été mesurés en employant deux pesons sensibles portatifs de 2 et 3 kg de portée avec 5 et 10 g de sensibilité respectivement. Les variables mesurées sont ainsi définies:

- Poids corporel : poids vif de la poule.
- Périmètre thoracique: circonférence de la région pectorale prise à la pointe de la poitrine (pectus);

- Longueur de la cuisse: la distance entre l'articulation du jarret et l'articulation pelvienne;
- Longueur du tarse: distance depuis l'articulation avec le pilon au coussin et métatarsien;
- Doigt central: distance entre la limite arrière du coussinet métatarsien et la pointe de la phalange centrale.

Analyse des données

Les informations collectées ont été saisies avec le logiciel «Excel», avant d'être transférées dans le logiciel SPSS (Statice Package for the Social Science 2009) pour le traitement. L'analyse de variance (ANOVA) a été faite en considérant les facteurs région et sexe. Les différences significatives des moyennes entre les régions ont été recherchées au seuil de 5%.

3 Résultats

Ce sont au total 803 poules locales dont 521 femelles et 282 mâles qui ont fait l'objet d'une étude morpho-biométrique et répartis sur trois régions comme suit:

- 276 dont 170 femelles et 106 mâles dans les régions de Hadjer Lamis et du Lac Tchad;
- 293 dont 191 femelles et 102 mâles dans la région du Guéra, au centre du Tchad;
- 234 dont 161 femelles et 73 mâles dans la région du Mayo-Kebbi Ouest (MKO) au sud-ouest.

Sur l'ensemble des trois régions enquêtées, l'âge des poules a varié de 6 mois à 4 ans avec une moyenne de $13,0 \pm 8,74$ mois. La moyenne la plus faible a été observée dans la région de Hadjer Lamis/Lac ($10,7 \pm 2,38$ mois) et la plus forte au Mayo-Kebbi Ouest ($13,2 \pm 8,58$ mois). Le plus âgé de tous, une femelle, a été rencontrée au Guéra avec un âge de 48 mois. Pour toutes les régions, l'âge minimum considéré a été de six mois (Tableau 1).

Tableau 1. Moyenne et écart type par sexe des populations de poulets de la zone d'enquête

Catégorie	Âge, mois	Poids, kg	Périmètre thoracique, cm	Longueur cuisse, cm	Longueur tarse, cm	Longueur doigt, cm
Mâle	$12,4 \pm 7,83$	$1,50 \pm 0,43$	$34,8 \pm 5,8$	$15,0 \pm 2,4$	$11,2 \pm 2,0$	$7,38 \pm 1,02$
Femelle	$13,3 \pm 9,19$	$1,20 \pm 0,32$	$32,2 \pm 5,0$	$13,1 \pm 1,5$	$9,40 \pm 1,8$	$6,52 \pm 0,93$
Total	$13,0 \pm 7,83$	$1,35 \pm 0,39$	$33,1 \pm 5,4$	$13,8 \pm 2,1$	$10,0 \pm 2,1$	$6,82 \pm 1,05$

Le poids moyen de la poule locale de la zone d'enquête a été de $1,35 \pm 0,39$ kg, pour un âge moyen de 12,9 mois. Ce poids a varié entre 0,45 kg à 2,75 kg chez les deux sexes. En considérant l'ensemble de la population de poules étudiées, le poids maximal mesuré a été de 2,50 kg au Hadjer-Lamis et Lac et de 2,75 kg dans chacune des deux autres régions.

Le site de Hadjer-Lamis/Lac Tchad présente le poids moyen le plus élevé avec $1,61 \pm 0,33$ kg, suivi du MKO et du Guéra avec respectivement $1,35 \pm 0,32$ et $1,11 \pm 0,33$ kg. Il est à remarquer que les variances des poids sont très faibles, pratiquement égales dans les trois régions (0,32 à 0,33). Dans ces sites, les différences des moyennes ont été significatives.

La moyenne du périmètre thoracique (PT) a été de $33,14 \pm 5,43$ cm. Elle a significativement varié de $39,18 \pm 2,45$ au Hadjer-Lamis et Lac à $29 \pm 4,28$ cm au Guéra. La différence des moyennes du PT entre le Guéra et le MKO n'a pas été significative.

Les longueurs de cuisse, tarse et doigt central qui expriment la taille des poulets par rapport au sol évoluent dans les mêmes proportions dans les trois sites. Les valeurs les plus faibles sont rencontrées au Guéra avec des minima dans le même ordre de 7,5 et 3 cm chez l'écotype nain. La différence des moyennes entre la région Hadjer Lamis/Lac et le Guéra n'a pas été significative pour les trois paramètres.

Pour tous les paramètres biométriques mesurés, le dimorphisme sexuel est très accusé en faveur des mâles (Tableau 2).

Tableau 2. Comparaison des moyennes des trois régions de l'étude par sexe

Région	Sexe	Âge, mois	Poids, kg	Périmètre thoracique, cm	Longueur cuisse, cm	Longueur tarse, cm	Longueur doigt, cm
Hadjer Lamis/Lac	Mâle	$11,6 \pm 2,32$	$1,83 \pm 0,37$	$40,5 \pm 2,40$	$15,1 \pm 2,70$	$12,8 \pm 1,07$	$8,10 \pm 0,68$
	Femelle	$10,1 \pm 2,23$	$1,47 \pm 0,20$	$38,4 \pm 2,12$	$13,3 \pm 0,78$	$11,4 \pm 0,77$	$7,28 \pm 0,50$
	Total	$10,7 \pm 2,38$	$1,61 \pm 0,33$	$39,2 \pm 2,45$	$14,0 \pm 1,97$	$11,9 \pm 1,13$	$7,60 \pm 0,70$
Guéra	Mâle	$14,6 \pm 8,70$	$1,31 \pm 0,38$	$31,6 \pm 5,25$	$14,9 \pm 2,54$	$9,10 \pm 1,47$	$6,71 \pm 1,05$
	Femelle	$14,1 \pm 9,59$	$1,01 \pm 0,24$	$28,6 \pm 3,22$	$13,2 \pm 2,11$	$7,61 \pm 0,89$	$5,93 \pm 0,98$
	Total	$14,28 \pm 9,27$	$1,11 \pm 0,33$	$29,6 \pm 4,28$	$13,8 \pm 2,41$	$8,13 \pm 1,33$	$6,20 \pm 1,07$
MKO	Mâle	$9,52 \pm 4,68$	$1,44 \pm 0,34$	$31,3 \pm 3,07$	$14,9 \pm 1,42$	$11,7 \pm 1,13$	$7,28 \pm 0,67$
	Femelle	$14,9 \pm 9,39$	$1,31 \pm 0,29$	$30,0 \pm 1,79$	$12,6 \pm 1,02$	$9,56 \pm 0,89$	$6,44 \pm 0,63$
	Total	$13,25 \pm 8,58$	$1,35 \pm 0,32$	$30,4 \pm 2,34$	$13,3 \pm 1,56$	$10,2 \pm 1,38$	$6,70 \pm 0,75$

Les caractéristiques biométriques des poules locales étudiées varient avec les régions. On observe des différences significatives entre les différentes régions pour tous les caractères considérés, exception faite de la longueur de cuisse et du périmètre thoracique (Tableau 3).

Tableau 3. Comparaison des moyennes des trois régions de la zone d'enquête

Paramètre	Hadjer-Lamis et lac/Guera	Hadjer-Lamis et lac/MKO	MKO/Guera
Age, mois	0,001***	0,001***	0,038*
Poids, kg	0,001***	0,001***	0,001***
Périmètre thoracique, cm	0,001***	0,001***	ns
Longueur cuisse, cm	ns	0,047*	0,001***
Longueur tarse, cm	0,001***	0,004**	0,003**
Longueur doigt, cm	0,001***	0,002**	0,045*

* = $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$ *** $p \leq 0,001$ ns = no significatif

4 Discussion

Le poids moyen des animaux adultes ($1,35 \pm 0,39$ kg) observé dans les trois zones d'étude a été proche des résultats d'Akouango et al (2010) au Congo (1,46 kg), Moula (2009) en Algérie ($1,46 \pm 0,42$ kg), Keambou et al (2007) et Fotsa (2008) à l'ouest et au sud-est du Cameroun ($1,40$ à $1,45 \pm 0,34$ kg) et de Yapi-Gnaoré et al (2010) dans la savane de Côte d'Ivoire ($1,40 \pm 0,3$ kg). Dans d'autres régions similaires et en Ethiopie, les moyennes varient entre 1,1 et 1,35 kg (Vivian 2011; Apuno et al 2011; Missohou et al 1998 et Lemlem et Tesfay 2010). Les résultats observés dans d'autres zones écologiques différentes ont été supérieurs à celui de notre étude: Francesch et al (2011) en Espagne, Faruque et al. (2010) au Bangladesh, Guni et al (2013) en Tanzanie et Ngou Ngoupayou (1990) au Cameroun. A l'intérieur de la zone d'étude, le poids a varié suivant les conditions climatiques. Dans les deux régions entourant le Lac Tchad à humidité forte et constante, les poulets ont été significativement plus lourds ($1,61 \pm 0,38$ kg). En revanche au centre du pays à paysage typiquement sahélien et montagneux, la moyenne a été plus basse ($1,11 \pm 0,33$ kg). Au Mayo-kébbi Ouest en zone soudanienne, la moyenne du poids a été intermédiaire ($1,35 \pm 0,32$ kg). Les observations faites au Sahel sénégalais et nigérian (Missohou et al 1998; Vivian et al 2011) et celles des régions de montagne d'Ethiopie et du Nigeria (Lemlem et Tesfay, 2010; Apuno et al 2011) font apparaître les mêmes tendances. Le dimorphisme de 10,8% pour le poids obtenu lors de cette étude est inférieur aux valeurs estimées de 15 à 30,2 par Fotsa (2008) chez les poules locales au Cameroun.

Dans cette étude, l'écart-type du poids dans les trois régions de 0,33 signifie que les variations de 33% sont moins importantes dans des conditions d'élevage en divagation. D'une manière générale, les coefficients de variation du poids corporel de notre étude ont été peu importants: 17,2% à Hadjer-Lamis/Lac au Centre Ouest ; de 21,2 au Mayo-Kebbi Ouest au Sud et de 20,7% au Guéra au Centre Est chez les mâles. Chez les femelles, ils ont été de 23,2% au Centre Ouest, de 24,6% au Sud et de 25,5% au Centre Est.

La moyenne du périmètre thoracique ($33,1 \pm 5,43$ cm) obtenu au Tchad a été intermédiaire entre les résultats de Guni et al (2013) en Tanzanie (24,3 à 26,6 cm) et Apuno et al (2011) au Nigeria (26,6 cm), inférieure à Moula et al (2009) en Algérie (38,6 cm) et Keambou et al (2007) dans les hautes terres du Cameroun (39,1 cm). Partout ailleurs, le dimorphisme sexuel est très accusé. Au Tchad, seules les régions du Guéra et du Mayo-kebbi Ouest n'ont pas présenté de différence significative. La moyenne la plus élevée a été obtenue dans les régions autour du Lac Tchad ($39,2 \pm 2,45$ cm). L'estimation du poids vif à partir du périmètre thoracique est une pratique plus simple en milieu réel qui peut être utilisée pour identifier les zones de provenance des écotypes de poulet au Tchad.

Les longueurs de la cuisse et du tarse constituent le support du corps de la volaille et reflètent le format de l'animal; les doigts servent d'outil d'équilibre. La moyenne de la longueur de cuisse de $13,7 \pm 0,25$ cm obtenue dans cette étude est supérieure aux résultats de Guni et al (2013) en Tanzanie ($6,19 \pm 0,03$ chez les femelles à $7,96 \pm 0,05$ cm chez les mâles) et Apuno et al (2011) au Nigeria ($7,43 \pm 0,35$ à $8,93 \pm 0,07$ cm suivant les années). A l'Ouest du Cameroun, Keambou et al (2007) ont montré que les cuisses sont plus courtes chez les poules ($6,36 \pm 0,61$ cm) que chez les coqs ($7,80 \pm 0,71$ cm). Une étude antérieure réalisée dans les hauts plateaux de l'Ouest du même pays a révélé que les poules locales ont des tarses courts dans cette région, de l'ordre de 9,2 cm pour les mâles et de 7,6 cm pour les poules (Fotsa et Poné 2001). En ce qui concerne la longueur du tarse, nos observations ont été supérieures à celles de Missohou (1998) chez la poule locale au Sénégal et inférieures aux valeurs obtenues chez les poules locales de Tanzanie (Msoffe et al 2001).

Les différences des données quantitatives des poulets locaux relevées par de nombreux auteurs peuvent être dues à certains facteurs tels que: l'âge, la variabilité génétique de poulets locaux soumis longtemps à la sélection naturelle, les pratiques d'élevage (alimentation, gestion quotidienne) ou à l'effet combiné de tous ces facteurs (Fotsa et Poné 2001 ; Sarkar et Bell 2006). L'âge minimum considéré dans cette étude a été de six mois. Ige (2013) a montré qu'il existe une corrélation positive entre l'âge et les mensurations corporelles des poules jusqu'à dix semaines. Au delà de douze semaines, il n'existe pas de progrès génétique en croissance. De nos jours, les volailles rurales ou indigènes sont le résultat de siècles de croisements avec parfois des races exotiques et de sélection conduite au hasard à l'intérieur du troupeau. Ainsi, la standardisation des caractéristiques et des performances productives des poules et poulets indigènes est rendue difficile. Le dimorphisme sexuel en faveur du mâle

constaté pour tous les paramètres considérés (7,74% pour le périmètre thoracique à 19,5% pour le poids) est en accord avec les résultats de Guèye et al (1998), Fotsa et Poné (2001), Missohou et al (1998) et Msoffe et al (2002). Le polymorphisme le plus marqué pour le poids de 19,5% est en deçà des 38,5% obtenus par Yapi-Gnaoré et al (2010) en Côte d'Ivoire mais reste dans l'intervalle de 15,0 à 30,2% obtenu au Cameroun (Fotsa 2008).

D'une manière générale, il n'existe pas de liste exhaustive des races et variétés des poules et poulets utilisés par les petits exploitants ruraux. La majeure partie des données publiées concerne les caractères corporels aisément mesurables. Il existe d'autres données plus détaillées qui deviennent progressivement disponibles avec le résultant des différentes recherches. Certains caractères tels que le poids à l'âge adulte et les autres mesures biométriques ou celui des œufs peuvent considérablement varier selon les populations de poules indigènes, alors que les caractères de reproduction, comme le nombre de saisons de ponte annuelles, le nombre d'œufs par couvée ou l'éclosabilité sont plus uniformes.

Conclusion

Cette étude est la première tentative de caractérisation morpho biométrique des poules locales en tenant compte des aires climatiques. Les observations montrent que les poulets présentent des caractéristiques biométriques différentes: les sujets présentant un grand format ont été identifiés autour du Lac Tchad et un petit format dans la région montagneuse au centre du pays. Les poulets de la région du Mayo-Kebbi Ouest en zone soudanienne ont une position intermédiaire. Ceci laisse présager des différences d'adaptation liées aux facteurs environnementaux qui restent encore à étudier. Cependant cette grande diversité peut servir de base à la mise en place de souches plus performantes par le biais de croisements ou de sélection. Une amélioration concomitante des conditions d'élevage devrait permettre d'accroître notamment la productivité de la poule locale pour en faire une source moins chère de protéines de qualité. Toutefois les informations sur les différents écotypes rencontrés peuvent être complétées par des études sur la caractérisation phénotypique, moléculaire ainsi qu'une meilleure connaissance de leurs productivités pour une meilleure connaissance de la biodiversité des poules du Tchad.

Références bibliographiques

Adeleke M A, Peters S O, Ozoje M O, Ikeobi C O N, Bamgbose A M and Adebambo O A 2011 Genetic parameter estimates for body weight and linear body measurements in pure and crossbred progenies of Nigerian indigenous chickens. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 23, Article #19. <http://www.lrrd.org/lrrd23/1/adel23019.htm>

Akouango F, Bandtaba P et Ngokaka C 2010 Croissance pondérale et productivité de la poule locale *Gallus domesticus* en élevage fermier au Congo. *Animal Genetic Resource Information*, 46: 61-65

Apuno A A, Mbat S T and Ibrahim T 2011 Characterization of local chickens (*Gallus gallus domesticus*) in shelleng and Song Local Government Areas of Adamawa state, Nigeria. *Agric. Biol. J. N. Am.* 2(1): 6-14

Bouchardeau A et Calet C 1970 Vers une politique de qualité pour les volailles. *Revue de l'élevage bétail et basse-cour* 475: 23-34

Cuesta M L 2008 Pictorial guidance for phenotypic characterization of chickens and ducks. FAO, GCP/RAS/228/GER Working Paper No. 15. Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization) 1998 Programme mondial de gestion des ressources génétiques d'élevage. Conservation de la diversité des animaux domestiques : Initiative pour la Diversité des Animaux Domestiques. Rome. 20 p.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2000 World watch list for domestic animal diversity. 3th Ed., Rome, 744 p.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2012 Phenotypic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 11. Rome. <http://www.fao.org/docrep/015/i2686e/i2686e00.pdf>

Faruque F, Sididiquee N U, Afroz A and Islam M S 2010 Phenotypic characterization of native chicken reared under intensive management system. *J. Bangladesh Agrl. Univ.* 8(1): 79-82

Fotsa J C 2008 Caractérisation des populations de poules locales (*Gallus gallus*) au Cameroun. Thèse de doctorat en génétique animale et systèmes de productions, Inra/AgroParistech, Paris (France), 2008AGPT0094, 2008. 301 p.
[http://pastel.paristech.org/4904/01/THESE_FOTSA_B18 -
DEC_2008D_Agro_Paris_Tech.pdf](http://pastel.paristech.org/4904/01/THESE_FOTSA_B18_DEC_2008D_Agro_Paris_Tech.pdf)

Fotsa J C et Poné K D 2001 Etude de quelques caractéristiques morphologiques des poulets locaux du Nord-Ouest Cameroun. *Family Poultry Communications* 11(2): 13-20

Francesch A, Villalba I and Cartana M 2011 Methodology for morphological characterization of chicken and its application to compare Penedesenca and Empordanesa breeds. *Animal Genetic Resource Information* 48: 79-84

Guèye E F, Ndiaye A and Branckaert R D S 1998 Prediction of body weight on the basis of body measurement in mature indigenous chickens in Senegal. *Livestock Research for Rural Development* 10(3): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/3/sene103.htm>

Guni F S, Katule A M and Mwakilembe P A A 2013 Characterization of local chickens in selected districts of the Southern Highlands of Tanzania: II. Production and Morphometric traits. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 25, Article #190. Retrieved November 5, 2013, from <http://www.lrrd.org/lrrd25/11/guni25190.htm>

Ige A O 2013 Relationship between body weight and growth traits of crossbred Fulani ecotype chicken in derived Savannah zone of Nigeria. *International journal of Applied Agricultural and apicultural Research* 9(1&2): 157-166

Issa Y, Mopate L Y, Djougui S and Missohou A 2012 Traditional poultry supply and marketing in the city of N'Djamena in Chad. *International Journal of Poultry Science* 11(5): 341-348

Keambou T C, Manjeli Y, Tchoumboue J, Tegua A et Iroume R N 2007 Caractérisation morphobiométrique des ressources génétiques de poules locales des hautes terres de l'ouest Cameroun. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 19, Article #107. Retrieved August 4, 2014, from <http://www.lrrd.org/lrrd19/8/keam19107.htm>

Lemlem A and Tesfay Y 2010 Performance of exotic and indigenous poultry breeds managed by smallholder farmers in northern Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 22, Article #133. Retrieved August 4, 2014, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/7/leml22133.htm>

LRVZ (Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques de Farcha, Ministère de l'Élevage) 2003 Rapport National sur les Ressources Zoogénétiques du Tchad. 78 p. [En ligne] <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/Chad.pdf>

Missohou A, Sow R S et Ngwe-Assoumou C 1998 Caractéristiques morpho-biométriques de la poule du Sénégal, *Animal Genetic Resource Information* 24: 63-69

Mopaté L Y 2010a Revue du secteur avicole. Division de la Production et de la santé animale, FAO – Centre d'Urgence pour les maladies Transfrontalières

Mopaté L Y 2010b La filière volaille locale dans l'approvisionnement en viande des villes: cas de la ville de N'Djaména au Tchad. In: Grimaud P et Laurent M (eds) Actes de l'Atelier pour le Développement de l'Aviculture Professionnelle au Tchad (DAPT), du 09 au 12 juin 2009 à N'Djaména (Tchad). pp 14-18

Mopaté L Y et Djimé M 2012 Approvisionnement et transformation hors-foyer de la volaille villageoise dans la ville de Bongor, Tchad. *Revue Scientifique du Tchad (RST)*, 11 (1 spécial): 63–73

Mopaté L Y, Hendriks P, Imadine M et Idriss A 1998 Socio-économie de la production aviaire dans la région du Nord-Guéra au centre du Tchad. *Revue Scientifique du Tchad* 5(2): 29 - 32

Moula N, Antoine-Moussiaux N, Farnir F, Detilleux J et Leroy P 2009 Réhabilitation socioéconomique d'une poule locale en voie d'extinction: la poule Kabyle (Thayazit lekvaïel). *Ann. Méd. Vét.* 153: 178-186

Msoffe P L M, Minga U M, Olsen J E, Yongolo M G S, Juul-Madsen H R, Gwakisa P S and Mtambo M M A 2001 Phenotypes including immunocompetence in scavenging local chicken ecotypes in Tanzania. *Tropical Animal Health and Production* 33: 341-354

Msoffe P L M, Mtambo M M A, Minga U M, Gwakisa P S, Mdegela R H and Olsen J E 2002 Productivity and natural disease resistance potential of free ranging local chicken ecotypes in Tanzania Livestock Research for Rural Development 14 (3) <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd14/3/msof143.htm>.

Ngou Ngoupayou J D 1990 Country report on small holder rural poultry production in Cameroon. In: CTA Seminar proceedings on Small holder Rural Poultry production, 9-13 October 1990, Thessaloniki, Greece, 2 pp 39–41

Sarkar K et Bell J G 2006 Potentiel du poulet indigène et son rôle dans la lutte contre la pauvreté et dans la sécurité alimentaire pour les ménages ruraux. Réseau International pour le Développement de l'Aviculture Familiale 1(2): 16-28

Sonaiya E B 1990 The context and prospects for development of smallholder rural poultry production in Africa. Proceeding of a Seminar on Smallholder Rural Poultry Production, Thessaloniki, 9–13 October 1990, 1 pp 35–52

SPSS 2009 Statistical Package for Social Sciences. SPSS Incorporated, Illinois, USA

Vivian U and Oleforuth-Okeleh 2011 Estimation of genetic parameters and selection for egg production traits in a Nigerian local chicken ecotype. APRN Journal of Agricultural and Biological Science 6(12): 54-57

Yapi-Gnaore C V, Loulou N E, N'Guetta A S P, Kayang B, Rognon X, Tixier-Boichard M, Coulibaly Y et Youssao I 2010 Diversité et morpho-biométrie des poulets locaux (*Gallus gallus*) de deux zones agro écologiques de Côte d'Ivoire. Cahiers d'Agriculture 19(6): 439-445

Received 27 August 2014; Accepted 8 January 2015; Published 3 March 2015

CHAPITRE IV

PHENOTYPIC DIVERSITY OF LOCAL CHICKENS (GALLUS DOMESTICUS) IN THREE ECOLOGICAL ZONES OF CHAD

Diversité phénotypique des poulets locaux (*Gallus domesticus*) dans trois zones écologiques du Tchad (***Article 2***)

Publié dans: International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology 1(4): 1-8. <http://ijcrbp.com/vol-1-4/Khadidja%20Hassaballah,%20et%20al.pdf>

Phenotypic diversity of local chickens (*Gallus domesticus*) in three ecological zones of Chad

Khadidja Hassaballah¹, Vounparet Zeuh^{2*} and Mbacké Sembene³

¹Department of Biology, Faculty of Exact and Applied Sciences, University of N'Djamena, N'Djamena, Chad.

²Livestock Polytechnic Institute of Moussoro, Moussoro, Chad.

³Department of Animal Biology, Faculty of Sciences and Technics, Cheikh Anta Diop University of Dakar, Dakar, Senegal.

*Corresponding author

Abstract

The study was conducted in three ecological zones, namely the Hadjer-Lamis and Lake Chad region in the East, the Guera region in the middle belt and the West Mayo Kebbi, region in the South-West in the Sudanian zone of Chad. In total 925 local chickens, of which 569 males and 356 females were subjected to phenotypic characterization. Multicolored plumage is dominant (73.7%), within which the tawny feathers represent 16.0% followed by black or gray (13.4%) and silver (12.4%). Monochrome individuals represent 26.3% of the total number, with black/gray dominance in the Hadjer-Lamis/Lake Chad (49.5%) and West Mayo Kebbi region (53.0%) and dominance of white in the Guera (80.0 %). More than half of the surveyed chickens had a black or gray beak in Guera (57.4%) and West Mayo Kebbi (52.2%) and whitish in the Hadjer-Lamis/Lake Chad region (50.0%). The orange color of the eyes is more common (73.7%), followed by red (12.9%) and yellow (7.3%). Chickens with orange eyes were more found in the Hadjer-Lamis/Lake Chad region (75.4%). Two colors of eggs (white and brown) were observed, with the dominance of white color (97.9%). The Hadjer-Lamis/Lake Chad region has the strongest rate of brown eggs (20%). All eggs found in the Sudanian zone, i.e. West Mayo Kebbi, were white. Different types of comb were observed in both Sahelian regions, against a majority of single comb in the Sudanian region (90%). Differences were observed between sexes. The simple comb was predominant in all three areas and among sexes. This study showed that 98.9% of the chickens had smooth plumage. The frizzled type is rare (1.1%). 'Naked neck' and 'feathered shanks' phenotypes have not been found in West Mayo Kebbi and Guera. Crested individuals are present in all three sites (22.6%). A relatively high proportion of crested chickens were encountered in the Hadjer-Lamis/Lake Chad region (19%) as against 10.9% in West Mayo Kebbi and 15% in Guera. The multiplicity of phenotypes reflects the variability of genetic resources of local chickens in the three areas and provides a basis for selection and strategies for sustainable development and improvement of local chickens in Chad.

Keywords: Local Chicken, Phenotypic Diversity, Ecological Zones, Chad.

Résumé

L'étude a été conduite dans trois zones écologiques, les régions de Hadjer-Lamis et Lac Tchad à l'est, du Guéra au centre et du Mayo-kebbi au sud dans la zone soudanienne du Tchad. Au total 925 poulets locaux dont 569 mâles et 356 femelles ont fait l'objet de caractérisation phénotypique. Le plumage multicolore est dominant (73,7%), à l'intérieur duquel la couleur fauve représente 16,0% suivie du noir ou gris (13,4%) et l'argenté (12,4%). Les individus monochromes représentent 26,3% de l'effectif, avec dominance du noir/gris au Hadjer-Lamis/Lac (49,5%) et au MKO (53,0%) et du blanc au Guéra, (80,0%). Plus de moitié des poulets enquêtés avaient un bec noir ou gris au Guéra (57,4%) et au MKO (52,2%) et blanchâtre au Hadjer-Lamis/Lac (50,0%). La couleur orange des yeux est plus fréquente (73,7%), suivie du rouge (12,9%) et du jaune (7,3%). Les poulets aux yeux orange étaient plus présents dans la région de Hadjer-Lamis/Lac (75,4 %). Deux couleurs d'œufs (blanc et roux) ont été observées avec la dominance du blanc (97,9%). La région du Hadjer-Lamis/Lac a le plus fort des œufs roux (20%). La totalité des œufs observés dans la zone soudanienne (MKO) étaient blancs. Différents types de crête ont été observés dans les deux régions du Sahel contre un type majoritaire dans la zone soudanienne (90% de crête simple). Des différences ont été observées entre les sexes. La crête simple était prédominante dans toutes les trois régions et chez les sexes

La présente étude a montré que 98,9% des poulets avaient de plumage lisse. Le type frisé est rare (1,1%). Les phénotypes 'cou nu' et 'tarses emplumées', n'ont pas été rencontrés au MKO et au Guéra. Les individus huppés sont présents sur les trois sites (22,6%). Une proportion relativement élevée de poulets huppés ont été rencontrés au Hadjer-Lamis/Lac (19%) contre 10,9% au MKO et 15% au Guéra. Aucune différence entre les sexes n'a été observée

La multiplicité des phénotypes témoigne de la variabilité des ressources génétiques des poulets locaux dans les trois zones et constitue une base pour la sélection et les stratégies de développement et d'amélioration durable au Tchad.

Mots clés : Poulet Local; Diversité Phénotypique, Tchad

1. Introduction

Chad, country with agropastoral vocation has a highly diversified livestock (consisting of cattle, sheep, goats, camel, equids, pig and poultry) and a large land area suitable for agriculture development. Despite other countries in the Sahel region, these two main agricultural activities are the economic udder of the country. The animal breeding produces annual cash flow of about 110 billion FCFA or 18% of gross domestic product (GDP) in

Chad. Poultry, found in many farms are not very considered whereas their number is estimated at 26,659,019 birds in Sahel, 22,441,995 in Sudanian region and 145,719 birds in Sahara (Mopaté 2010). These figures show importance of this sector for poultry development. In addition, the development of livestock production is hindered by socio-economic, zoo technical, sanitary and genetics constraints and also by behavioral of action. Morphologically different chicken ecotypes exist in different parts of the country. However, few studies on characterization of these types were conducted and their productivity is poorly studied. Now, any development activity or conservation of the national gene pool must necessarily be based on reliable baseline data. Therefore, a better understanding of this breeding by studies of different types of local chickens and productivity is essential. ME/LRVZ (2003) reported that in Chad, they are chicken with different biometric characteristics in north part of the country and subjects with smaller size are localized in center of the country or mixed in South. This situation requires a phenotypic characterization, which is the object of this study in order to make recommendations.

2. Materials and Methods

Choice of sites

Three sites were selected, including two in the Sahel and one in the Sudanian region of Chad. These zones correspond to the country's first level administrative divisions, i.e. the Regions.

- The Guera Region, having the city Mongo as the capital is the tenth largest city in Chad by the number of its inhabitants (20,676 in 1993 census) and is located between 12.190° N latitude and 18.690 ° E longitude;
- Hadjer-Lamis and Lake Chad Regions, whose support center is Massakory. The survey covers the area extending up to Lake Chad Region of which the town of Bol is the capital. The latter is located between 12°10' and 14°20' North latitude and between 13°30' and 15°40' East longitude;
- West Mayo-Kebbi Region, which the city of Pala is the regional capital. It is the seventh city in Chad by the number of its inhabitants (26,100 inhabitants according to 1993 census) and is located between 9.360° N latitude and 14.900° E longitude. West Mayo-Kebbi Region is a high cotton and cereals production area, while the other two sites have animal breeding as their dominant activity.

Data Sampling and Collection

The study was conducted using a sheet based on observations of the outward appearance of the animal:

Keys to phenotypic characterization:

- Format of chicken : long-legged, short-shank or illegible
- Plumage: Type and distribution
- Plumage color: dominant colors and appearance
- Color of some visible traits: comb, earlobe, beak, shank, eye and wattle
- Eggs color
- Type of comb, earlobe, barb crest.

During the data collection phase, each interviewer, after being trained on data collection techniques, was visited twice during the survey in order to ensure the proper functioning of the work and the completed sheets are validated as the work progressed. In case of any dissatisfaction, sheets were removed from them. The number of surveyed chickens is distributed in the following (Table 1).

Table 1: Number of surveyed chickens per site, village, household and sex

Site	Village	Household	Female	Male	Total
Guera	21	165	215	165	380
Hadjer-Lamis	17	73	118	87	276
Lake Chad	8	34	51	20	269
West Mayo Kebbi	14	90	185	84	269
Total	60	362	569	356	925

In total 925 chickens were surveyed coming from 362 households distributed across 60 villages in the three sites.

Statistical analysis

Data were entered into a spreadsheet (Excel) and analyzed using the SPSS-PC software (SPSS, 2009). Frequencies were calculated for all data as the number of observed phenotypic divided by the number of individuals sampled for the strait x 100. Categorical data were analyzed by using Chi-square (χ^2) test of independence. In all the analyses, a value of $p < 0.05$ was considered significant.

3. Results and Discussion

Plumage color

Overall, the appearance of the multicolored plumage appeared most often (73.7%), within which the tawny color represents 16.0% followed by the black/gray (13.4%) and silver (12.4%). The colors of the remaining feathers are mostly illegible (25.0%). Monochrome individuals represent 26.3% of all three areas, with dominance of the black/gray color in Hadjer-Lamis/Lake Chad (49.5%) and West Mayo Kebbi (53.0%) and white in Guera (80.0%). The proportions of dominant feather colors, set on a scale of four colors (white - yellow - black/gray - red) show some balanced proportions. However there is a predominance of black/gray in Hadjer-Lamis/Lake Chad (34.2%), black/gray (32.6%) and red (30.4%) in the West Mayo Kebbi and white (36.4 %) in Guéra (Table 2).

Table 2: Frequency (%) of plumage appearance and dominant feathers color of local chicken in the three regions

Plumage color	Hadjer-Lamis/Lake chad n = 276	Guera n = 380	West Mayo Kebbi n = 269	Total n = 925
Appearance				
Monochrome	26.5	18.5	28.6	26.4
white	27.2	80.0	35.5	32.6
yellow	13.6	-	11.8	12.4
black/gay	49.5	20.0	53.0	47.3
red	9.7	-	-	7.8
Multicolored	73.5	81.5	71.4	73.7
tawny	14.8	18.5	17.4	16.0
silver	12.2	14.8	12.7	12.4
fawn	6.9	14.8	1.6	7.0
black/gay	14.0	18.5	9.5	13.4
Illegible	25.5	14.8	30.2	25.0
Dominant color				
white	23.9	36.4	21.7	24.2
yellow	19.7	18.2	15.2	20.2
black/gay	34.2	22.7	32.6	32.3
red	22.1	22.7	30.4	23.1

The results relating to the plumage colors of this study are in accordance with those of Msoffe et al. (2001) on local chicken ecotypes in Tanzania. Similar research work in Uganda (Ssewanyana et al., 2008) and Ethiopia (Duguma, 2006) reported also the occurrence of

various plumage colors of local chickens. The presence of observed several plumage colors among native chicken populations in this study could be the result of uncontrolled breeding in these three rural areas since random mating is a traditional farming practice. Under predation conditions, black or gray and multicolored feathers would provide a camouflage to avoid being detected by predators. This could be the main reason for the higher frequency of black/gray and multicolored plumage. However the preferences of producers or consumers in this study area for the black and multicolored plumage could also explain the predominant occurrence of these colors. Assegie (2009) reported that white and red feathers are the favorite and predominant colors in Ethiopia. The wide distribution of plumage color in local chickens in these areas indicates probably the existence of high genetic variability. These colors are certainly due to the presence of genes with major effects and interactions between some of them. Multiple uncontrolled crossbreeding over several decades between animals with different colors of plumage gives birth to other combinations, probably those found in small proportions. The predominance of colors encountered in all three zones led to believe that we are in present of not selected and locally adapted strains.

Color of some visible traits

In the regions covered by this study, more than half of the surveyed chickens had a black or gray beak in Guera (57.4%) and West Mayo Kebbi (52.2%) and pallid in Hadjer-Lamis/Lake Chad (50.0 %). The other colors, red and yellow, are poorly represented with distinction in West Mayo Kebbi where the rate of yellow was 10.9%. These two major colors occur at shank and earlobe in nearly same proportions (Table 3).

Table 3: Frequency (%) of color of some visible traits of local chicken in the three regions

Visible trait	Hadjer-Lamis and Lake Chad	Guera	West Mayo Kebbi	Total
Beak				
black/gay	57.4	27.3	52.1	55.1
whiteish	30.1	50.0	28.3	30.9
red.	5.2	-	10.9	5.4
yellow	7.3	22.7	8.7	8.6
Shank				
black/gay	38.4	40.9	34.8	39.2
whiteish	50.5	40.9	47.8	48.7
red	4.2	-	8.7	4.3
yellow	6.9	18.2	8.7	7.8
Earlobe				
black/gay s	14.2	36.4	19.6	16.1
whiteish	50.2	36.4	41.3	46.8
red	24.9	13.6	21.7	25.5
yellow	10.7	13.6	17.4	11.6
Eye				
red	10.4	18.2	28.3	12.9
red-orange	75.4	68.2	65.2	73.7
yellow	7.3	13.6	2.2	7.3
gray	6.9	-	4.3	6.1
Egg				
white	80.0	98.5	100.0	97.9
brawn	20.0	1.5	-	2.4

The orange eye color seems to be the most frequent (73.7%), followed by red (12.9%) and yellow (7.3%). The appearance of chickens with orange eyes was higher in the Hadjer-Lamis/Lake Chad region (75.4%) than in other two regions that had an approximately equal distribution (68.2% in Guera and 65.2% in West Mayo Kebbi). The appearance of orange eye may be due to the absence of color pigment in eyes or to the accumulation of blood flowing in blood vessels of eye. Eye color in large measure depends on the pigmentation (carotenoid

pigments) of the structures within eyes (Crawford, 1990). The dominance of orange coloration in local chickens' populations was found in Uganda (Ssewanyana et al., 2008) and Cambodia (FAO 2009). However, mixed results have been reported in Ethiopia (Duguma, 2006) where all chickens had black eyes. The multiple colors of organs demonstrate the variability of local chickens in all three zones. Thus Missohou et al. (1998) reported that in Senegal, the most encountered colors of shanks are white, yellow and pink and can also be black or blue. The strong presence of yellow shanks could also reflect the penetration degree of exotic genes in the local chickens' populations. The observed predominance of yellow shanks was reported by Cabarles et al. (2012); Ssewanyana et al. (2008), Daiwo al. (2011) and Guni and Katule (2013). However, Egahi et al. (2010) and El-Safty (2012) reported the dominance of black shank in their studies. Msoffe et al. (2001) also observed differences in shank color variation between the ecotypes. Different color types of organs in this study may be due to a combination of the genes responsible for determining the pigment color. Petrus (2011) reported that the production of the dermal and epidermal carotenoid is monitored by W and w +; Id and id + and E and E + genes which make possible the consecutive appearance of different shades of shanks' color.

Across all three regions, two egg colors, white and brown, were observed with the dominance of white (97.9%). Hadjer-Lamis/Lake Chad region has the highest rate of brown eggs (20%) while the chickens of Guera had white eggs by 98.5% and only 1.5% brown eggs. All the eggs found in the Sudanian zone (i.e. West Mayo Kebbi) were white. Nonga et al. (2010) reported the presence of only two types of shell color (white and brown). On the other hand, Assegie (2009) in Ethiopia and Guni and Katule (2013) in Tanzania reported several types of egg color from local chickens. Cavero et al. (2012) reported that the pigment produced in the uterus at the time of eggshell formation is responsible for the shell color. The shell color itself is not an indication of egg quality or its nutritional value, but it can play a major role in its marketing because some people prefer eggs with certain colors compared to others.

Phenotypic variation of some visible traits

The comb and the barb contribute to heat adaptation of chickens. Different types of comb (single, double, rose and pea) were observed in both Sahel regions against a majority of single comb in South (90%). Some differences were observed between sexes ($p \leq 0, 05$). Simple type was predominant in all three regions and sexes. Other comb types (rose, pea and double) occurred in small proportions and were more frequent in Sahel than in humid zone (Table 4).

Table 4: Frequency (%) of comb and barb types of local chicken

Visible trait	Hadjer-Lamis and Lake Chad		Guera		West Mayo Kebbi		Total	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Comb								
simple	74.4	5.2	75.0	-	90.0	3.0	77.6	4.6
double	6.6	-	8.3	-	-	-	5.7	-
rose	9.9	0.7	-	-	-	-	7.5	0.9
pea	0.8	0.7	-	-	-	-	0.6	0.6
dropped	5.8	0.8	16.6	-	-	-	4.5	0.6
illegible	2.5	92.6	-	100	10.0	97.0	3.4	93.2
Barb								
short	71.4	1.2	81.8	-	90.5	2.5	85.5	8.3
mid-long	14.8	-	8.3	-	5.6	0.6	5.7	0.2
long	7.6	-	6.5	-	2.3	-	4.5	-
illegible	6.2	98.8	3.4	100	1.6	97.9	4.3	91.5

As in most studies conducted under tropics (Missohou et al, 1998; Juarez et al, 2000; Fotsa and Pone, 2001), the simple comb is most common in the all three regions, followed by rose and double types among males and single comb followed by rose among females. It must however be noticed that these last forms are more represented in our study area, compared with frequencies obtained by Fotsa and Pone (2001) in the Northwest Province of Cameroon. Results from Msoffe et al. (2001) indicated that some comb types occur more frequently than others among chickens' ecotypes depending of the environment. Other research results (Cabarles et al, 2012; Egahi et al, 2010 El-Safty 2012; Apuno et al, 2011) also noted the predominance of single combs in local chickens' populations. Simple combs encountered mainly in the tropics play not only a thermoregulatory role in heat loss (Van Kampen, 1974; Msoffe *et al*, 2001.), but would also promote body weight and egg laying (Ikeobi, 2000). The presence of several comb types observed in this study and elsewhere may be due to interactions of the various genes for the comb expression. Crowford (1990) argued that the inheritance of type comb in chickens is attributed to two pairs of autosomal gene (RR for the 'rose' type and PP for the 'pea' type).

Based on the adopted subjective classification' criterion of barb size, it was observed that there were differences between regions and sexes. Generally, chickens with short barbs were most frequent (85.5% among males followed by those with mid-long while chickens with long barbs were less observed in each region. Missing or illegibility of barbs was higher among females (91.5%) and was not observed in Guera region. Similar results have been reported in Nigeria (Ige et al., 2012). The predominant presence of minor combs and small barbs within local chickens and especially among females suggests that the head appendages size could be under the influence of related reproduction's hormones (Ige et al., 2012). Sexual dimorphism is most pronounced for these two visible traits because all males in the current study seem to have larger beards than females.

This study showed that 98.9% of the chickens had smooth plumage. The frizzled type was only observed in Guera and proportions in the other two sites were low (1% in Hadjer-Lamis/Lake Chad and 2.2% in West Mayo Kebbi). 'Naked neck' and 'feathered tarsus' phenotypes, two mutations compared to the wild status, have not been encountered in West Mayo Kebbi and Guera. Proportions in Hadjer-Lamis/Lake are 0.3% and 0.7% for respectively the naked neck and feathered shanks. However, tufted individuals (with hoopoe) are present at all three sites (22.6%). There were no differences between sites in relation to the development of comb. A relatively high proportion of tufted chickens have been encountered in Hadjer-Lamis/Lake Chad (19%) than in the other two sites (10.9% in West Mayo Kebbi and 15% in Guera). Differences ($p \leq 0.01$) were observed between males and females (Table 5).

Table 5: Frequency (%) of feather type and distribution of local in the three regions

Visible trait	Hadjer-Lamis and Lake Chad	Guera	West Mayo Kebbi	Total
Plumage type				
smooth	99.0	100	97.8	98.9
frizzled	1.0		2.2	1.1
Feathered shanks				
presence	0.7	-	-	1.1
absence	99.3	100	100	98.9
Naked neck				
presence	0.3	-	-	0.3
absence	99.7	100	100	99.7
Hoopoe				
presence	19.0	15	10.9	22.6
absence	73.7	85	76.1	70.1
illegible	7.3	-	13.0	7.3

The plumage distribution found among surveyed populations is probably the result of the genotype and environment interaction (Santoni et al, 2000; Bahy et al, 2003). Thus, the lack of feather distribution widely represented would be the consequence of the relative homogeneity of climatic conditions in the studied areas in contrast to studies conducted with geographical diversity (Ji et al., 2005). Some major genes acting on the feather distribution, the plumage type as the comb size improve adaptation to heat. Thus, NA 'naked neck and F frizzled' mutations have, in the homozygous, significant effects on adaptation to heat, especially by improving performance efficiency (Merat, 1986; Haaren-Kiso et al., 1988). For Somes (1990), the presence of these mutations and others may indicate the preferred choice of farmers in the absence of demonstrated adaptive value in the case of the 'feathered tarsus' and 'tufted' phenotypes for which no major effect has been described but contribute to differentiate between animals.

Understanding the relationship between qualitative traits is very important because visible traits such as feather color, comb type, naked neck and others are able to influence consumer preference and market price. According Duguma (2006) geneticists make use of the heritability of these traits to produce chickens required by the market (consumer demand).

Conclusion

This study was conducted to describe the phenotypic variability of local chicken in three ecological zones of Chad. The results show significant variability of the visible traits. Local chicken's populations of the study area have various types and colors of visible traits vary in frequency from one location to another. It can be concluded by comparing the information from the literature and the frequencies of observed qualitative characteristics that the local studied chicken populations in the three ecological zones are not different from the rest of the population of African indigenous chickens. However, other studies on the morph biometry, productivity parameters and others molecular analyzes are needed to complete exhaustive characterization. The results provide a basis for conservation, selection and strategies for sustainable improvement of the studied local chickens.

References

Assegie FM. 2009. Studies on production and marketing systems of local chicken ecotypes in Bure Woreda, North-West Amhara. M.Sc. Thesis, Hawassa University, Awassa, Ethiopia

- Apuno AA, Mbap ST, Ibrahim T. 2011. Characterization of local chickens (*Gallus gallus domesticus*) in Shelleng and Song Local Government Areas of Adamawa State, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*. <http://scihub.org/ABJNA/PDF/2011/1/ABJNA-2-1-6-14.pdf>
- Bahy AA, Mohammed MMA, Osama MA. 2003. Relationship between genetic similarity and some productive traits in local chicken strains. *African Journal of Biotechnology* 2 (2): 46-47.
- Cabarles Jr JC, Lambio AL, Vega SA, Capitan SS, Mendioro M. 2012. Distinct morphological features of traditional chickens (*Gallus gallus domesticus* L.) in Western Visayas, Philippines. *Animal Genetic Resources Information* 51: 73–87. Doi:10.1017/S2078633612000410
- Cavero D, Schmutz M, Icken W, Preisinger R. 2012. Attractive Eggshell Color as a Breeding Goal. *LohmannTierzucht GmbH, Cuxhaven, Germany* Vol. 47 (2)
- Crawford RD. 1990. *Poultry Breeding and Genetics*. Elsevier, Amsterdam
- Daikwo IS, Okpe AA, Ocheja JO. 2011. Phenotypic Characterization of Local Chickens in Dekina. *International Journal of Poultry Science* 10: 444-447
- Duguma R. 2006. Phenotypic characterization of some indigenous chicken ecotypes of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development, Volume 18, Article #131* Retrieved April 19, 2014 from <http://www.lrrd.org/lrrd18/9/dugu18131.htm>
- Egahi JO, Dim NI, Momoh OM, Gwaza DS. 2010. Variations in Qualitative Traits in the Nigerian Local Chicken. *International Journal of Poultry Science* 9:978-979
- El-Safty SA. 2012. Determination of Some Quantitative and Qualitative Traits in Libyan Native Fowls. *Egypt Poultry Science* 32 (II): 247-258.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. Characterization of indigenous chicken production systems in Cambodia. Prepared by Dinesh M T, Geerlings E, Sölkner J, Thea S, Thieme O and Wurzinger M. AHBL – Promoting’ strategies for prevention and control of HPAI. Rome.
- Fotsa JC and Poné KD. 2001. Etude de quelques caractéristiques morphologiques des poulets locaux du Nord-Ouest Cameroun. *Bulletin RIDAF* Volume 11 N°2, juillet-décembre 2001 :13-20.
- Guni, F. S., Katule, A. M., 2013. Characterization of local chickens in selected districts of the Southern Highlands of Tanzania: I. Qualitative characters. *Livestock Res. Rural Develop.* Vol.25, Article #153 from <http://www.lrrd.org/lrrd25/9/guni25153.htm>

- Haaren-Kiso AV, Horst P, Valle-Zarat A. 1988. The effect of the frizzle gene (F) for the productive adaptability of laying hens under warm and temperate environmental conditions, In: Proceedings of the 18th world's Poultry Congress (Nagoya), 4–9 September 1988: 381–388.
- Ige AO, Salako AE, Yakubu A, Adeyemi SA. 2012. Qualitative Traits Characterization of Yoruba and Fulani Ecotype Indigenous Chickens in Derived Savannah Zone of Nigeria. *International Journal of Poultry Science* 11 (10): 616-620
<http://www.pjbs.org/ijps/fin2264.pdf>
- Ikeobi CON, Ozoje MO, Adebambo OA, Adenowo JA. 2000. Frequencies of feet feathering and comb type genes in the Nigerian local chicken. In Sonaiya, E.B., ed. Issues in Family poultry Research and Development, pp. 220–224. Proceedings of international workshop, December 9–13 1997, M'Bour, Senegal.
- Ji C, Chen GH, Wang MQ, Weigend S. 2005. Genetic structure and diversity of 12 chinese indigenous Chicken breeds. Conference on The role of Biotechnology, Villa Gualino, Turin, Italy, 5-7 March 2005, pp 213-214 <http://www.fao.org/biotech/docs/ji.pdf>
- Juárez CA, Manriquez AJA, Segura CJC. 2000. Rasgos de apariencia fenotípica en la avicultura rural de los municipios de la ribera del Lago Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Livestock Research for Rural Development*, 12(1)
<http://.cipav.org.co/lrrd12/1/jua121.htm>
- ME/LRVZ, 2003 : Rapport national sur les ressources zootechniques du Tchad. 75 p.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/Chad.pdf>
- Mérat P. 1986. Potential usefulness of the Na (naked neck) gene in poultry production. *World's poultry Science Journal*, 42: 124–142.
- Missohou A, Sow RS, Ngwe-Assoumou C. 1998. Caractéristiques morphobiométriques de la poule du Sénégal. *Animal Genetic Resources Information* 24 :63-69.
- Mopaté LY. 2010. Revue du secteur avicole. Division de la Production et de la santé animale, FAO – Centre d'Urgence pour les maladies Transfrontalières.
- Msoffe PLM, Mtambo MA, Minga UM, Yongolo MGS, Gwakisa PS, Olsen JE. 2001. Identification and characterization of the free ranging local chicken ecotypes in Tanzania. In: Farm Animal Genetic Resources in Tanzania. Proceedings of SUA-MU Enreca Project Workshop Tanesco Training Institute, Morogoro, Tanzania 6th August 2001
- Nesheim CM, Austic ER, Card EL. 1979. *Poultry Production*. Lea and Febiger Philadelphia 12th Edition: 58-92.

- Nonga HE, Kajuna FF, Ngowi HA, Karimuribo ED. 2010. Physical egg quality characteristics of free-range local chickens in Morogoro municipality, Tanzania. *Livestock Research for Rural Development Volume 22, Article #218 Retrieved May 2, 2013 from* <http://www.lrrd.org/lrrd22/12/nong22218.htm>
- Petrus NP. 2011. Characterisation and production performance of indigenous chickens in Northern Namibia regions. PhD Dissertation, University of Namibia
- Santoni S, Faivre-Rampant P, Prado E, Prat D. 2000. Marqueurs moléculaires pour l'analyse des ressources génétiques et l'amélioration des plantes. *Ressources génétiques, Cahiers d'Agriculture* 9:311-327.
- Somes, GRJr. 1990. Mutations and major variants of plumage and skin in chickens. In Crawford, R.D., ed. *Poultry breeding and Genetics*: 169–208. Elsevier. Amsterdam.
- Ssewanyana E, Ssali A, Kasadha T, Dhikusooka M, Kasoma P, Kalema J, Kwatoty BA, Aziku L. 2008. On-farm characterization of indigenous chickens in Uganda. *Journal of Animal and Plant Sciences* 1(2): 33 – 37 <http://www.m.elewa.org/JAPS/2008/1.2/1.pdf>
- Van Kampen and M. 1974. *Physical factors affecting energy expenditure*. In T.R. Morris and B.M. Freeman, eds. *Energy Requirements of Poultry*. British Poultry Science Ltd, Edinburgh.

CHAPITRE V.

DIVERSITY AND ORIGIN OF CHAD VILLAGE CHICKENS (GALLUS GALLUS) IN THREE ZONES OF CHAD, CENTRAL AFRICA.

Diversité et origine des poulets villageois dans trois zones écologiques du Tchad, Afrique central (Article 3).

Publié dans: *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2015, 6: 592-600 <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2015.69062>, Published Online September 2015 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/abb>

Diversity and Origin of Indigenous Village Chickens (*Gallus gallus*) from Chad, Central Africa

Khadidja Hassaballah*¹, Vounparet Zeuh², Raman A. Lawal³, Olivier Hanotte³ and Mbacké Sembene⁴

¹Department of Biology, Faculty of Exact and Applied Sciences, University of N'Djamena, N'Djamena, Chad

²Livestock Polytechnic Institute of Moussoro, Moussoro, Chad

³School of Life Sciences, the University of Nottingham, University Park, Nottingham NG7 2RD, UK

⁴Department of Animal Biology, Faculty of Sciences and Techniques, Cheikh Anta Diop University of Dakar, Dakar, Senegal

Email: hassaballaro@yahoo.fr



Advances in Bioscience and Biotechnology, 2015, 6: 592-600,

<http://dx.doi.org/10.4236/abb.2015.69062>

Abstract

In this study we assess the maternal genetic diversity and origin of indigenous village chickens from Chad complementing previous phenotypic and biometric measurements studies. We analysed a 387 bp fragment of the mitochondrial DNA (mtDNA) D-loop region of 181 village chickens from three populations of western Chad (Lake Chad/Hadger Lamis), central Chad (Guera) and south-west Chad (Pala) and at different poultry markets in N'Djamena. Twenty-five polymorphic sites and 20 haplotypes are identified. Phylogenetic and network analyses group all chicken into a single mtDNA haplogroup D. Comparison with reference sequences shows that this haplogroup is the commonest one observed in chicken and it supports the Indian subcontinent as the maternal center of origin for the village chicken in Chad. Little genetic variation was found within and between populations which is in agreement with a recent and a maternal founding effect for the chicken in the country.

Keywords

mtDNA, D-loop, Genetic variation, Origin, Village chickens, Chad

Résumé

L'étude a été évaluée la diversité génétique et l'origine des poulets autochtones du Tchad afin de compléter les études phénotypiques et mesures biométriques antérieures. Un segment de

387 premières paires de base de la région D-loop de l'ADN mitochondrial (ADNmt) de 181 poulets villageois issus de trois zones écologiques du Tchad à savoir l'ouest (Lac Tchad / Hadjer Lamis), le centre (Guera) et au sud-ouest (Pala) et sur les marchés de volaille de la ville de N'Djamena a été analysé. Vingt-cinq sites polymorphes et 20 haplotypes ont été identifiés. Les analyses phylogénétiques et statistiques regroupent toutes les populations de poulet en une seule haplogroupe de l'ADN mitochondrial notamment le haplogroupe D. Le haplogroupe D est également le seul haplogroupe observé au Soudan et au Nigeria suggérant le sous-continent indien comme le centre d'origine maternel du poulet villageois du Tchad et un itinéraire ou point d'entrée commun de poulet en l'Afrique centrale et de l'Ouest en impliquant le commerce transsaharien de l'Égypte ou du Soudan et la migration probable le long de la bande sahélienne.

Mots clés

AND mitochondrial, Région D-loop, Variation génétique, Origine, Poulets locaux, Tchad.

1. Introduction

The domestic chicken is one of the most common and widespread domestic animals species with an estimated population in 2010 of more than 1.6 billion in Africa [1]. It is also the most abundant species of domestic bird in the world [2]. Human keeps chickens primarily as a source of food, consuming both their meat and their eggs. Many authors think that the main maternal ancestor of village chicken is the red junglefowl *Gallus gallus ssp* which was domesticated in South and South-East Asia at least since 5400 BC [3].

The introduction of village chicken in Africa remains relatively little documented [4]. The earliest evidence of chicken on the African continent is from Egypt and it dates from around 2000 BC. Chicken were most likely imported at the time as a curiosity and an addition to exotic menageries. Chicken did not become a regular feature of the Egyptian farmyard before the Ptolemaic period 304-330 BC [5]. The oldest recognizable pictorial evidence of birds was reported by Haller in 1954 [6] and was assumed to have dated from the second half of the fourteenth century BC. In West Africa the earliest evidences are from Mali *circa* AD 450-850, while archeological evidences show the presence of chicken in Chad post-1700 AD [7].

Typically, today most African households will keep 5 to 20 indigenous birds essentially for eggs and meat production [8]-[9]. However, the initial trigger for the adoption of domestic chickens by African communities, as it has been assumed for the initial domestication of the chicken in Asia, could have been for socio-cultural and/or recreational (e.g. cockfighting) rather than as a new source of food. Today indigenous chickens represent an important valuable animal genetic resource and the conservation, sustainable exploitation and improvement of local breeds is therefore an important issue. Many of the populations developed over hundreds of years were selected for morphological and appearance characteristics as much as for production purposes. This is illustrated by the very large numbers of chicken breeds and ecotypes found across the world.

Recent genetic studies have pointed to multiple maternal origins of domestic chicken in Asia [10]. Also, the African continent likely witnessed several major introductions of chickens from different Asian centers of origin including South Asia and islands South East Asia. In East Africa two distinct major mtDNA haplogroups, A and D *sensu* [11], are present. It has been proposed that African haplogroup A originates from Southeast and/or East Asia [11]-[14]; and using phylogeographic information on the modern geographic distribution across Europe and Asia [10], the Indian subcontinent has been proposed as the initial center of origin for haplogroup D [11] [13] [14]. Other haplogroups occur on the continent but at a very low frequency. Haplogroups B, C may have reached Africa following recent introductions of improved commercial chickens [11]. This suggestion is supported by the presence of identical or closely related haplotypes belonging to these haplogroups in European and commercial birds [13] [15] [16]. However, a more ancient and direct introduction of one or both of these haplogroups from their centers of origins in Asia also remains possible. The center of origin of haplogroup E, also observed at very low frequency on the Africa continent, remains speculative so far; it has only been observed northern of the Equator in Sudan and Ethiopia [11].

From the five on the African continent haplogroups reported by Mwacharo et al. [4], two haplogroups, A and D, dominate the continent. Haplogroup D is found in all the African countries studied and is the most common in all countries with the exception of Madagascar, Zimbabwe and eastern Kenya. It is the only haplogroup so far identified in West Africa, represented by Nigeria [17]. The next commonest haplogroup is A, is

absent from Uganda, Sudan, Nigeria and Ethiopia but is the commonest in Madagascar, Malawi, Zimbabwe and eastern Kenya. The other haplogroups are observed at very low frequencies in all studies, being present in only one or two birds

This study completes information from phenotypes and biometric measurements of the domestic chickens from Chad [18] [19]. These previous studies examined the phenotypic diversity and took biometric measurements of three different populations (Hadjer-Lamis/Lac Chad, Guera and West Mayo-Kebbi). The findings of these studies suggest that these populations living in different geographic areas may represent different ecotypes with different phenotypic characteristics. We now address the issue of the maternal genetic origins of the chicken from Chad by examining sequence information from the mitochondrial DNA D-loop and by comparing our findings with sequences of reference from Asia. Our results are adding new information on the geographic distribution of chicken mitochondrial DNA haplogroups in Africa and more particularly in Central Africa.

2. Materials and Methods

2.1. Sample collection and DNA extraction

Genomic DNA was extracted from air dried blood preserved on FTA classic cards (Whatman Biosciences), using the recommended manufacturer protocol, from 186 unrelated local village chickens from three geographical regions in Chad (Central Africa). The samples include 50 birds from the western region (Hadjer-Lamis/Lake Chad) representing population I (Chad I), 50 birds from the central region (Guera) representing population II (Chad II), 50 birds from Southern region (West Mayo-Kebbi) representing population III (Chad III) and 36 birds samples from various poultry markets of N'Djamena representing population IV (Chad IV). The DNA concentration and purity, A260/A280 ratio between 1.8 and 2.0, were assessed using a NanoDrop® 1000 Spectrophotometer. Potential DNA degradation was visualized on 1% agarose gel. Five samples (2 from Chad III and 3 from Chad IV) were removed from the analysis following poor DNA extraction yield and/or bad quality sequence information. To address the possible Asian origin of Chad village chicken, 9 Asian reference haplotypes were included in the analyses including the chicken mtDNA reference downloaded from the National Centre for Biotechnology Information (NCBI) (GenBank accession number AB098668).

2.2. PCR amplification and sequencing

Five hundred and forty nine base pairs of the mtDNA D-loop region were amplified using AV1F2 (5'-AGGACTACGGCTTGAAAAGC-3' [11] as the forward primer and H547 (5'- ATGTGCCTGACCGAGGAACCAG-3', accession number AB098668, Komiyama et al., 2003) as the reverse primer. PCR amplifications were carried out in a 20 µl reaction volumes containing 40 ng genomic DNA, 5 X Phire reaction buffer (containing 1.5 mM MgCl₂ at final reaction concentration), 200 µM of each dNTP, 0.5 µM of each primer and 0.4 µl of Phire Hot Start II DNA Polymerase (Thermo Scientific Ltd). The thermo-cycling conditions were : Lid (110°C), hot start 98°C (2 min), denaturation 98°C (5 sec), annealing 63 °C (10 sec), elongation 72 °C (15 sec), 35 cycles and final extension step at 72°C for 1 min [20] [21] [22]. PCR products were purified using the NucleoSpin[®] Gel and PCR Clean-UP kit [23]. Purified products were sequenced using the AV1F2 (5'-AGGACTACGGCTTGAAAAGC-3') as the forward primer and H547 (5'-ATGTGCCTGACCGAGGAACCAG-3') as the reverse sequence primers.

2.3. Sequence and phylogenetic analysis

For each sample, two sequences were generated. The forward and reverse primers were trimmed and the two sequences were compared for consistency generating a 549 bp consensus sequence using CodonCode Aligner version 5.1.3 (www.codoncode.com). The consensus sequence was aligned against the reference (GenBank accession number AB098668) [23] using Clustal X version 2.1 [25]. Subsequent analyses were restricted to the first 397 bp of the sequence which includes the hypervariable region (HV1) of the D-loop [17]. A Neighbour-Joining (NJ) tree was constructed for all samples (sequences from Chad and reference sequences) with a 1000 bootstrap replicates using *MEGA* version 6.0 [26]. The Median Joining (MJ) network was constructed using NETWORK 4.6.1.2 [27]. Sequence variation (nucleotide diversity, haplotype diversity and average number of nucleotide at each population) were calculated using DnaSP v5 [28].

3. Results

The analysis involved the first 397 bp of mtDNA D-loop sequences including the hypervariable region (HV1). A total of 20 haplotypes (3 from the population Chad I, 9 from Chad II, 10 from Chad III and 8 from Chad IV) defined by 25 polymorphic sites

from 181 sequences was found (**Figure 1**). The individual haplotypes and haplogroups used in this study are defined by CD (Chad), H1 to H20 (Haplotype 1 to 20) while HapA, HapA01i03, HapA02, HapB, HapC, HapD, HapE, and HapF all represents different haplogroups from the Asian continent [11]. Haplotype and nucleotide diversities range from $(0.500 \pm 0.074 - 0.740 \pm 0.058)$ and $(0.0048 \pm 0.0013 - 0.0074 \pm 0.0017)$ across populations (**Table 1**), with Chad I and Chad II showing the lowest values for both. In particular despite the analysis of 50 birds only three haplotypes were observed in populations Chad while at the other extreme we do observe eight different haplotypes out of 33 birds from population Chad IV.

The Neighbour-joining tree and its bootstraps values support close relationships between all haplotypes with reference haplotype D belonging to the same group (**Figure 2**). In particular, all haplotypes identified in this study belong to haplogroup D (refer as haplogroup E in [10]), with one major CDH1 haplotype present in 127 observations out of 181 (**Figure 1**). This haplotype (CDH1) is identical to our haplotype of reference HapD.

Haplotype network analysis (**Figures 3 and 4**) further confirms the close relationship between all haplotypes. Figure 3 clearly illustrates that all these haplotypes belong to a single expansion event centred on haplotype HapD (CDH1). This is also the case when the populations are analysed separately (**Figure 4**).

Table 1: Sampling population, sample size, population genetic diversity measures, standard deviation (SD) for each population and Tajima's D (*P* value).

Population	Sample size	Haplogroup (number of individuals observed)	Number of haplotypes	Haplotype diversity (SD)	Nucleotide diversity per site (SD)	Average number of nucleotide differences (k)	Tajima's D (<i>P</i> value)
*ChadI	50	D(40)	3	0.500 (0.074)	0.00484 (0.00129)	1.92344	-2.10352 (<i>P</i> < 0.05)
*ChadII	50	D(37)	9	0.583 (0.076)	0.00542 (0.00129)	2.15020	-2.32076 (<i>P</i> < 0.01)
*ChadIII	48	D(27)	10	0.740 (0.058)	0.00656 (0.00130)	2.59962	-2.00892 (<i>P</i> < 0.05)
*ChadIV	33	D(21)	8	0.714 (0.073)	0.00744 (0.00166)	2.90128	-2.09414 (<i>P</i> < 0.05)
All populations	181	D(127)	20	0.541 (0.044)	0.00312 (0.00049)	1.21270	-2.37429 (<i>P</i> < 0.01)

*Chad I = Western region (Hadjer-Lamis/Lake Chad) Chad II = Central region (Guera) Chad III = Southern region (West Mayo-Kebbi) Chad IV = various poultry markets of N'Djamena

```

111122222222222222333333333
4379113344566999011445699
379272336617678605244716 N

Reference ATATATCCTTTCATACTCTAATCT 1
CDH1     ....GC..CCCT.C...TC..... 127
CDH2     ....GC.TCCCT.C...TC..... 10
CDH3     ....GC..CCCT.C...TC...C.. 2
CDH4     ..T.GC..CCCT.C...TC..... 1
CDH5     ....GC..CCCTGC...TC..... 6
CDH6     ....GC..CCCT.C...TC.G.... 3
CDH7     ....GC..C.CT.C...TC..... 2
CDH8     ....GC..CCC..C...TC..C... 1
CDH9     ....GC..CCCT.C.T.TC..... 1
CDH10    .C..GCTCCCT.C...TC..... 1
CDH11    ...CGC..CCCT.C...TC..... 1
CDH12    ....GC.TCCCT.C...TCG..... 2
CDH13    ....GC..CCCT.C...TC.....C 6
CDH14    ....GC..CCCT.C..CTC..... 1
CDH15    ....GC..CCCT.C...TC...TC 7
CDH16    T...GC..CCCT.C...TC..... 1
CDH17    ....GC..C.CT.C...TC..C... 1
CDH18    ....GC..CCCT.CG..TC...T.. 1
CDH19    .C..GC.TCCCT.C...TC..... 1
CDH20    ....GC..CCCT.C...TC...T.. 6

```

Figure 1: Polymorphic sites of the 20 haplotypes observed in the mtDNA D-loop region from 181 village chicken sequences from Chad. The number of individuals within each haplotype is indicated by 'N'. The dots (.) indicate identity with reference sequence (GenBank accession number AB098668) [24].

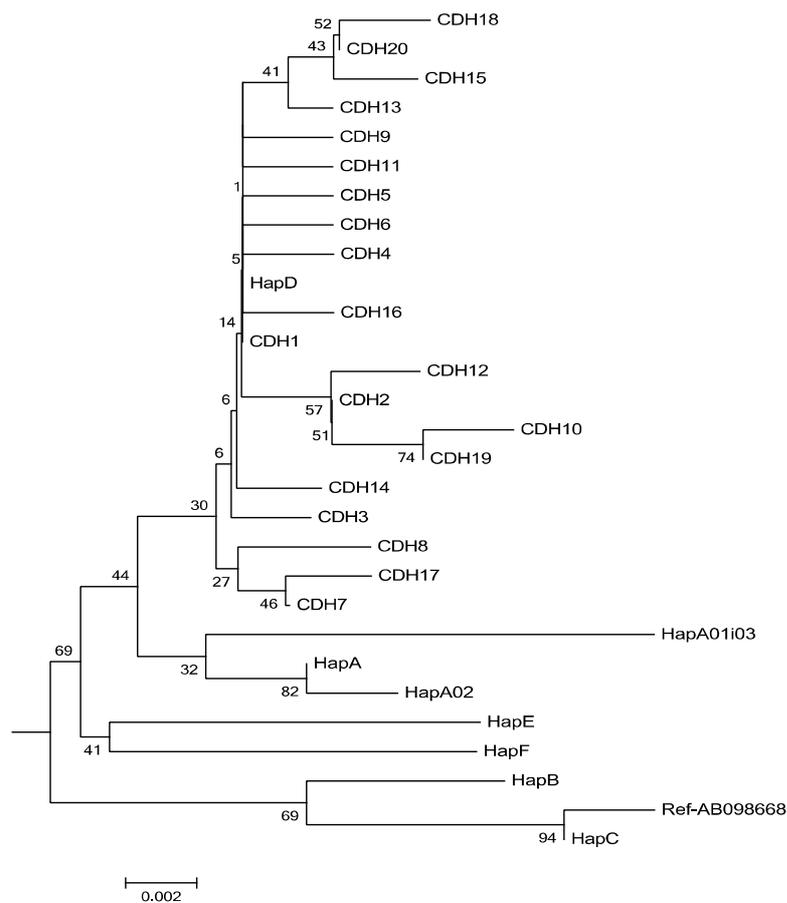


Figure 2: Neighbour-joining tree reconstructed from the 20 haplotypes identified in the 181 Chad village chicken sequences and the nine haplotypes of references using MEGA 6.0. The percent bootstrap value is represented by the numbers at the node after 1000 replication.

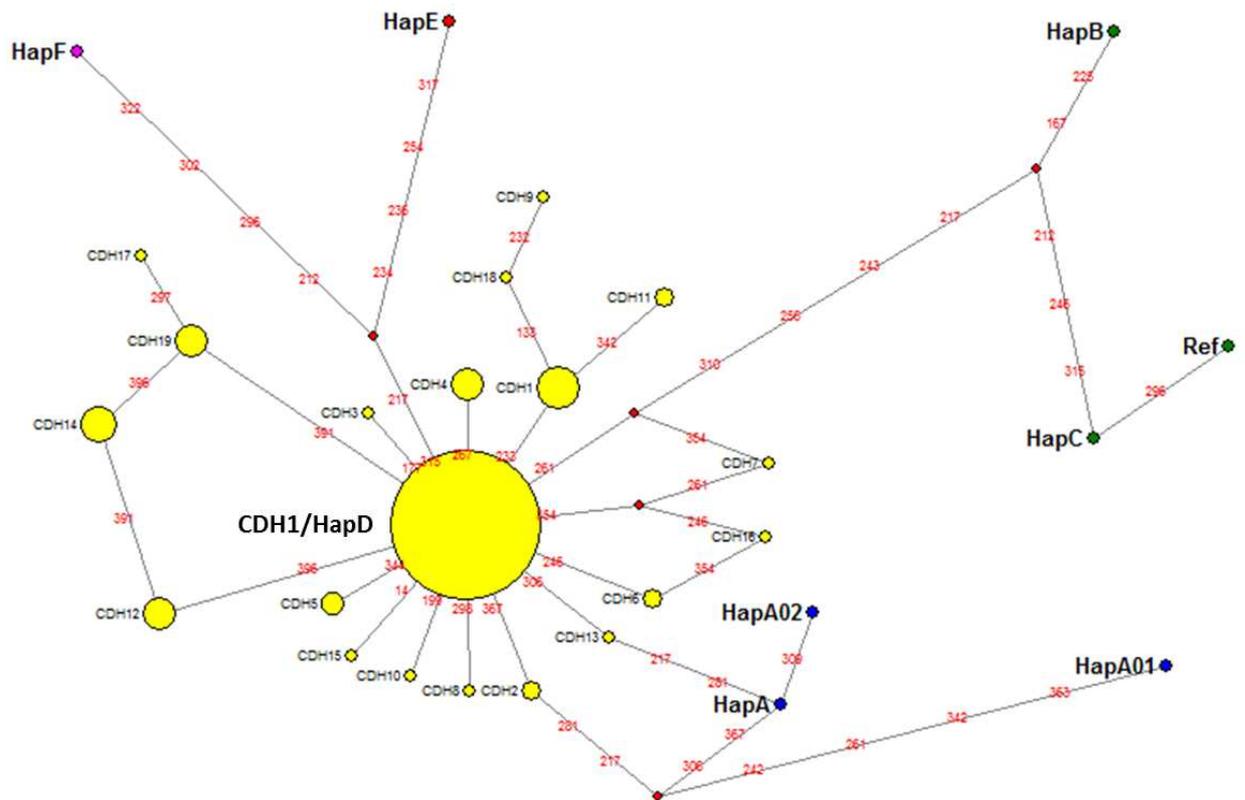


Figure 3: Median-joining network based on the mtDNA D-loop HV1 region for the 20 haplotypes of Chad indigenous chicken derived from 181 sequences and the nine reference haplotypes. Inferred ancestral haplotypes not sampled here are represented in red. The size of the circles is proportional to the frequency of the frequency of each haplotype. The positions of nucleotide mutations, compared to the reference sequence (GenBank accession number AB098668), correspond to the numbers between haplotype nodes.

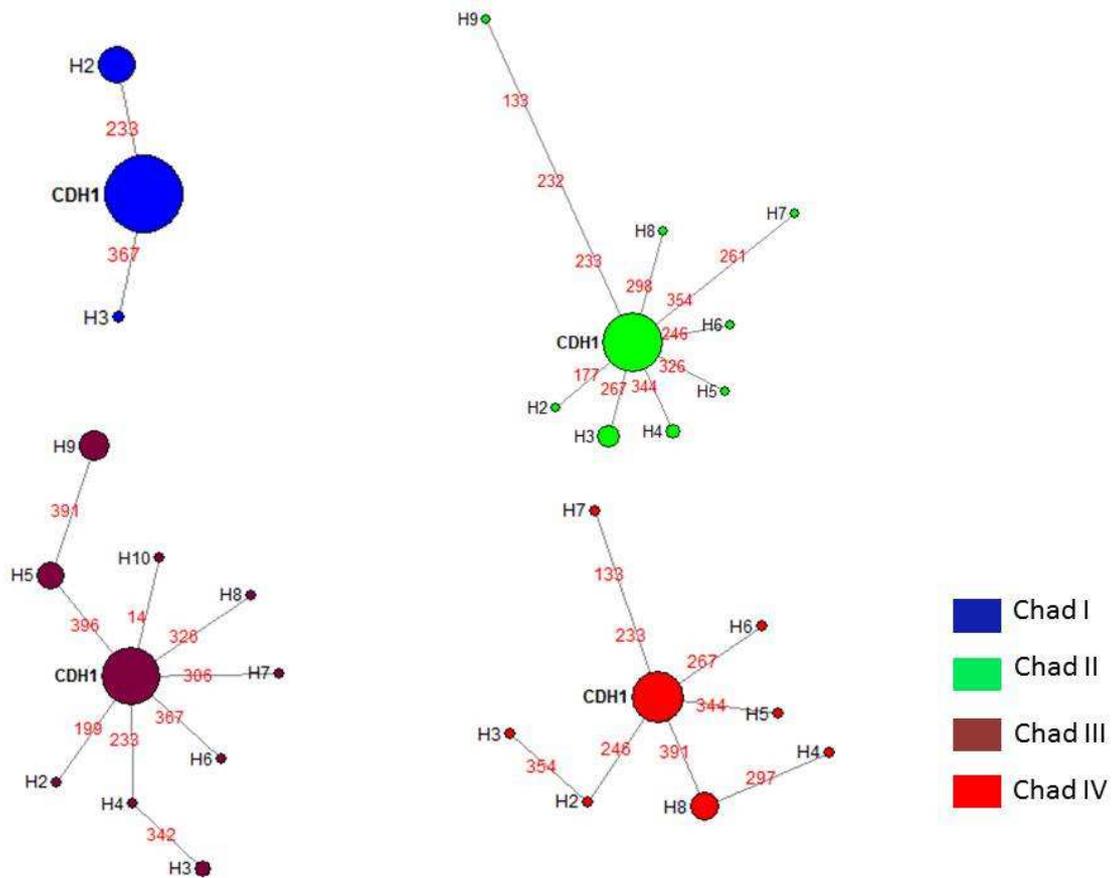


Figure 4: Median-joining network based on the mtDNA D-loop HV1 region for individual population. The number of individual in haplotype CDH1 is refer in Table 1

4. Discussion

The 20 haplotypes detected from a total of 25 polymorphic sites belong to a single haplogroup D (**Figure 2**). On the African continent two major haplogroups, A and D, have been reported previously [11]-[14]. Haplogroup D was found in all African countries studied and it is the commonest in all countries with the exception of Madagascar, Zimbabwe as well as the Eastern part of Kenya. Like in Chad, haplogroup D is the only haplogroup found so far in Nigeria [17], it also by far the commonest in Sudan and South Sudan (being refer as Clade IV in [29] in agreement with a possible common origin for the chicken from West and Central Africa. Haplogroup A was not observed in Chad. This haplogroup is absent from Uganda, Sudan, Nigeria, Sudan and South Sudan but is the commonest in Madagascar, Malawi, Zimbabwe and East Kenya. The absence of haplogroup A in Chad indicates that the likely introduction of chicken along the coast of East Africa did not contribute on the maternal side to the today genetic pool of the modern indigenous chicken from Chad. None of the rare haplogroups previously reported on the African continent (Mwacharo et al., 2013 [4])

were found in Chad.

The Indian subcontinent has been proposed as the initial center of origin for the haplogroup D found in Africa [11] [13] [14]. A possible Indian subcontinent origin of some African chickens is further supported by the commonly observed yellow skin phenotype across African village chickens [15] [18] [30]-[33]. This phenotype has recently been shown at the molecular level to be a legacy of successful introgression of the grey junglefowl *Gallus sonneratii*, a yet to be domesticated *Gallus* species with restricted geographic range on the Indian subcontinent, into domestic chicken [34]. The yellow skin phenotype is also observed in Libya [35], and Egypt where haplogroup D has been shown to be present in indigenous chicken [36]. Together all these findings support that haplogroup D observed in local chicken from Chad originated from a single source, which is likely the Indian subcontinent. More specifically, we propose that the ancient maternal ancestor of indigenous chicken from Chad would have entered the country through trans-Saharan trading from Egypt or Sudan rather than through migration along the Sahelian belt from East Africa.

Within Chad, we do observe difference between populations (**Table 1**). The smallest number of haplotype was observed in Chad I while at the other end we do observe the largest number of haplotype in population Chad IV. In this later population, the birds were sampled at N'Djamena markets and it may be expected to find in the city birds that may have been imported from different parts of the countries or even neighbouring countries. This is further support by the large average nucleotide divergence between haplotypes observed in this region (**Table 1**). At the opposite we have found a very small number haplotypes in population CHD1 (regions of Hadjer-Lamis and Lake Chad) and CHD2 (region of Guera) two populations from the Sahel zone.

Conclusion

The aim of this study was to assess the possible origin of local chickens' populations in Chad and their genetic variation. A total of 20 haplotypes defined by 25 polymorphic sites from 181 sequences were identified. Only haplogroup D was observed. Haplogroup D is also the only haplogroup found in Sudan, Nigeria and now with the results of our study in Chad suggesting a common route and entry point of chicken to Central and West Africa involving trans-Saharan trading from the Egypt or Sudan. Combined with phenotypic information, these results provide important baselines information to guide poultry improvement programs aiming to conserve and utilise

indigenous animal genetic resources from Chad.

Acknowledgements

This work was financially supported by a National Fund (CONFOFOR) for Scientific Research and Training of Trainers (Chad). This article was produced as part of ongoing effort aiming to better characterize the local chickens populations of Chad for conservation, improvement, sustainable utilization purposes.

References

- [1] FAOSTAT (2012). FAO Statistical Yearbook 2012. FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org/>. Accessed August 23, 2013.
- [2] Garrigus, W.P. (2007) "Poultry Farming". *Encyclopædia Britannica*. <http://www.britannica.com/eb/article-9111040>
- [3] Crawford, R.D. (1990). Origin and history of poultry species. In: "*Poultry Breeding and Genetics*". Ed. By R. D. Crawford . Elsevier, Amsterdam
- [4] Mwacharo, J.M., Bjørnstad, G., Han, J.L. and Hanotte, O. (2013) The History of African village chickens: An archaeological and molecular perspective. *African Archaeological Review* <http://dx.doi.org/10.1007/s10437-013-9128-1> published online: 03 March 2013.
- [5] MacDonald, K.C. and Edwards, D.N. (1993) Chicken in Africa: The importance of Qasr Ibrim. *Antiquity*, **67**, 584–590. <http://dx.doi.org/10.1017/S0003598X00045786>
- [6] Haller, A. (1954) Die Gräber und Gräfte von Assur. Berlin, Germany.
- [7] Rivallain, J. and Van Neer, W. (1983) [Inventory of the archaeological and faunal material at Koyom, South Chad](#). *Anthropologie*, Masson editor Nr. 88, 441-448.
- [8] Guèye, E.F. (1998) Village egg and fowl meat production in Africa. *World's Poultry Science Journal*, **54**, 73-86. <http://dx.doi.org/10.1079/WPS19980007>
- [9] Guèye, E.F. and Bessei, W. (1995) La poule locale sénégalaise dans le contexte villageois et les possibilités d'amélioration de ses performances. In: Sustainable Rural Poultry Production. *Proceedings of an International workshop* held on June 13 – 16, 1995 at the International Livestock Research Institute, Addis Ababa, Ethiopia, Ed. E B Sonaiya, 112-123.
- [10] Liu, Y.P., Wu, G.S., Yao, Y.G., Miao, Y.W., Luikart, G., Baig, M., Beja-Pereira, A., Ding, Z.L., Alanichamy, M.G. and Zhang, Y.P. (2006) Multiple maternal

- origins of chickens: Out of the Asian jungles. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **38**, 12-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2005.09.014>
- [11] Mwacharo, J.M., Bjørnstad, G., Mobegi, V., Nomura, K., Hanada, H., Amano, T., Jianlin, H. and Hanotte, O. (2011) Mitochondrial DNA reveals multiple introductions of domestic chicken in East Africa. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **58**, 374–382. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2010.11.027>
- [12] Razafindraibe, H., Mobegi, V.A., Ommeh, S.C., Rakotondravao, G., Bjørnstad, G., Hanotte, O. and Jianlin, H. (2008) Mitochondrial DNA Origin of Indigenous Malagasy Chicken. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1149**, 77–79. <http://dx.doi.org/10.1196/annals.1428.047>
- [13] Muchadeyi, F.C., Eding, H., Simianer, H., Wollny, C.B.A., Groeneveld, E. and Weigend, S. (2008) Mitochondrial DNA D-loop sequences suggest a Southeast Asian and Indian origin of Zimbabwean village chicken. *Animal Genetics*, **39**, 615–622. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2052.01785.x>
- [14] Mtileni, B.J., Muchadeyi, F.C., Maiwashe, A., Chimonyo, M., Groeneveld, E., Weigend, S. and Dzama, K. (2011) Diversity and origin of South African chicken. *Poultry Science*, **90**, 2189–2194. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01505>
- [15] Dana, N., Megens, H.J., Crooijmans, R.P.M.A., Hanotte, O., Mwacharo, J.M., Groenen, M.A. and Van Arendonk, J.A. (2010) East Asian contributions to Dutch traditional and western commercial chickens inferred from mtDNA analysis. *Animal Genetics*, **42**, 125–133. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02134.x>
- [16] Ceccobelli, S., Di Lorenzo, P., Hovirag, L., Monteagudo, L., Tejedor, M.T. and Castellini, C. (2015) Genetic diversity and phylogeographic structure of sixteen Mediterranean chicken breeds assessed with microsatellites and mitochondrial DNA. *Livestock Science*, **175**, 27-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.03.003>
- [17] Adebambo, A.O., Mobegi, V., Mwacharo, A., Oladejo, J.M., Adewale, B.M., Ilori, R.A., Makanjuola, L.O., Afolayan, B.O., Bjørnstad, O., Jianlin, H. and Hanotte, O. (2010) Lack of phylogeographic structure in Nigerian village chickens revealed by mitochondrial DNA D-loop sequence analysis. *International Journal of Poultry Science*, **9**(5), 503-507. <http://www.pjbs.org/ijps/ab1670.htm>
- [18] Hassaballah, K., Zeuh, V. and Sembene, M. (2014) Phenotypic diversity of local chickens (*Gallus domesticus*) in three ecological zones of Chad. *International*

Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology, **1(4)**, 1-8. Available online at: <http://www.ijcrbp.com>

- [19] Hassaballah, K., Zeuh, V., Mopate, L.Y. and Sembene, M. (2015) Caractérisation morpho-biométrique des poules (*Gallus gallus*) locales dans trois zones agro-écologiques du Tchad. *Livestock Research for Rural Development* **27** Article #53. Available online at: <http://www.lrrd.org/lrrd27/3/hass27053.html>
- [20] Chester, N. and Marshak, D.R. (1993) Dimethyl sulfoxide-mediated primer T_m reduction: A method for analyzing the role of renaturation temperature in the polymerase chain reaction. *Analytical Biochemistry*, **209(2)**, 284–290. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1993.1121>
- [21] Nord, K., Gunneriusson, E., Ringdahl, J., Ståhl, S., Uhlén, M. and Nygren, P.A. (1997) Binding proteins selected from combinatorial libraries of an α -helical bacterial receptor domain. *Nature Biotechnology*, **15**, 772–777. <http://dx.doi.org/10.1038/nbt0897-772>
- [22] Wikman, M., Steffen, A.C., Gunneriusson, E., Tolmachev, V., Adams, G.P., Carlsson, J. and Ståhl, S. (2004) Selection and characterization of HER2/neu-binding affibody ligands. *Protein engineering*, **17**, 455–462. <http://dx.doi.org/10.1093/protein/gzh053>
- [23] Vogelstein, B. and Gillespie, D. (1979) Preparative and analytical purification of DNA from agarose. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **76(2)**, 615–619. PMID: PMC382999
- [24] Komiyama, T., Ikeo, K. and Gojobori, T. (2003) Where is the origin of the Japanese gamecocks? *Gene*, **317**, 195-202. PMID: 14604808
- [25] Thompson, J.D., Gibson, T.J., Plewniak, F., Jeanmougin, F. and Higgins, D.G. (1997) The ClustalX windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research*, **25(24)**, 4876-4882. PMID: 9396791
- [26] Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. and Kumar, S. (2013) MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **30(12)**, 2725-2729. <http://dx.doi.org/10.1093/molbev/mst197>
- [27] Bandelt, H.J., Forster, P. and Röhl, A. (1999) Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **16**, 37-48. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026036>

- [28] Librado, P. and Rozas, J. (2009) DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphic data. *Bioinformatics*, **25**, 1451-1452
- [29] Wani, C.E., Yousif, I.A., Ibrahim, M.E. and Musa, H.H. (2014) Molecular characterization of Sudanese and Southern Sudanese chicken breeds using mtDNA D-loop. *Genetics Research* vol. 2014, article ID 928420, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/928420>
- [30] FAO (2009) Characterization of domestic chicken and duck production systems in Egypt. Prepared by Haitham H., Mohamed Kosba and Olaf Thieme. *AHL-promoting strategies for prevention and control of HPAI*. Rome, Italy
- [31] Youssao, I.A.K., Tobada, P.C., Koutinhoun, B.G., Dahouda, M., Idrissou, N.D., Bonou, G.A., Tougan, U.P., Ahounou, S., Yapi-Gnaoré, V., Kayang, B., Rognon, X. and Tixier-Boichard, M. (2010) Phenotypic characterisation and molecular polymorphism of indigenous poultry populations of the species *Gallus gallus* of savannah and forest ecotypes of Benin. *African Journal of Biotechnology*, **9**, 369–381. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- [32] Daikwo, I.S., Okpe, A.A. and Ocheja, J.O. (2011) Phenotypic characterization of local chickens in Dekina. *International Journal of Poultry Science*, **10**, 444–447. <http://www.pjbs.org/ijps/ab1905.htm>
- [33] Melesse, A. and Negesse, T. (2011) Phenotypic and morphological characterization of indigenous chicken populations in southern region of Ethiopia. *Animal Genetic Resources Information*, **49**, 19–31.
- [34] Eriksson, J., Larson, G., Gunnarsson, U., Bed'hom, B., Tixier-Boichard, M., Strömstedt, L., Wright, D., Jungerius, A., Vereijken, A., Randi, E., Jensen, P. and Andersson, L. (2008) Identification of the *Yellow Skin* Gene Reveals a Hybrid Origin of the Domestic Chicken. *PLoS Genetics*, 4(2): e1000010. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1000010>.
- [35] El-Safty, S.A. (2012) Determination of some quantitative and qualitative traits in Libyan native fowls. *Egypt. Poultry Science*, **32**, 247–258.
- [36] Elkhayat I., Kawabe K., Saleh K., Younis H., Nofal R., Masuda S. and Shimogori T. (2014) Genetic diversity of Egyptian native chickens using mtDNA D-loop region. *Journal of Poultry Science*, **51(4)**, 359–363. <http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.0130232>.

CHAPITRE VI

SOCIO-ECONOMIE DE L'ELEVAGE DANS TROIS ZONES ECOLOGIQUES AU TCHAD: PRATIQUES TRADITIONNELLES ET PRODUCTIVITE DES POULETS INDIGENES

Partie 4 (à publier)

Socio-économie de l'élevage dans trois zones écologiques au Tchad: Pratiques traditionnelles et productivité des poulets indigènes

Résumé

Avec comme objectif une meilleure connaissance des pratiques villageoises de production avicole et des paramètres de productivité du poulet indigène tchadien, l'étude a été entreprise dans trois zones agro écologiques (zone soudanienne au sud (Mayo-Kebbi Ouest), le sahel au Nord-Ouest (Hadjer Lamis/Lac) et au Guéra, au centre) du Tchad. Les données ont été recueillies en utilisant un questionnaire structuré portant sur 1206 poulets indigènes. Les paramètres de productivité ont été suivis sur un échantillon de 221 poules pour une période de treize mois. Les données ont été analysées par des méthodes statistiques descriptives et présentées en données absolues, figures ou pourcentages. Les moyennes des effectifs des poulets varient de 20,48 têtes au Hadjer Lamis/Lac à 28,92 au Mayo-Kebbi Ouest et la plupart des aviculteurs élèvent d'autres ressources animales. Les volailles sont logées pour 45,07 % dans les poulaillers, 32,39% dans les habitations humaines ou cuisines et 22,54% à l'air libre. Les aviculteurs alimentent régulièrement (74,65 %) occasionnellement (21,13%) ou ne le font pas du tout (4,22 %). Les aviculteurs complètent leur basse-cour pour 70,42% toute l'année, 21,13% en saison sèche, 2,82% en saison des pluies et 5,63 temporairement. Sur l'ensemble de la zone de l'étude, 32,89 % des éleveurs ont utilisé la pharmacopée traditionnelle et 18,42% pratiquent la vaccination, 9,2% le déparasitage et 39,87% ne s'occupent pas de santé de la basse-cour. Les principaux critères de choix des reproducteurs ont été le format (39,59 %), la couleur du plumage (31,41%), les performances des parents (22,18%) et la résistance aux maladies (6,82%). Les éleveurs ont identifié les maladies (85,52%), les prédateurs (79,71%), l'alimentation (37,68%) et l'habitat (14,49%) comme les principales contraintes au développement de l'aviculture villageoise. Les principales maladies répertoriées ont été la maladie de Newcastle, la pasteurellose et la typhose. Les poulettes entre en ponte à l'âge 182, 22 jours ou 3 mois avec un poids moyen de 1,43 kg et pondent 12 œufs en moyennes, avec un taux d'éclosion de 79% et sèvent 6,53 poussins après 63 Jours. En moyenne, les poules pondent 3,42 fois par an. Dans toute la zone de l'étude, les pratiques et les performances de reproduction ont été caractéristiques d'un système d'élevage extensif. Cette situation oblige à suggérer à la mise en œuvre des actions contribuant à la levée des contraintes liées aux pratiques pour améliorer les conditions du monde rural et, dans une deuxième phase, à l'amélioration des ressources aviaires elles-mêmes.

1. Introduction

Le Tchad est un pays à vocation pastorale, cependant la croissance démographique entraîne des besoins croissants en protéines animales. L'économie pastorale est fondée essentiellement sur l'élevage des ruminants avec une contribution notable mais qui rencontre cependant en plus des difficultés à cause de la réduction des espaces pastorales. Les monogastriques (porcins et volailles) qui se reproduisent plus rapidement ont un rendement carcasse plus élevé en unité de temps (Bastianelli *et*

al., 2002) semblent être appropriés au monde rural. Les volailles pourtant présentes dans de nombreuses familles sont peu prises en compte dans l'économie du pays. La promotion de l'aviculture villageoise et l'amélioration graduelle des performances zootechniques des volailles peuvent être à la fois source de développement économique et de sauvegarde de la biodiversité (FAO 1998 ; Bouchardeau et Calet 1970). Les poulets sont élevés de manière extensive avec divagation toute l'année dans la majorité des villes et des villages et sont présents à faible effectif (5 à 10 têtes) dans les familles; un de leurs avantages est le goût agréable de la viande et des œufs comparés aux poulets commerciaux. Les dernières estimations chiffrent le cheptel national à 47,8 millions de volailles, constituées pour l'essentiel de la production du secteur familial (Mopaté, 2010). Plusieurs auteurs affirment que les volailles contribuent à la satisfaction des besoins en protéines animales et apportent aux producteurs des ressources financières non négligeables (Alamargot *et al.*, 1985; Grundler *et al.*, 1988; Rigaut, 1989; Mopaté et Idriss, 2002; Fasina *et al.*, 2007; Shamar, 2007). Elles permettent également, par capitalisation, à certains paysans de créer des élevages des ruminants, d'acquérir des intrants agricoles, d'organiser des sacrifices, de faire des dons et d'accueillir des hôtes, participant ainsi au renforcement des liens sociaux (Prost, 1987; Aklobessi *et al.*, 1992; Mopaté et Maho, 2005 ; Mopaté *et al.*, 2010). Les données sur les performances des poulets locaux dans les différents systèmes d'élevage pourraient être bénéfiques aux familles rurales pour améliorer leurs pratiques et, de ce fait leurs revenus et peut servir de référence aux interventions de développement. L'objectif de ce travail était de connaître les pratiques des élevages avicoles et les performances des poulets indigènes dans trois zones écologiques du Tchad.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Site de l'étude

Trois sites ont été retenus dont deux en zone sahélienne et un dans la zone soudanienne du Tchad. Ces zones correspondent aux divisions administratives de premier degré du pays à savoir les Régions

- La Région du Guéra avec la ville de Mongo comme chef-lieu de la Région et du Département du même nom. Elle est la dixième ville du Tchad par le nombre d'habitants (20 676 en 2009) et est situé entre la latitude 12,190 N et la longitude 18,690 °E ;
- Les Régions de Hadjer-Lamis et du Lac Tchad dont le centre d'appui est Massakory, chef lieu de Région et de Département. L'enquête couvre jusqu'à la Région du Lac Tchad dont la ville de Bol est le chef lieu. Cette dernière est située entre le 12°10' et 14°20' de latitude Nord et entre 13° 30' et 15° 40' de longitude Est ;
- La Région du Mayo-Kébbi Ouest dont la ville de Pala est le chef lieu de Région du et du Département de Mayo-Dallah. Elle est la septième ville du Tchad par le nombre d'habitants (26.100 au recensement de 2009) et se situe entre la latitude 9.360° N et la longitude 14.900°E.

La Région du Mayo-Kébbi Ouest est une zone de grande production de coton et des céréales tandis que les deux autres sites ont comme activité dominante l'élevage

2.2. Échantillonnage et méthodes de collecte de données

Pour l'étude comparative de ces trois sites écologiques de zone de l'étude, 15 villages par région ont été sélectionnés après la sensibilisation auprès des aviculteurs et les responsables administratifs locaux pour leur participation à l'enquête sur les pratiques de production avicole soit 45 ménages au total. Selon l'importance du nombre des poulets dans les ménages (au moins huit poules en reproduction), seulement cinq ménages par région ont été retenus pour un suivi d'un an pourtant sur au moins cinq poules par ménage soit 75 poules au Mayo-Kebbi Ouest, 71 au Guéra et 75 au Hadjer Lamis/Lac. Deux méthodes de collecte des données ont été mises en œuvre :

- L'étude des pratiques des aviculteurs a utilisé l'enquête transversale et rétrospective : Les observations directes ont été faites sur les types de poulaillers, d'abreuvoirs et de mangeoires utilisés. L'entretien a porté sur les pratiques des aviculteurs (logement, alimentation, soins, choix des reproducteurs et soins), les objectifs de production (vente, autoconsommation) et la structure des basses-cours (effectif, composition, sex-ratio, etc.).
- Pour le suivi des mouvements démographiques des poulets et des paramètres de reproduction (nombre pontes par an, œufs par ponte, taux éclosion, taux de survie, etc.) cinq ménages par site ont été retenus pour le suivi des paramètres de productivité des poussins d'au moins cinq poules par ménages jusqu'à la date de leur rentrée en ponte. Le suivi a démarré en janvier 2012 et a pris fin en décembre 2013, soit sur une période de 13 mois avec une fréquence d'une visite par semaine dans les ménages. Pendant la phase de collecte des données, chaque enquêteur, après la formation sur les techniques de collecte, a été visité deux fois pour assurer la bonne marche du travail et les fiches remplies ont été validées au fur et à mesure de l'état d'avancement. En cas de non satisfaction, les fiches ont été reprises. Il faut signaler les pertes importantes des certains animaux en suivi (poussins et poule) à cause la maladie de Newcastle survenu au Mayo-Kébbi Ouest et au Guéra en janvier et février 2013

Analyse des données

Les données collectées ont été saisies avec le tableur « Excel », avant d'être transférées dans le logiciel SPSS (Statice Package for the Social Science 2009) pour le traitement des différentes analyses statistiques. Les analyses de variance (ANOVA) et descriptive ont été faites en considérant les facteurs région. Le test de Student a été utilisé pour comparer les différentes moyennes au seuil de 5%.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques des élevages villageois

La répartition des élevages enquêtés a été de 75 familles au Mayo-Kébbi Ouest, 71 au Guéra et 75 au Hadjer-Lamis/Lac. Les élevages constitués uniquement des poulets représentent 18,23% du total, ceux associant d'autres volailles 18,75% et le reste des élevages associe les autres espèces animales (bovins, caprins, ovins et équidés). Les aviculteurs enquêtés dans la région de Hadjer-Lamis/Lac ne possédaient pas de bovins et ceux du Mayo-kébbi Ouest pas d'équidés. Les poulets appartenaient pour 42,25% à la famille, 30% à la mère, 15,39% au père, 7,04% aux enfants et 1,97% avaient été confiés. Au Mayo-kébbi Ouest, les poulets appartenaient plutôt à la famille (72,41%) avec un taux de poulets confiés de 13,79%, pratique qui n'existe pas dans les deux autres régions. Au Guéra et au Hadjer-Lamis/Lac par contre, les femmes sont majoritairement propriétaires, respectivement de 50% et 43,48% contre seulement 3,45% au Mayo-kébbi Ouest. Le taux des propriétaires « père » au Mayo-kébbi Ouest est faible (3,45%) mais est élevés au Guéra (35%). Sur l'ensemble de la zone de l'étude, il ressort que les propriétaires « père de famille » ne possèdent pas de bovins. Les espèces animales domestiques détenues par les ménages sont diversifiées (Tableau 1). Le porc, plus largement élevé auparavant au Mayo-kébbi Ouest, n'était plus élevé par des ménages visités pendant la période de l'enquête.

Tableau 1 : Pourcentage d'association des espèces dans les élevages traditionnels dans les trois zones

Type association	Mayo-Kébbi Ouest	Guéra	Hadjer-Lamis/Lac	Total
Poulet seul	16,98	12,00	26,56	18,23
Poulet + autres volailles	30,18	16,00	12,50	18,75
Volailles + Bovin	16,9	26,66	0	15,10
Volailles+ Petits ruminants	28,30	24,00	37,50	29,69
Volailles + Equidés	7,53	21,33	23,44	16,14

3.2. Structure du cheptel de poulets enquêtés

L'effectif moyen de la basse-cour a été de $31,03 \pm 13,19$ têtes et celui des poulets $25,44 \pm 11,40$ par élevage. Les moyennes des trois régions n'ont pas été significativement différentes. Les poussins ont représenté 48,92% des effectifs, les jeunes (poulettes et coquelets) 29,19%, les sujets de moins de 5 mois (poussins et jeunes) 78,11% et les adultes (coqs et poules) 21,89%. Par rapport aux poulets adultes de 6 mois et plus (1206 têtes), les mâles ont constitué 25,96%

de l'effectif et les femelles 25,12%. Le rapport des poussins sur le reste d'effectif a été de 0,49, celui du nombre de jeunes de moins de 5 mois sur les adultes de 0,29. En revanche, le ratio des jeunes âgés de 3 à 5 mois sur les adultes a été de 1,33 (Tableau 2). Le rapport de l'effectif moyen des basses-cours à la taille moyenne des ménages a été de 4,88 poulets par personne.

Tableau 2 : Structure et composition de populations des poulets (Moyenne et écart type) des élevages traditionnels enquêtés de la zone de l'étude

Catégorie	Moyenne	Ecart type	Effectif total	Pourcentage
Poussin	12,83	8,05	590	48,92%
Poulette	4,23	6,45	182	15,09%
Coquelet	4,47	10,92	170	14,10%
Poule	2,63	2,59	121	10,03%
Coq	3,25	2,49	143	11,86%
Total	12,69	14,32	1206	100%

3.3.Pratiques d'élevage

Logement

Dans 45,07 % des cas, les poulets ont été hébergés pendant toute l'année dans des poulaillers couverts (cases en paille ou en banco, cages ou grande jarre transformée) avec un faible taux d'hébergement au Guéra (9,52%) et respectivement 76 et 44% au Mayo-kébbi Ouest et Hadjer Lamis/Lac. Les volailles sont logées pour 32,39% dans les habitations humaines ou cuisines, surtout au Guéra (71,43%). Le reste a dormi sous les hangars, les greniers ou en plein air, sur des murs, dans les arbres et sur les toits de case (22,54%). Les différents types de logement sont utilisés en toutes saisons à l'exception de la région du en zone soudaniennes où les poulaillers couverts devenaient majoritaire (93%) en saison des pluies à cause des précipitations abondantes. Les pontes et/ou couvées ont eu lieu dans les cases d'habitation ou cuisines (73,4 %), les dessous des greniers (22,3%), les poulaillers ou les cachettes de la cours en saison sèche (4,2%).

Alimentation

Le sésame a été le principal aliment chez les poussins au Guéra (100%) alors que les autres céréales (sorgho, mil, maïs et son) et les restes de repas ont été plus servis aux jeunes et adultes avec un taux plus faible dans la région de Hadjer Lamis/Lac (88%). Les graines d'arachide, les insectes et les termites, les graines de courge et de niébé ont été

occasionnellement distribuées (3,24%). Pour l'ensemble de la zone de l'étude, 74,65% des aviculteurs alimentent régulièrement, 21,13% occasionnellement et 4,22 % n'alimentent pas du tout leur basse-cour. Dans les régions du Mayo-kébbi Ouest et du Guéra, tous les éleveurs ont servi au moins une fois par jour des graines de céréales aux poulets mais 12% des aviculteurs de la région du Hadjer Lamis/Lac ne s'occupent pas du tout de l'alimentation de leurs poulets. Pour ceux qui s'occupent du supplément de leurs volailles, l'alimentation des jeunes et adultes a été distribuée à même le sol et dans de récipients adaptés pour les poussins dans leurs jours après l'éclosion. Là où la complémentation se pratique elle s'effectue pour 70,42% toute l'année, 21,13% en saison sèche, 2,82% en saison des pluies et 5,63% temporairement.

Pratiques sanitaires

Les pratiques des soins varient suivant les régions : 90,48% des aviculteurs au Guéra et 76,% au Mayo-kébbi Ouest pratiquent la vaccination, le déparasitage et les soins traditionnels contre seulement 12% au Hadjer Lamis/Lac qui ne pratiquent que la médecine traditionnelle. Sur l'ensemble de la zone de l'étude, 32,89 % des éleveurs ont utilisé des produits de la pharmacopée traditionnelle (sel traditionnel, cendre, racines, l'huile de sésame et natron carbonate de sodium), 18,42% pratiquent la vaccination, 9,2% le déparasitage et 39,87% ne s'occupent pas des soins sanitaires.

Choix des reproducteurs

Les principaux critères de choix énumérés et retenus ont été le format (la taille et sous-entendu le poids), la couleur du plumage, les performances des parents (croissance, précocité et taux d'éclosion) et la résistance aux maladies. Les résultats obtenus dans les trois régions ont été : le format 39,59%, la couleur (31,41%), performances 22,18% et la résistance aux maladies 6,82%. Les critères format et couleur du plumage ont été majoritaires au Mayo-kébbi Ouest de 40,55% et 22,30%), au Guéra de 57,69% et 38,66% (Tableau 3). La région la région du Mayo-kébbi Ouest a été la seule zone où les aviculteurs choisissent leurs reproducteurs sur le critère de résistance aux maladies (16,53%). Dans la région de Hadjer-Lamis/Lac, les proportions des trois autres critères ont été à peu près équilibrées. Les éleveurs ont recherché ainsi l'esthétique et surtout l'amélioration de la productivité de leur basse-cour. A l'intérieur des trois régions, les aviculteurs combinent majoritairement trois ou deux critères au Mayo-kébbi Ouest (64% et 26%) et au Hadjer-Lamis/Lac (92% et 6%), tandis qu'au Guéra, la tendance est à deux (45,24%) ou un critère (30,95%).

Tableau 3 : Pourcentage des critères de choix des reproducteurs utilisés dans les trois régions

Critère	Mayo-Kébbi Ouest	Guéra	Hadjer Lamis/Lac	Total
Format	40,55	57,69	30,84	39,59
Extérieur	22,30	38,46	37,50	31,41
Résistance	16,53	0	0	6,82
Performance	20,62	3,85	31,66	22,18

3.4. Contraintes de l'élevage villageois

Les contraintes majeures répertoriées limitant le développement et la productivité en aviculture traditionnelle ont été la prédation, les maladies souvent liées au mode d'élevage, l'irrégularité ou l'insuffisance des ressources alimentaires et le manque d'habitats. Sur l'ensemble de la zone de l'étude, 85,52% des éleveurs identifient les maladies, 79,71% les prédateurs, 37,68% l'alimentation et seulement 14,49% l'habitat comme les principales contraintes au développement de l'aviculture dans leur zone. Les principales maladies répertoriées ont été la maladie de Newcastle, la pasteurellose et la typhose. Dans les régions du Mayo-kébbi Ouest (88%) et de Hadjer-Lamis/Lac (84%), les aviculteurs ont considéré les maladies épizootiques comme la principale contrainte sanitaire. Au Mayo-kébbi Ouest et au Guéra, l'invasion parasitaire ont été signalée comme obstacle à l'amélioration des conditions de logement des poulets pour respectivement 16% et 12%. Les principaux prédateurs ont été les chats (29,95%), éperviers (25,15%) et serpents. Les prédateurs signalés comme "Autres" (tableau 4), ont été nombreux au Mayo-kébbi Ouest (71,44%), constitués de musaraignes (45%), chiens (35%) et varans (20%) et faible (14,28%) respectivement au Guéra (rats) et au Hadjer-Lamis/Lac (rats et hérissons). L'homme (vol) a été signalé avec un taux élevé au Hadjer-Lamis/Lac (25%)

Tableau 4 : Degré (%) de participation des agents prédateurs à la prédation

Prédateur	Mayo-Kébbi Ouest	Guéra	Hadjer Lamis/Lac	Total
Chat	25,00	36,38	30,55	29,95
Eperviers	15,79	32,72	33,34	25,15
Serpent	26,32	23,63	0	19,76
Vol	6,57	0	25,00	8,38
Autres*	26,32	7,27	11,11	16,76

* Chien, musaraigne, rat, varan et hérisson.

3.5. Mouvement démographiques dans les élevages

La moyenne mensuelle des sorties des élevages a été de $27,61 \pm 8,12$ poulets, variant de $9,79 \pm 4,15$ au Guéra à $32,60 \pm 12,75$ dans la région du Mayo-kébbi Ouest. La région de Hadjer

Lamis/Lac a présenté une moyenne intermédiaire de 27,95±13,39 poulets par mois. La mortalité, la vente et les pertes par prédation ont été les principales causes des sorties avec des proportions respectivement de 36,86%, 33,36% et 19,59%. Avec un taux moyen de 77,25% du total des mortalités, la perte des poussins représente la tranche d'âge la plus touchée, soit 28,48% du total des sorties (Tableau 5). A l'intérieur des trois régions, la mortalité moyenne a été significativement faible au Guéra, soit environ trois poulets par mois contre le triple au Hadjer Lamis/Lac ou encore plus du quadruple au Mayo-kébbi Ouest (13,79±5,50). Les moyennes de prédation (9,62±4,60) et de consommation (4,55±2,149) au Mayo-kébbi Ouest et celle de la vente au Hadjer Lamis/Lac (10,57±9,15) ont été significativement plus élevées ($p \leq 0,05$). L'argent des ventes a servi au Sahel aux travaux champêtres, à l'achat des fournitures scolaires et habits des enfants et des céréales, thé sucre, huile et petits ruminants tandis qu'en zone méridional, surtout aux travaux champêtres et besoins quotidiens. Les aviculteurs de la zone de l'étude consomment en moyenne 3 poulets par mois avec une valeur plus élevée au Mayo-kébbi Ouest ($p \leq 0,05$).

Tableau 5: Moyenne mensuelle des sorties suivis des élevages dans les trois zones de l'étude

Région	Mortalité		Vente	Prédation	Consommé	Accident	Total
	Total	dont Poussins					
Mayo-Kébbi Ouest	13,79±5,50a	10,38±5,09a	7,57±4,65a	9,62±4,60a	4,55±2,149a	2,83±2,14	32,60±12,75a
Guéra	2,92±1,83b	2,91±1,92b	5,17±2,21b	1,92±0,67b	2,17±1,47ab	1,33±0,59	9,79±4,15b
Hadjer Lamis/Lac	10,25±6,20a	7,2±4,82a	10,57±9,15ab	5,11±2,60a	2,57±1,69b	2,67±2,08	27,95±13,39a
Total	10,0±9,84	7,96±6,55	9,23±8,08	5,71±4,60	3,01±2,21	2,42±1,83	26,61±8,12

Les moyennes des colonnes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%

L'éclosion, les achats, dons et legs constituent les principales sources des entrées dans les élevages villageois de la zone de l'étude. Avec une moyenne de 22,44±13,24 poussins par mois soit 81,69% du total, l'éclosion a été la principale source des entrées, suivie des achats, 15,18%. A l'intérieur des régions (Tableau 6), l'éclosion a été la seule source d'entrée au Guéra avec une moyenne plus faible de 13,40±5,81 comparativement au Mayo-kébbi Ouest (29,44±14,41) et au Hadjer Lamis/Lac (21,33±12,44).

Tableau 6 : Moyenne mensuelle des entrées suivis dans les élevages dans les trois zones

Région	Eclosion	Achat	Don	Confié	Total
Mayo-Kébbi Ouest	29,44±14,41a	2,00±2,56a	2,13±1,36a	2,00±0,89a	31,56±15,00a
Guéra	13,40±5,81b	0	0	0	13,40±5,81b
Hadjer Lamis/Lac	21,33±12,44a	6,66±3,53b	2,17±1,27a	1,40±0,55a	27,92±14,71a
Total	22,44±13,24	5,87±3,80	2,16±1,27	1,73±0,79	27,20±12,94

Les moyennes des colonnes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%

3.6. Performances zootechniques

Pour toutes les trois zones, les poules pondent en moyenne $3,42 \pm 1,03$ fois par an. Le nombre moyen d'œufs par ponte a été de $11,97 \pm 2,37$, mesuré sur un rang de ponte moyen de $2,13 \pm 1,03$. Le nombre moyen d'œufs couvés a été de $11,97 \pm 2,37$ représentant un taux de couvaison de 96% et un taux d'éclosion de 79% pour un nombre moyen de $9,06 \pm 2,57$ poussins par ponte. Le poids des poussins à l'éclosion a été de $28,55 \pm 3,75$ g. Les poussins sont sevrés au nombre moyen de $6,53 \pm 2,31$ par ponte et à l'âge deux mois ($61,47 \pm 15,55$ jours) avec un taux de sevrage moyen de 72%. Les poules rentrent en ponte avec un poids moyen de $1430,05 \pm 26,39$ g à l'âge de $182,22 \pm 30,07$ jours. Les meilleures performances de productivité obtenues ont été meilleures au Mayo-kébbi Ouest et dans la région Hadjer Lamis/Lac. Au Guéra, ces paramètres ont été généralement inférieurs (Tableau 7).

Tableau 7: Moyenne des paramètres de productivité suivis dans les trois zones

Paramètre	Mayo-Kébbi Ouest	Guéra	Hadjer Lamis/Lac	Total
Rang de ponte	$2,48 \pm 1,29a$	$1,80 \pm 0,91b$	$2,12 \pm 0,73c$	$2,13 \pm 1,03$
Nombre de ponte par an	$3,38 \pm 0,68a$	$4,01 \pm 1,22b$	$2,86 \pm 0,93a$	$3,42 \pm 1,03$
Nombre d'œufs pondus	$12,76 \pm 2,55$	$11,20 \pm 2,04$	$11,96 \pm 2,32$	$11,97 \pm 2,37$
Nombre d'œufs couvés	$12,00 \pm 2,24$	$10,56 \pm 1,80$	$11,30 \pm 2,16$	$11,45 \pm 2,15$
Taux de couvaison (%)	$95,00 \pm 7,00a$	$95,00 \pm 10,00a$	$99,00 \pm 5,00b$	$96,00 \pm 8,00$
Nombre poussins à l'éclosion	$9,45 \pm 2,72$	$7,80 \pm 2,47$	$9,96 \pm 2,07$	$9,06 \pm 2,57$
Taux d'éclosion (%)	$78,00 \pm 14,00a$	$73,00 \pm 17,00b$	$85,00 \pm 10,00c$	$79,00 \pm 14,00$
Poids poussin à l'éclosion (g)	$28,55 \pm 3,71$	$25,39 \pm 4,20$	$31,07 \pm 4,15$	$28,55 \pm 3,75$
Âge au sevrage (j)	$60,88 \pm 18,21a$	$72,08 \pm 11,39b$	$51,44 \pm 7,86c$	$61,47 \pm 15,55$
Nombre poussins au sevrage	$7,56 \pm 2,29$	$5,40 \pm 1,87$	$6,64 \pm 2,29$	$6,53 \pm 2,31$
Taux de sevrage (%)	$80,00 \pm 15,00$	$70,00 \pm 19,00$	$66,00 \pm 20,00$	$72,00 \pm 19,00$
Poids au sevrage (g)	$375,28 \pm 5,00a$	$272,64 \pm 45,94b$	$432,00 \pm 90,00c$	$316,64 \pm 160,15$
Âge à la 1 ^{ère} ponte (j)	$199,96 \pm 8,84a$	$201,40 \pm 17,15$	$183,75 \pm 15,27b$	$182,22 \pm 30,07$
Poids à la 1 ^{ère} ponte (g)	$1570,20 \pm 103,21a$	$1457,76 \pm 175,97b$	$1241,67 \pm 147,20c$	$1430,05 \pm 263,39$

Les moyennes des lignes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%

4. Discussion

L'enquête longitudinale et le suivi dans trois zones écologiques du Tchad ont permis de déterminer les effectifs et la composition des cheptels de poulet villageois, les pratiques d'élevage et les paramètres de productivités évalués sur une période allant de décembre 2012 à décembre 2013, soit 13 mois

L'effectif moyen de 25,44 poulets par ménage observé a été plus élevé que les 21 têtes rapportés au Togo (Aklobessi, 1990), 12 au Niger (Bell et Abdou, 1995), 10,3 au Cameroun (Ngou Ngoupayou, 1990), 5 à 15 au Sénégal (Buldgen *et al.*, 1992) et 5 à 20 têtes (Radar, 1994) pour l'Afrique en général. Il a été aussi dans l'intervalle de 20 à 30 têtes observé au Mali (Kounta, 1992), 20 à 50 têtes à Madagascar (Raveloson, 1990) et 26,6 têtes au Guéra, Tchad (Mopate *et al.* 2010). A l'intérieur des régions, les effectifs varient de 20, 48 au Hadjer-

Lamis Lac à 28,92 au Mayo-Kebbi Ouest et sont à lier avec l'importance socio-économique et aux facteurs environnementaux des trois zones. L'insécurité alimentaire récurrente au Sahel et la crise de la culture du coton (baisse consécutive des prix et introduction des techniques de production) dans la zone méridionale poussent les agro-éleveurs à la diversification des activités agricoles ; d'où la pratique de l'aviculture familiale (Mopaté *et al.*, 1994 ; Magrin, 2000). Cette situation pourrait expliquer le nombre élevé de poulets par ménage. La proportion de coqs aux adultes (23,21%) est plus élevée que celle rapportée au Tchad : 14,5 % à N'Djaména rural (Mopaté et Lony, 1998), 17 % au Tchad Oriental (Mopaté *et al.*, 1999) et 19 % au sud Tchad (Mopaté et Maho, 2005) contre 9,5 % en milieu vacciné au Burkina Faso (Brunet *et al.*, 1984). La proportion de poules est inférieure aux résultats (89,5 %) de Brunet *et al.* (1984). La proportion élevée de coqs observée pourrait s'expliquer par un taux élevé des sujets de moins de 5 mois (poussins et jeunes) qui représentent 78,11% de l'effectif moyen.

Le système d'élevage de la zone de l'étude est caractérisé par la divagation des poulets, l'absence de poulailler et de la distribution d'aliments et du manque des soins sanitaires. Les mêmes observations ont été rapportées au Mali (Kassambara, 1989), au Soudan (Musharaf, 1989) et au Sénégal (Guèye et Bessei, 1995). Le niveau de vie villageois et la contribution de cette production au revenu des ménages seraient à l'origine de la moindre attention accordée à la conduite des élevages. Au Mali, Rigaut (1989) note qu'un élevage en liberté avec une claustration pendant la nuit, une distribution d'aliments au moins deux fois dans la journée, l'usage d'enceintes fermées comme poulaillers pendant toute l'année et les soins appropriés constituent une méthode simple d'améliorer l'élevage des volailles. Aussi, Dahouda *et al.* (2007) ont montré qu'il est possible d'incorporer des quantités significatives de graines de mucuna bouillies ou torréfiées dans l'alimentation des pintades adultes pour améliorer les pratiques et partant augmenter la production avicole. Ces pratiques observées dans la zone de l'étude ont été également semblables à celles rapportées dans d'autres pays africains (Alamargot *et al.*, 1985; Rigaut, 1989; Buldgen *et al.*, 1992; Aklobessi *et al.*, 1992; Bamba *et al.*, 1992). La distribution régulière d'aliments (le sésame, aliment riche en protéines réservé aux poussins) et l'utilisation de nattes ou vans comme mangeoires ont été les particularités soulignées par Mopate et al (2010) dans villages du Guéra. L'usage des grands canaris renversés comme poulaillers a été observé à Maradi au Niger (Prost, 1987).

Le choix majoritaire des poulets reproducteurs dans les élevages familiaux comporte des avantages et des inconvénients. Les avantages sont l'assurance d'un matériel génétique dont aviculteurs ont pu comparer aux autres congénères de la descendance évitant une économie par rapport à la dépense qu'occasionnerait l'achat d'un reproducteur extérieur. L'inconvénient

majeur réside dans le risque de consanguinité, préjudiciable à la productivité des élevages. Les aviculteurs de la zone de l'étude choisissent les reproducteurs majoritairement sur le format 39,59 %, la couleur (31,41%) et la performance des parents 22,18%. Mopaté *et al.* (2010) ont fait les mêmes observations en combinant le poids et la taille à la fois (27,2 %), la couleur, le poids et la taille (26,9%) ; l'origine, le poids et la taille (7,9 %) ; la couleur du plumage (4,3 %). Selon ces auteurs, les éleveurs ont déclaré rechercher l'esthétique et surtout l'amélioration de la productivité de leur basse-cour.

Le nombre de pontes par an (3,42) a été proche de 3,8 rapportée par Mopaté *et al.* (2010) au Guéra et comprise entre 3 à 4 au Mali (Rigaut, 1989). Il est supérieur à l'intervalle de 2,7 à 3 observé au Burkina Faso (Bourzat et Saunders, 1989), 2,5 au Ghana (Veluw, 1987), 2,1 au Mali Central (Wilson *et al.*, 1987), 3 en Tanzanie (Katule, 1992) et 3,20 en Côte d'Ivoire (Kouadio *et al.*, 2013). En revanche, il est inférieur au chiffre de 4 rapporté au Togo (Aklobessi *et al.*, 1992), 4,5 au Soudan (Wilson, 1979) et 5 à Maradi au Niger (Prost, 1987). Par ailleurs, des travaux effectués en système intégré en Région Sud Pacifique (Asifo et Guèye, 2004) ont montré que la poule en divagation effectuée au maximum 3 cycles de reproduction par an, alors qu'en système d'exploitation intégrée, elle en produit au minimum 5 cycles.

Quant au nombre moyen d'œufs (12) par ponte, il a été dans les intervalles de 12 à 18 œufs observés au Burkina Faso (Bourzat et Saunders, 1989, 12 à 15 au Mali (Kounta, 1992), 12 à 13 en Tanzanie (Katule, 1992) et 10 à 12 œufs en RDC (Moula *et al.*, 2012).. Cette valeur moyenne est aussi dans l'intervalle de 10 à 15 œufs rapportée en Côte d'Ivoire (Bamba *et al.*, 1992). Elle est comparable à la moyenne de 11 œufs obtenue au Niger (Prost, 1987). En revanche, elle est supérieure aux observations de 8,8 œufs obtenues par Wilson *et al.* (1987), 10 œufs par Aklobessi *et al.* (1992), 10,9 œufs par Wilson (1979) et 11 œufs par Mopaté *et al.* (2010). Au Tchad, nos résultats globaux (3,42 pontes/an, 12 œufs/ponte) ont été proches de ceux obtenus (3,6 ponte/an et 11 œufs/ponte) au Guéra et au Tchad Oriental (Mopaté *et al.*, 1999). En revanche, ils ont été supérieurs à ceux (3 pontes/an, 10,5 œufs/ponte) de N'Djaména rural (Mopaté et Lony, 1998) mais inférieurs en nombre d'œufs par ponte (13,7) et par an (47) au sud du Tchad (Mopaté et Maho, 2005). Les différences de paramètres observés sont à lier avec les pratiques de conduite (logement, alimentation et soins) mises en œuvre et qui diffèrent selon les régions. Les meilleurs résultats ont été obtenus au Mayo Kebbi Ouest en saison humide où la végétation abondante protège les poussins et offre une alimentation abondante (jeunes pousses et récoltes) et des températures favorables à la couvée.

Le taux de couvaion moyenne (96%) de notre zone a été supérieur à celles de 84,5% obtenues en RDC (Moula *et al.* 2012), 86 % au sud Tchad (Mopaté et Maho, 2005), 86,6 % au Tchad Oriental (Mopaté *et al.*, 1999), 86,7 % au Mali (Kounta, 1992), 87 % au Guéra (Mopate et al. 2010) et 90 % au Darfour, Soudan (Wilson, 1979). Ce taux, relativement bon peut s'expliquer les lieux de ponte et/ou de couvaion qui sont pour la plupart des cases familiales et des dessous des greniers qui permettent une bonne protection des œufs. Les cases familiales offrent aussi une certaine sécurité contre la prédation.

L'âge d'entrée en ponte de la poule villageoise est ici de 182 jours avec un poids moyen de 1,43 kg, un âge supérieur à celui de 139 jours de la race égyptienne Mandarah (Bordas et al, 1994), de 174 jours des poules locales marocaines (Benabdeljelil et Arfaoui, 2001) et de 149 jours des poules tanzaniennes (Hartmann et al 2003). Cet âge d'entrée en ponte est proche de celui des poules locales à Brazzaville (6,13 à 6,26 mois) (Akouango et al 2004) et inférieur à l'âge de la poule locale du Bas-Congo avec 202 jours (Moula *et al.* 2012). Le taux d'éclosion de 79% enregistré lors de cette étude a été inférieur aux résultats de Moula et al. 2012 (84,5%) en RDC et se situe dans l'intervalle de 62,7 à 83,5% des résultats de Akouango *et al* (2004) au Congo. Le taux sevrage (72%) des poussins âgés en moyenne de 61,47 jours et le nombre des poussins sevrés (6,53) ont été relativement proches des observations de Mourad *et al* (1997) et Benabdeljelil et Arfaoui (2001) chez les races locales au Maroc et en Guinée, où les taux étaient supérieures à 77 %. Au Bas-Congo en RDC, les résultats de Moula et al. (2012) ont été nettement inférieurs (40%).

Conclusion

Les pratiques de production notamment l'alimentation, le logement et les soins sanitaires contribuent à des bonnes performances de reproduction de poulets indigènes. Les performances des poulets ici évaluées et les pratiques sont caractéristiques des élevages traditionnels extensifs. Une étude plus fine de quelques élevages permettrait de confirmer ces résultats, de préciser les causes de mortalité. Néanmoins, l'étude a permis d'apprécier globalement les caractéristiques de la production et la productivité des poulets locaux de cette zone. Ces résultats peuvent servir de base pour, dans un premier temps, la mise en place des innovations destinées à améliorer la productivité de ces élevages. Il s'agit, dans un premier temps, de la protection des poulets par la vaccination et les soins sanitaires, par un habitat économique et par une meilleure alimentation.

Références bibliographiques

- AKLOBESSI, K. K. 1990. Smallholder rural poultry production in Togo. In : *CTA-Seminar Proceeding, Volume 2, Smallholder Rural Poultry Production, 9 - 13 October 1990, Thessaloniki, Greece*, pp. 237-242.
- AKLOBESSI, K. K., GUITOBA, K., KENKOU, G. K. et KOUGBENYA, L. 1992. Evaluation de la méthodologie d'étude de base de la production avicole rurale en Afrique. *Rapport CRDI, Togo, Bureau régional pour l'Afrique Centrale et Occidentale, 20 p. + annexes.*
- AKOUANGO F., MOUANGOU F. and GANONGO G. 2004. Phénotypes et performances d'élevage chez des populations locales de volailles à Brazzaville. *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures*, 13 (3) : 257-262.
http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/04/75/article.md
- ALAMARGOT, J., AKLILU, M. et FOSSEHA, G. 1985. Pathologie aviaire en Ethiopie, examen de 198 nécropsies effectuées en 1983-1984 à la faculté de Médecine de Debre-Zeit. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 38(2): 130-137.
- ASIFO O. A. et GUEYE E. F. 2004. Approche à plusieurs fins pour l'aviculture familiale en zone périurbaine dans les petits pays insulaires de la région du sud Pacifique. *Bulletin RIDAF* 14 (2) : 13-22.
- BAMBA, M., KOUAKOU, D., OUATTARA, M. et CAMARA, M. 1992. L'aviculture villageoise dans le centre de la Côte d'Ivoire, contexte traditionnel et proposition d'amélioration. *Actes du 7ème Conférence internationale des Institutions de Médecine Vétérinaire Tropicale, Volume I* : 275-279.
- BASTIANELLI, D. 2002. Mémento de l'agronome, 1487-1527.
- BELL, J. G. and ABDU, I. 1995. Dynamics of village poultry production in the Keita region of Niger. *Nigerian Journal of Animal Production* 8 : 19-20.
- BENABDELJELIL, K. and ARFAOUI, T. 2001. Characterisation of *Beldi* chicken and turkeys in rural poultry flock of Morocco. Current statement and future outlook. *Animal Genetic Resource Information*, 31: 87-95.
- BORDAS, A., ABDE-EL-GAWAD, E. M. and MERAT P. 1994. Performances de production d'œufs et efficacité alimentaire de poules de race égyptienne Mandarah à deux températures. *Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux* 47: 411-413.

- BOUCHARDEAU, A. et CALET, C. 1970. Vers une politique de qualité pour les volailles. *Revue de l'Elevage bétail et basse-cour* 475 : 23-34.
- BOURZAT, D., SAUNDERS, J. M. 1989. Improvement of traditional methods of poultry production in Burkina Faso. *Rural poultry production in hot climates, Hameln, Germany.*
- BRUNET, X., MARCHAND, J. N., COLMET, D. et SAUNDERS, M. 1984. Opération de suivi et contrôle d'élevages avicoles témoins dans 4 villages de la zone d'intervention du projet (Octobre 80 Octobre 82) Burkina-Faso. *Notes de synthèse n° 4 Etude de la structure des élevages.* 7 p.
- BULDGEN, A., DETIMMERMAN, F., SALL, B. et COMPESE, R. 1992. Etude des paramètres démographiques et zootechniques de la poule locale du bassin arachidier Sénégalais. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 45 (3-4): 341-347.
- DAHOUDA, M., TOLEBA, S. S., YOUSSEAO, A. K. I., BANI KOGUI S., YACOUBOU ABOUBAKARI S. et HORNICK J. L. 2007. Contraintes à l'élevage des pintades et composition des cheptels dans les élevages traditionnels du Borgou au Bénin. *Family Poultry Communications* 17(1&2): 3-14
- FAO (Food and Agriculture Organization) 1998. Programme mondial de gestion des ressources génétiques d'élevage. Conservation de la diversité des animaux domestiques : Initiative pour la diversité des animaux domestiques. Rome, 20 p.
- FASINA, F .O., WAI, M. D., MOHAMMED, S .N. et ONYEKONWU, O. N. 2007. Contribution de l'aviculture aux revenus des ménages : cas de la municipalité de Jos South (Nigeria). *Aviculture familiale* 17(1-2): 30-34.
- GRUNDLER, G., SCHMIDT, M. et DJABAKOU K. 1988. Sérologie de la maladie de Newcastle et des salmonelloses (*S. gallinarum pullorum*) chez les volailles des petits exploitants paysans au Togo. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 41(4): 327-328.
- GUÈYE, E. F. et BESSEI, W. 1995. La poule Sénégalaise dans le contexte village et les possibilités d'amélioration de ces performances. *Proceedings of ANRPD Workshop and general Meeting*, 13-19 June 1995, Addis Ababa, Ethiopia, pp. 112-123.

- Hartmann C, Johansson K, Strandberg E and Rydhmer L 2003 Genetic correlation between the maternal effect on chick weight and the direct genetic effects on egg composition traits in White Leghorn line. *Poultry Science* 82 :1-8. <http://ps.fass.org/content/82/1/1.full.pdf>
- KASSAMBARA, I. 1989. La production avicole au Mali: problèmes et perspectives. *In: Proceedings of an International Workshop on Rural Poultry Development in Africa (Sonaiya, E.B., Ed.), 13-16 November 1989, Ile-Ife, Nigeria* pp. 140-150.
- KATULE, A. M. 1992. Study on the potential value of chickens native to Tanzania. *ANRPD Newsletter* 2: 4.
- KOUADIO, K. E., KREMAN, K., KOUADJA, G. S., KOUAO, B. J., FANTODJI A. 2013. Influence du système d'élevage sur la reproduction de la poule locale *Gallus domesticus* en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 72:5830– 5837
- KOUNTA, A .O. S. 1992. La réalité de l'aviculture villageoise au Mali. *In : Les Actes du 7ème Conférence internationale des Institutions de Médecine Vétérinaire Tropical, 1:287-294.*
- MAGRIN, G. 2000. Le sud du Tchad en mutation. Des champs de coton aux sirènes de l'or noir. Thèse, Université de Paris I/Panthéon-Sorbonne, Tome I et II, France.
- MOPATE, L. Y., IMADINE, M. et BECHIR, M. 1994. Typologie fonctionnelle des élevages bovins, ovins-caprins et volailles du Nord-Guéra. *Rapport technique, Laboratoire de Farcha, N'Djaména (Tchad). 30 p.*
- MOPATE, L.Y. et LONY, M. 1998. Enquête sur les élevages familiaux de poulets dans la zone de N'Djaména rural, Tchad. *Bulletin du Réseau International pour le Développement de l'Aviculture Familiale (RIDAF), FAO, Rome, 8(4): 3-8.*
- MOPATE, L.Y., DJIMTOLOUM, N. et ZEUH, V. 2010. Elevage familial des poulets au Centre-Est du Tchad : pratiques d'élevage et performances zootechniques. *Family Poultry Communications* 19 (2): 32-44
- MOPATE, L. Y., ZEUH, V. et MAHO, A. 1999. Structure et performances zootechniques des élevages familiaux de poulets (*Gallus domesticus*) dans la zone du Tchad oriental. *Actes des IIIèmes Journées Agro-Sylvo-Pastorales (JASP) du 29 /11/ au 3 /12 /1999 à N'Djaména (Tchad). Colas (éd.), pp. 85-90.*

- MOPATE, L.Y. and IDRISSE, O.A. 2002. Etat de l'aviculture familiale au Tchad et perspectives de son développement. *Etudes et Recherches Sahéliennes*, Institut du Sahel, Bamako, Mali, Vol. 6-7: 7-15.
- MOPATE, L.Y. et MAHO, A.(2005. Caractéristiques et productivité des élevages familiaux de poulets villageois au Sud du Tchad. *Revue Africaine de Santé et de Production Animales (RASPA)* 3(1): 41-46.
- MOPATE, L. Y. 2010. Revue du secteur avicole au Tchad. Projet grippe aviaire (OSRO/CHD/602/EC), Financement Union Européenne, 72 p. *Disponible sur le site :* www.fao-ectad-bamako.org/fr/IMG/pdf/Chad_FR_.pdf
- MOULA, N., DETIFFE, N., FARNIR, F., ANTOINE-MOUSSIAUX, N. et LEROY, P. 2012. Aviculture familiale au Bas-Congo, République Démocratique du Congo (RDC). *Livestock Research for Rural Development. Volume 24, Article #74*. Retrieved August 29, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd24/5/moul24074.htm>
- MOURAD, M., BAH, A. S., and GBANAMOU 1997. Evaluation de la productivité et de la mortalité de la poule locale sur le plateau du Sankaran, Faranah, Guinée en 1993-1994. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux*. http://remvt.cirad.fr/cd/EMVT97_4.PDF
- MUSHARAF, N. A. 1989. Poultry production in Sudan. *In: Proceedings of an International Workshop on Rural Poultry Development in Africa (Sonaiya, E.B., Ed.)*, 13-16 November 1989, Ile-Ife, Nigeria pp. 160-165.
- NGOU NGOUPAYOU, J. D. 1990. Country report on smallholder rural poultry production in Cameroon. *In : CTA-Seminar Proceeding, Volume 2, Smallholder Rural Poultry Production, 9-13 October 1990, Thessaloniki, Greece*, pp. 39-47.
- PROST, L. 1987. L'aviculture villageoise en zone sahélienne : Etude sur la Région de Maradi -NIGER-, *Rapport Technique Vétérinaires Sans Frontière (VSF)*. 29 p. +annexes.
- RADAR, (1994) *Bulletin du Réseau Africain de Développement de l'Aviculture Rurale* 4 (1)
- RAVELOSON, C. 1990. Situation et contraintes de l'aviculture villageoise à Madagascar. *In : CTA-Seminar Proceeding, Volume 2, Smallholder Rural Poultry Production, 9 - 13 October 1990, Thessaloniki, Greece*, pp. 135-138.

- RIGAUT, M. 1989. Une expérience d'intensification de l'aviculture villageoise en région de Ségou, République du Mali. *Thèse de Doctorat Vétérinaire (ALFORT), Paris (France)*, 361 p.
- SHAMAR, K. 2007. Rôle et pertinence de l'aviculture familiale rurale dans les pays en voie de développement : cas particulier de l'Inde. *Aviculture familiale* 17 (1-2): 34-41.
- SPSS 2009. Statistical Package for Social Sciences. SPSS Incorporated, Illinois, USA
- SONAIYA, E. B. 1990. The context and prospects for development of smallholder rural poultry production Africa. In : *CTA Seminar Proceeding, Volume / Tome 1, Smallholder Rural Poultry Production, 9 - 13 October 1990, Thessaloniki, Greece*, pp. 35-52.
- VELUW, K. van 1987. Traditional poultry keeping in Northern Ghana. *ILEIA Newsletter* 3: 12-13.
- WILSON, R. T., TRAORE, A., KUIT, H. G. and SLINGERLAND, M. 1987. Livestock production in Central Mali: reproduction, growth and mortality of domestic fowl under traditional management. *Tropical Animal health and production* 19: 229-236.
- WILSON R. T. 1979. Study on the livestock of Southern Darfur Sudan. VII. Production of poultry under simulated traditional conditions. *Tropical Animal health and production* 11: 143-150
- ZAMAN, M. A., SARENSEN, P., HOWLIDER, M. A. R. 2004: Egg production performances of a breed and three breeds under semi-scavenging system of management. *Livestock Research for Rural Development*.16, Art.#60. Retrieved July 31, 2006, from <http://w.w.w.cipav.org.co/Irrd16/8/zama16060.htm>

DISCUSSION GENERALE

Discussion générale

1. Limite des méthodes utilisées

1.1. Caractérisation et diversité génétique

Les limites de ces méthodes de cette étude portent essentiellement sur deux aspects :

- Pour les paramètres des caractéristiques morpho-biométriques, la non-prise en compte de l'envergure des ailes conformément aux recommandations de la FAO (FAO, 2012). Cette référence a été établie en 2012 au moment où notre protocole était déjà opérationnel sur le terrain.
- Actuellement les études de génétique moléculaire pour illustrer et comprendre la diversité génétique et l'origine des poulets indigènes sont regroupées en deux ensembles distincts selon les marqueurs génétiques d'intérêt: les marqueurs microsatellites autosomiques et l'ADN mitochondrial. Nous avons opté pour la deuxième méthode en fonction des ressources financières disponibles. Pour ces analyses de l'ADN mitochondrial, il n'y a malheureusement pas de nomenclature normalisée pour les haplogroupes identifiés dans les études africaines. Jusqu'à présent, la plus grande étude est l'un par Mwacharo *et al.* (2011). Il comprend des séquences de l'ADN mitochondrial de 512 poulets domestiques à partir de quatre pays d'Afrique orientale (Kenya, Ethiopie, Soudan et Ouganda). Par souci de comparaison, nous avons donc adopté la nomenclature des Mwacharo *et al.* (2011), avec son équivalence dans d'autres études africaines ainsi que dans l'étude eurasiennne de référence à grande échelle de Liu *et al.* (2006).

Pour cela, il faudra certainement entreprendre des études sur la diversité génétique des poulets indigènes tchadiens pour comparer les résultats en Tanzanie, Nigeria et Cameroun (Wimmers *et al.*, 2000); Kenya et Afrique de l'Est (Soudan, Ethiopie, Ouganda) (Mwacharo *et al.*, 2007); Zimbabwe, Malawi et Soudan (Muchadeyi *et al.*, 2007); Ethiopie (Dessie ; 2007; Hassan *et al.*, 2009; Dana, 2011; Goraga *et al.*, 2011); Afrique du Sud (Mtileni *et al.*, 2010); Bénin (Youssao *et al.*, 2010); Ghana (Osei-Amponsah *et al.*, 2010); Egypte (Eltanany *et al.*, 2011) et en Bénin, Côte d'Ivoire, Ghana, Maroc et Cameroun (Leroy *et al.* 2012).

1.2. Méfiance et frustration des enquêtés

Les enquêtes de terrain dans trois zones écologiques du Tchad nous ont permis d'avoir une description des paramètres de productivité et des mesures phénotypiques et nous ont aussi renseignés sur les traditions et les coutumes pratiquées. Ainsi, pour la méthode d'enquête

menée sur le suivi de productivité, il a été difficile à certains aviculteurs de se souvenir avec exactitude les événements survenus dans leur élevage. Les questions sur les causes des sorties et la destination des fonds de vente ont été, pour certains d'entre eux, du domaine de secret. Aussi, la plupart des aviculteurs a sollicité des soins des animaux malades ou des produits. Il était pour eux inconcevable que les agents sensés s'occuper de la santé animale évaluent les désastres sans apporter des solutions

1.3 Erreurs invisibles des paramètres de productivité

Certains paramètres de reproduction comme le nombre des œufs pondus, couvés, des poussins éclos et sevrés sont influencés par le comportement des poules et les facteurs prédateurs par l'environnement du milieu réel. La constitution du troupeau expérimental à partir des races pourra permettre d'évaluer les potentialités réelles de la poule indigène.

2. Les principaux résultats

2.1. Caractérisation morpho-biométrique des poulets indigènes au Tchad

Ce sont au total 803 poules locales dont 521 femelles et 282 mâles qui ont fait l'objet d'une étude morpho-biométrique et répartis sur trois régions. Le poids moyen des animaux adultes ($1,35 \pm 0,39$ kg) observé dans les trois zones d'étude a été proche des résultats d'Akouango et al (2010) au Congo (1,46 kg), Moula (2009) en Algérie ($1,46 \pm 0,42$ kg), Keambou *et al* (2007) et Fotsa (2008) à l'ouest et au sud-est du Cameroun ($1,40$ à $1,45 \pm 0,34$ kg) et de Yapi-Gnaoré *et al* (2010) dans la savane de Côte d'Ivoire ($1,40 \pm 0,3$ kg). Dans d'autres régions similaires et en Ethiopie, les moyennes varient entre 1,1 et 1,35 kg (Vivian 2011 ; Apuno *et al.*, 2011 ; Missohou *et al.* 1998 et Lemlem et Tesfay 2010). Les résultats observés dans d'autres zones écologiques différentes ont été supérieurs à celui de notre étude : Francesch *et al.* (2011) en Espagne, Faruque *et al.* (2010) au Bangladesh, Guni *et al.* (2013) en Tanzanie et Ngou Ngoupayou (1990) au Cameroun. A l'intérieur de la zone d'étude, le poids a varié suivant les conditions climatiques. Dans les deux régions entourant le Lac Tchad à humidité forte et constante, les poulets ont été significativement plus lourds ($1,61 \pm 0,38$ kg). En revanche au centre du pays à paysage typiquement sahélien et montagneux, la moyenne a été plus basse ($1,11 \pm 0,33$ kg). Au Mayo-Kebbi Ouest en zone soudanienne, la moyenne du poids a été intermédiaire ($1,35 \pm 0,32$ kg). Les observations faites au Sahel sénégalais et nigérian (Missohou *et al.*, 1998 ; Vivian *et al.*, 2011) et celles des régions de montagne d'Ethiopie et du Nigeria (Lemlem et Tesfay, 2010 ; Apuno *et al.*, 2011) font apparaître les mêmes tendances. Le rapport du dimorphisme de 10,8% pour le poids obtenu lors de cette étude est

inférieur aux valeurs estimées de 15 à 30,2 par Fotsa (2008) chez les poules locales au Cameroun.

Le périmètre thoracique moyen des poulets locaux du Tchad a été de $33,1 \pm 5,43$ cm. Ce résultat a été intermédiaire entre ceux rapportés en Tanzanie (24,3 à 26,6 cm) par Guni *et al.* (2013) et au Nigeria (26,6 cm) par Apuno *et al.* (2011). Il a été inférieur aux résultats de Moula *et al.* (2009) en Algérie (38,6 cm) et de Keambou *et al.* (2007) dans les hautes terres du Cameroun (39,1 cm). Ces études ont noté une différence de valeur de ce périmètre thoracique entre le sexe de poulets (le dimorphisme sexuel est très accusé). Sur les trois régions étudiées, le Guéra et le Mayo-Kebbi Ouest n'ont pas présenté de différence significative. En revanche, la valeur la plus élevée a été obtenue au Lac-Tchad ($39,2 \pm 2,45$ cm).

La longueur de la cuisse et du tarse constitue le support du corps de la volaille et reflète le format de l'animal. De même; les doigts servent d'outil d'équilibre. La longueur moyenne de cuisse a été de $13,7 \pm 0,25$ cm. Cette valeur est supérieure aux résultats de Guni *et al.* (2013) en Tanzanie ($6,19 \pm 0,03$ chez les femelles et $7,96 \pm 0,05$ cm chez les mâles), d'Apuno *et al.* (2011) au Nigeria ($7,43 \pm 0,35$ à $8,93 \pm 0,07$ cm), de Keambou *et al.* (2007) au Cameroun ($6,36 \pm 0,61$ cm chez les poules et $7,80 \pm 0,71$ cm chez les coqs), de Fotsa et Poné (2001) au Cameroun (9,2 cm chez les coqs et de 7,6 cm chez les poules) et de Missohou *et al.* (1998) chez la poule locale au Sénégal. En revanche, ces moyennes ont été inférieures aux observations de Msoffe *et al.* (2001) obtenues chez les poules locales de Tanzanie.

La différence entre les valeurs différents paramètres relevées sur des poulets locaux de nombreux auteurs semblent être liés à certains facteurs tels que : l'âge, la variabilité génétique de poulets locaux (sélection naturelle), les pratiques d'élevage (alimentation, gestion quotidienne) et l'effet probable de interaction entre ces différents facteurs (Fotsa et Poné 2001 ; Sarkar et Bell 2006). L'âge minimum considéré dans cette étude a été de six mois. Ige (2013) a montré qu'il existe une corrélation positive entre l'âge et les mensurations corporelles des poules jusqu'à dix semaines. Au-delà de douze semaines, il n'existe pas de progrès génétique en croissance. Les volailles rurales (indigènes) actuelles sont obtenues à partir de la sélection naturelle au sein du troupeau (depuis de siècles) ou parfois de croisements avec des races exotiques. C'est ce qui rend difficile la standardisation des caractéristiques et des performances productives des poules et poulets indigènes. Le dimorphisme sexuel en faveur du mâle a été constaté pour tous les paramètres étudiés (7,74% pour le périmètre thoracique et 19,5% pour le poids) est en accord avec les résultats de Guèye *et al.* (1998), Fotsa et Poné (2001), Missohou *et al.* (1998) et Msoffe *et al.* (2002). Le polymorphisme le plus marqué pour le poids de 19,5% est en deçà de 38,5% obtenu par Yapi-

Gnaoré *et al.* (2010) en Côte d'Ivoire mais reste dans l'intervalle de 15,0 à 30,2% obtenu au Cameroun (Fotsa, 2008).

2.2. Etude des caractères phénotypiques

L'étude a porté sur 925 poulets issus de 362 ménages et repartis sur 60 villages dans les trois sites. Le résultat de l'étude sur le phénotype des poulets locaux du Tchad, a révélé que la proportion des plumages multicolore a été plus élevée (73,7%) que les plumages à couleur unique avec 16,0% de fauve, 13,4% (noir/gris), 12,4% (argenté). Les couleurs du plumage restantes sont pour la plupart illisibles (25,0%). Les individus monochromes ont représenté 26,3% de l'ensemble l'échantillon des trois zones étudiées. Le caractère noir/gris a été dominant avec 49,5% à Hadjer-Lamis/Lac, 53,0% au mayo-Kebbi-Ouest (MKO) et 80,0% du blanc au Guéra. Les proportions des couleurs dominantes du plumage, établies sur une échelle de quatre couleurs (Blanc – jaune – noir/gris – rouge) donnent des proportions équilibrées. Cependant, on note une prédominance du noir/gris au Hadjer-Lamis/Lac (34,2%), du noir/gris (32,6%) et du rouge (30,4%) au MKO et du blanc (36,4%) au Guéra. Ces résultats sont en accord avec ceux de Msoffe *et al.* (2001) chez les écotypes de poulets locaux en Tanzanie, Ssewanyana *et al.* (2008) en Ouganda, Duguma (2006) en l'Ethiopie qui ont rapporté des plumages variées chez les poulets locaux. La diversité de coloration du plumage de la population de poulets locaux révèle la mauvaise conduite de l'élevage (élevage traditionnelle mais surtout avec absence des accouplements raisonnés). La proportion élevée, des plumages noir ou gris et multicolore serait liée à une stratégie naturelle d'adaptation de camouflage dans les conditions de prédation. Ceci a été également témoigné par les préférences des producteurs ou des consommateurs dans la zone d'étude pour ces plumages (noir et multicolore). Les préférences des producteurs et des consommateurs en matière de coloration de plumage varient en fonction d'études et de pays. Assegie (2009) qui a rapporté que ce sont plutôt les plumages blanc et rouge qui sont les plus préférées et prédominantes en Ethiopie. La diversité de coloration de plumage des populations de poules locales du Tchad indique l'existence probable d'une grande variabilité génétique. Ces couleurs sont certainement dues à la présence des gènes à effets majeurs et à des interactions entre plusieurs d'entre eux. Les multiples croisements non contrôlés depuis plusieurs décennies, entre animaux ayant différents coloris de plumage ont donné lieu aux combinaisons probables. La diversité plumage en des proportions variables dans cette étude laisse présager les différentes souches des poulets locaux du Tchad sont adaptées à leur environnement.

2.2.1. Coloration de certains traits visibles

Plus de moitié des poulets étudiés avait un bec noir ou gris avec 57,4% au Guéra et 52,2% au Mayo-Kebbi Ouest (MKO). Néanmoins 50,0% des poulets avait des becs blanchâtres au Hadjer-Lamis/Lac. Les autres couleurs, rouge et jaune, sont peu représentées avec une distinction au MKO où le taux du jaune a été de 10,9%. La couleur orange des yeux semble être la plus fréquente (73,7%), suivie du rouge (12,9%) et jaune (7,3%). L'apparition de poulets aux yeux orange était plus élevée dans la région de Hadjer-Lamis/Lac (75,4 %) que dans les autres régions avec 68,2% au Guéra et 65,2% au MKO. L'apparition de l'orange des yeux serait liée à l'absence de pigment de couleur dans les yeux ou due à l'accumulation du sang circulant dans les vaisseaux sanguins de l'œil. Dans une large mesure, la couleur des yeux dépend de la pigmentation (pigments caroténoïdes) d'un certain nombre de structures à l'intérieur de l'œil (Crawford, 1990). La dominance de la coloration orange dans les populations locales des poulets a été rapportée en Ouganda (Ssewanyana et al., 2008) et au Cambodge (FAO 2009). En revanche, des résultats contrastés ont été signalés en l'Ethiopie (Duguma, 2006) indiquant que tous les poulets avaient des yeux noirs. La multiplicité des couleurs des organes témoigne de la variabilité des ressources génétiques de poules locales dans les trois zones. Ainsi, Missohou et al. (1998) ont rapporté que les couleurs de la peau les plus rencontrées sont le blanc, le jaune et le rose. Il en est de même des pattes qui peuvent aussi être noires ou bleues acier. La forte présence de la coloration jaune des pattes et de la peau s'explique par le degré de pénétration des gènes exotiques dans la population de poules locales. Selon Cabarles *et al.* (2012); Ssewanyana *et al.* (2008), Daiwo *et al.* (2011) et Guni et Katule (2013), le caractère : pattes jaunes, prédomine. Tandis que, Egahi *et al.* (2010) et El - Safty (2012) rapportent la dominance de la couleur noire des pattes. Il en est de même pour Msoffe *et al.* (2001) qui ont rapporté des différences de couleur des pattes des poulets entre les écotypes.

Les différentes de couleur observées sur des organes des poulets locaux du Tchad témoigneraient une probabilité de combinaison de gènes responsables de la détermination de la de pigment du plumage. Petrus (2011) a relevé que la production de caroténoïde dermique et épidermique est contrôlée par les gènes $W +$ et w ; Id et $id +$ et E et $E +$ qui favorisent l'apparition consécutive de différentes nuances de couleur de pattes.

2.2.2. Couleur de l'œuf

L'étude de coloration des œufs a révélé deux couleurs dans cette étude. Il s'agit du blanc et roux. Les œufs blancs ont dominés avec 97,9% contre 2,1% des œufs roux. Toutefois, ces proportions varient en fonction des zones d'étude. Ainsi, dans la Région du Hadjer-Lamis/Lac a eu 20% des œufs roux alors qu'au Guéra 1,5% seulement des œufs ont été blancs et le reste à coquille blanche (98,5%). La totalité des œufs observés dans la zone soudanienne (MKO) avait la couleur blanche. Nonga *et al.* (2010) ont signalé la présence de seulement deux types de couleur de coquille (blanc et brun). Par contre, les études d'Assegie (2009) en l'Ethiopie et de Guni et Katule (2013) en Tanzanie ont rapporté plusieurs types de couleur d'œuf chez les poulets locaux. Cavero *et al.* (2012) ont rapporté que c'est le pigment produit dans l'utérus au moment de la formation de la coquille d'œuf qui est le responsable de la couleur de la coquille. La couleur de la coquille elle-même n'est pas une indication de la qualité de l'œuf ou de sa valeur nutritive. Cependant, elle est susceptible de jouer un rôle majeur dans le marketing car la couleur des œufs constitue un critère de préférence pour certains consommateurs.

2.2.3. Variation phénotypique de certains traits visibles

La crête et le barbillon participent à l'adaptation des poulets à la chaleur. Différents types de crête (simple, double, rosacé et bourrelet) ont été observés dans les deux régions du Sahel contre un type majoritaire dans la zone soudanienne (90% de crête simple). Des différences ont été observées entre les sexes. Le type simple était prédominant dans toutes les trois régions et les sexes. Les autres types de peigne (rosacé, bourrelet et crête double) sont apparues en faibles proportions et plus fréquentes au Sahel que dans la zone plus humide. Comme dans la majorité des études menées sous les tropiques (Missohou *et al.*, 1998 ; Juarez *et al.*, 2000 ; Fotsa et Poné, 2001), la crête simple a été révélée la plus fréquente dans les trois régions, suivie des formes rosacées et double chez les mâles. Tandis que chez les femelles c'est la crête simple qui a été plus élevée suivie rosacée. On remarque que ces dernières formes sont plus représentées dans notre zone d'étude qu'en comparaison avec les résultats de Fotsa et Poné (2001) dans la Province du Nord-Ouest du Cameroun. Msoffe *et al.* (2001) ont noté la variation des types des crêtes suivants les écotypes de poulets en fonction du milieu. D'autres études (Cabarles *et al.*, 2012 ; Egahi *et al.* ; 2010 ; El-Safty 2012 ; Apuno *et al.*, 2011) ont relevés la prédominance de crêtes simples dans les populations de poulets locaux. En dehors des sa fonction thermorégulateur pour la déperdition de la chaleur (Van Kampen, 1974 ; Msoffe *et al.*, 2001), les crêtes simples (majoritairement sous les tropiques)

favoriseraient la prise du poids corporel et la ponte des œufs (Ikeobi, 2000). La diversité de crêtes observées dans cette étude et en accord avec les études antérieures et des différentes localités (pays) est susceptible d'être le résultat des interactions entre les différents gènes impliqués dans l'expression de la crête. Crowford (1990) a soutenu que l'hérédité de type crête chez les poulets est attribuée à deux paires de gène autosomique RR pour le type de 'rosacé' (bourrelet) et PP pour le type de 'petit pois'. Sur la base des critères subjectifs de classification adoptée de la taille de barbillon, il a été observé qu'il y avait des différences entre les régions et les sexes. En général, les poulets avec de barbillons courts étaient les plus fréquents (85,0% chez les mâles) suivis par ceux avec mi-long. Tandis que les poulets avec de barbillons longs étaient moins fréquemment observés dans chaque région. L'absence ou l'illisibilité des barbillons a été élevée chez les femelles (93,2%) que les mâles (6,8). Cette situation n'a pas été observée au Guéra.

Des résultats similaires ont été signalés au Nigeria (Ige *et al.*, 2012). La prédominance de crêtes simples et de petits barbillons chez les femelles indique que la taille des appendices de la tête serait sous contrôle des hormones de reproduction. Le dimorphisme sexuel est plus prononcé à l'égard de ces traits car tous les poulets mâles ont des plus grands barbillons que chez les femelles

2.2.4. Caractères relatifs à la structure du plumage et appendices non emplumés

L'étude a montré que 98,9% des poulets avaient de plumage lisse. Le type frisé n'a pas été observé au Guéra et les proportions dans les deux autres sites ont été faibles (1% au Hadjer-Lamis/Lac et 2,2% au MKO). Les phénotypes 'cou nu' et 'tarses emplumées', deux mutations par rapport à l'état sauvage, n'ont pas été rencontrés au MKO et au Guéra. Les proportions au Hadjer-Lamis/Lac sont de 0,3% et 0,7% pour respectivement le cou nu et tarses emplumées. Par contre, les individus huppés ont été présents dans les trois sites (22,6%) les proportions ont variées suivant les sites. Une proportion relativement élevée de poulets huppés ont été rencontrés au Hadjer-Lamis/Lac (19%) que dans les deux autres sites au MKO (10,9%) et au Guéra (15%). Aucune différence entre les sexes n'a été observée. La distribution du plumage rencontrée dans les populations étudiées est probablement le fait de l'interaction génotype et environnement (Santoni *et al.*, 2000 ; Bahy *et al.*, 2003). Ainsi, l'absence d'emplument largement représenté serait la conséquence de la relative homogénéité des conditions géo-climatiques dans les zones étudiées contrairement aux études menées dans des pays à grande diversité géographique (Ji *et al.*, 2005). Certains gènes majeurs jouant sur l'emplument, le type de plumage comme pour la taille de crête améliorent l'adaptation à la chaleur. Ainsi, les mutations NA 'cou nu' et F 'frisé' ont, à l'état homozygote, des effets importants sur

l'adaptation à la chaleur, en améliorant notamment l'efficacité des performances (Mérat, 1986 ; Haaren-Kiso *et al.*, 1988). Pour Somes (1990), la présence ces mutations et d'autres peuvent orienter le choix préférentiel des éleveurs en l'absence de valeur adaptative démontrée. C'est le cas des phénotypes 'tarse emplumé' et 'huppé' pour lesquels, aucun effet majeur n'a été décrit sur le plan zootechnique mais qui constituent des éléments de différenciation des animaux.

L'étude de la relation entre les traits qualitatifs revêt une importance capitale car des traits tels que la couleur de la peau, la couleur du plumage, le type de crête, le cou nu et d'autres sont en mesure d'influencer aussi bien la préférence des consommateurs que le prix de marché. En fonction de l'héritabilité de ces traits, selon Duguma (2006), les généticiens ont la possibilité d'orienter leur sélection et production des poulets vers exigence du marché (exigences des consommateurs).

2.3. Diversité et origine des poulets locaux

L'étude de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial (D-loop) portant sur les 397 premières paires de base (pb), y compris la région hypervariable (HV1) des poulets locaux du Tchad a été réalisée en collaboration avec l'Université de Nottingham, Royaume-Uni et a mis en évidence 20 haplotypes polymorphes (CHD1 à CHD20) sur les 25 sites. L'haplotype CHD1 a été le plus fréquemment observé dans les trois zones écologiques. Les régions de Hadjer-Lamis et du Lac Tchad ont disposé la proportion la plus élevée avec 80%, tandis qu'au Guera la fréquence de l'haplotype CHD2 a été de 74,9%. Cette variation des haplotypes en suivant les régions serait en lien avec une diversité croissante de la répartition du poulet local du Tchad dans cette zone du Sahel. Les 20 haplotypes observés appartiennent à un seul haplogroupe, l'haplogroupe D. Sur le continent africain, deux haplogroupes principaux, A et D ont été précédemment rapportés (Razafindraibe *et al.*, 2008; Muchadeyi *et al.*, 2008; Mwacharo *et al.*, 2011; Mtileni *et al.*, 2011). Le haplogroupe D se rencontre dans presque tous les pays d'Afrique à l'exception de Madagascar, de Zimbabwe et de l'Est du Kenya. Comme au Tchad, le haplogroupe D est le seul haplogroupe trouvé au Nigeria (Adebambo *et al.*, 2010) et a une fréquence élevée au Soudan et Soudan du Sud (Wani *et al.*, 2014) mettant en évidence, l'origine commun des poulets de l'Afrique occidentale et centrale. L'haplogroupe A est absent au Tchad, tout comme en l'Ouganda, au Soudan, au Nigeria et en Éthiopie mais présente une fréquence plus élevée au Madagascar, au Malawi, au Zimbabwe et à l'Est du Kenya. L'absence de l'haplogroupe A au Tchad indique que l'introduction probable du poulet le long de la côte de l'Afrique de l'Est n'a pas contribué, du côté maternel, à la

constitution du pool génétique actuel du poulet indigène d'aujourd'hui au Tchad. Aucun des haplogroupes rares signalés précédemment, sur le continent africain (Mwacharo *et al.*, 2013) n'a été trouvé au Tchad. Le sous-continent indien a été retenu comme étant le centre initial d'origine pour l'haplogroupe D rencontré en Afrique (Muchadeyi *et al.*, 2008; Mtileni *et al.*, 2011; Mwacharo *et al.*, 2011). L'origine éventuelle du sous-continent indien de quelques poulets africains, soutenue par beaucoup d'études (FAO 2009; Dana *et al.*, 2010; Youssao *et al.*, 2010; Daikwo *et al.*, 2011; Melesse et Negesse, 2011; El-Safty, 2012; Khadidja *et al.*, 2014), expliquerait le phénotype peau jaune, couramment observé chez les poulets locaux africains. Ce phénotype a été récemment démontré au niveau moléculaire pour être une incorporation réussie de gènes du coq sauvage gris, *Gallus sonneratii*, une espèce qui reste à être domestiquée pour en faire un poulet domestique (Eriksson *et al.*, 2008). Le phénotype jaune de la peau est également observé en Libye (El-Safty, 2012) et en Egypte où l'haplogroupe D a été présent dans les populations des poulets indigènes (Elkhaiat *et al.*, 2014). Comme on pouvait s'y attendre, l'haplogroupe D observé chez les populations de poulets locaux au Tchad suggère que le poulet domestique du Tchad proviendrait d'une source unique celle du sous-continent indien. Nous supposons que l'ancêtre maternel du poulet tchadien serait entré dans le pays soit suite au commerce transsaharien à partir de l'Egypte ou du Soudan plutôt que par la migration le long de la ceinture sahélienne à partir de l'Afrique de l'Est.

2.4. Socio-économie de l'élevage dans trois zones écologiques au Tchad: Pratiques traditionnelles et productivité des poulets indigènes

L'étude a porté sur 75 familles au Mayo-Kébbi Ouest, 71 au Guéra et 75 au Hadjer-Lamis/Lac. Les élevages constitués uniquement des poulets représentent 18,23% du total, ceux associant d'autres volailles 18,75% et le reste des élevages associe les autres espèces animales (bovins, caprins, ovins et équidés).

L'effectif moyen de 25,44 poulets par ménage observé a été plus élevé que les 21 têtes rapportés au Togo (Aklobessi, 1990), 12 au Niger (Bell et Abdou, 1995), 10,3 au Cameroun (Ngou Ngoupayou, 1990), 5 à 15 au Sénégal (Buldgen *et al.*, 1992) et 5 à 20 têtes (Radar, 1994) pour l'Afrique en général. Il a été aussi dans l'intervalle de 20 à 30 têtes observé au Mali (Kounta, 1992), 20 à 50 têtes à Madagascar (Raveloson, 1990) et 26,6 têtes au Guéra, Tchad (Mopate *et al.*, 2010). A l'intérieur des régions, les effectifs varient de 20, 48 au Hadjer-Lamis Lac à 28,92 au Mayo-Kebbi Ouest et sont à lier avec l'importance socio-économique et aux facteurs environnementaux des trois zones. L'insécurité alimentaire

récurrente au Sahel et la crise de la culture du coton (baisse consécutive des prix et introduction des technique de production) dans la zone méridional poussent les agro-éleveurs à la diversification des activités agricoles ; d'où la pratique de l'aviculture familiale (Mopaté *et al.*, 1994 ; Magrin, 2000). Cette situation pourrait expliquer le nombre élevé de poulets par ménage. La proportion de coqs aux adultes (23,21%) est plus élevée que celle rapportée au Tchad : 14,5 % à N'Djaména rural (Mopaté et Lony, 1998), 17 % au Tchad Oriental (Mopaté *et al.*, 1999) et 19 % au sud Tchad (Mopaté et Maho, 2005) contre 9,5 % en milieu vacciné au Burkina Faso (Brunet *et al.*, 1984). La proportion de poules est inférieure aux résultats (89,5 %) de Brunet *et al.* (1984). La proportion élevée de coqs observée pourrait s'explique par un taux élevé des sujets de moins de 5 mois (poussins et jeunes) qui représentent 78,11% de l'effectif moyen.

Le système d'élevage de la zone de l'étude est caractérisé par la divagation des poulets, l'absence de poulailler et de la distribution d'aliments et de pratiques des soins non-adéquates. Les mêmes observations ont été rapportées au Mali (Kassambara, 1989), au Soudan (Musharaf, 1989) et au Sénégal (Guèye et Bessei, 1995). Le niveau de vie villageois et la contribution de cette production au revenu des ménages seraient à l'origine de la moindre attention accordée à la conduite des élevages. Au Mali, Rigaut (1989) note qu'un élevage en liberté avec une claustration pendant la nuit, une distribution d'aliments au moins deux fois dans la journée, l'usage d'enceintes fermées comme poulaillers pendant toute l'année et les soins appropriés constituent une méthode simple d'améliorer l'élevage des volailles. Aussi, Dahouda *et al.* (2007) ont montré qu'il est possible d'incorporer des quantités significatives de graines de mucuna bouillies ou torréfiées dans l'alimentation des pintades adultes pour améliorer les pratiques et partant augmenter la production avicole. Ces pratiques observées dans la zone de l'étude ont été également semblables à celles rapportées dans d'autres pays africains (Alamargot *et al.*, 1985; Rigaut, 1989; Buldgen *et al.*, 1992; Aklobessi *et al.*, 1992; Bamba *et al.*, 1992). La distribution régulière d'aliments (le sésame, aliment riche en protéines réservé aux poussins) et l'utilisation de nattes ou vans comme mangeoires ont été les particularités soulignées par Mopate *et al.* (2010) dans villages du Guéra. L'usage des grands canaris renversés comme poulaillers a été observé à Maradi au Niger (Prost, 1987).

Le choix majoritaire des poulets reproducteurs dans les élevages familiaux comporte des avantages et des inconvénients. Les avantages sont l'assurance d'un matériel génétique dont aviculteurs ont pu comparer aux autres congénères de la descendance évitant une économie par rapport à la dépense qu'occasionnerait l'achat d'un reproducteur extérieur. L'inconvénient majeur réside dans le risque de consanguinité, préjudiciable à la productivité des élevages.

Les aviculteurs de la zone de l'étude choisissent les reproducteurs majoritairement sur le format 39,59 %, la couleur (31,41%) et la performance des parents 22,18%. Mopaté *et al.* (2010) ont fait les mêmes observations en combinant le poids et la taille à la fois (27,2 %), la couleur, le poids et la taille (26,9%) ; l'origine, le poids et la taille (7,9 %) ; la couleur du plumage (4,3 %). Selon ces auteurs, les éleveurs ont déclaré rechercher l'esthétique et surtout l'amélioration de la productivité de leur basse-cour.

Le nombre de pontes par an (3,42) a été proche de 3,8 rapportée par Mopate et al ; (2010) au Guéra et comprise entre 3 à 4 au Mali (Rigaut, 1989). Il est supérieur à l'intervalle de 2,7 à 3 observé au Burkina Faso (Bourzat et Saunders, 1989), 2,5 au Ghana (Veluw, 1987), 2,1 au Mali Central (Wilson *et al.*, 1987), 3 en Tanzanie (Katule,1992) et 3,20 en Côte d'Ivoire (Kouadio et al., 2013). En revanche, il est inférieur au chiffre de 4 rapporté au Togo (Aklobessi *et al.*, 1992), 4,5 au Soudan (Wilson, 1979) et 5 à Maradi au Niger (Prost, 1987). Par ailleurs, des travaux effectués en système intégré en Région Sud Pacifique (Asifo et Guèye, 2004) ont montré que la poule en divagation effectuée au maximum 3 cycles de reproduction par an, alors qu'en système d'exploitation intégrée, elle en produit au minimum 5.

Quant au nombre moyen d'œufs (12) par ponte, il a été proche aux valeurs de 12 à 18 œufs observées au Burkina Faso (Bourzat et Saunders, 1989), 12 à 15 au Mali (Kounta, 1992), 12 à 13 en Tanzanie (Katule, 1992) et 10 à 12 œufs en RDC (Moula *et al.*, 2012). Cette valeur moyenne est aussi dans l'intervalle de 10 à 15 œufs rapportée en Côte d'Ivoire (Bamba *et al.*, 1992). Elle est comparable à la moyenne de 11 œufs obtenue au Niger (Prost, 1987). En revanche, elle est supérieure aux observations de 8,8 œufs obtenues par Wilson *et al.* (1987), 10 œufs par Aklobessi *et al.* (1992), 10,9 œufs par Wilson (1979) et 11 œufs par Mopate et al. (2010). Au Tchad, nos résultats globaux (3,42 pontes/an, 12 œufs/ponte) ont été proches de ceux obtenus (3,6 ponte/an et 11 œufs/ponte) au Guéra (Mopate *et al.*, 2010) et au Tchad Oriental (Mopaté *et al.*, 1999). En revanche, ils ont été supérieurs à ceux (3 pontes/an, 10,5 œufs/ponte) de N'Djaména rural (Mopate et Lony, 1998) mais inférieurs en nombre d'œufs par ponte (13,7) et par an (47) au sud du Tchad (Mopaté et Maho, 2005). Les différences de paramètres observées sont à lier avec les pratiques de conduite (logement, alimentation et soins) mises en œuvre et qui diffèrent selon les régions. Les meilleurs résultats ont été obtenus au Mayo Kebbi Ouest en saison humide où la végétation abondante protège les poussins et offre une l'alimentation abondante (jeunes pousses et récoltes) et des températures favorables à la couvée.

Le taux de couvaision moyenne (96%) de notre zone a été supérieur à celles de 84,5% obtenues en RDC (Moula *et al.*, 2012), 86 % au sud Tchad (Mopaté et Maho, 2005), 86,6 % au Tchad Oriental (Mopaté *et al.*, 1999), 86,7 % au Mali (Kounta, 1992), 87 % au Guéra (Mopate *et al.*, 2010) et 90 % au Darfour, Soudan (Wilson, 1979). Ce taux, relativement bon peut s'expliquer les lieux de ponte et/ou de couvaision qui sont pour la plupart des cases familiales et des dessous des greniers qui permettent une bonne protection des œufs. Les cases familiales offrent aussi une certaine sécurité contre la prédation.

L'âge d'entrée en ponte de la poule villageoise est ici de 182 jours avec un poids moyen de 1,43 kg, un âge supérieur à celui de 139 jours de la race égyptienne Mandarah (Bordas *et al.*, 1994), de 174 jours des poules locales marocaines (Benabdeljelil et Arfaoui, 2001) et de 149 jours des poules tanzaniennes (Hartmann *et al.*, 2003). Cet âge d'entrée en ponte est proche de celui des poules locales à Brazzaville (6,13 à 6,26 mois) (Akouango *et al.*, 2004) et inférieur à l'âge de la poule locale du Bas-Congo avec 202 jours (Moula *et al.*, 2012). Le taux d'éclosion de 79% enregistré lors de cette étude a été inférieur aux résultats de Moula *et al.* de 2012 (84,5%) en RDC et se situe dans l'intervalle de 62,7 à 83,5% des résultats de Akouango *et al.* (2004) au Congo. Le taux sevrage (72%) des poussins âgés en moyenne de 61,47 jours et le nombre des poussins sevrés (6,53) ont été relativement proches des observations de Mourad *et al.* (1997) et Benabdeljelil et Arfaoui (2001) chez les races locales au Maroc et en Guinée, où les taux étaient supérieures à 77 %. Au Bas-Congo en RDC, les résultats de Moula *et al.* (2012) ont été nettement inférieurs (40%).

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Conclusion generale

L'étude sur la caractérisation morpho biométrique des poules locales au Tchad a fait ressortir que les poulets présentaient des caractéristiques biométriques différentes suivant les aires climatiques:

- les sujets présentant un grand format ont été identifiés autour du Lac Tchad et un petit format dans la région montagneuse au centre du pays.
- Les poulets de la région du Mayo-Kebbi Ouest en zone soudanienne ont une position intermédiaire.

Ceci laisse présager des différences d'adaptation liées aux facteurs environnementaux qui restent encore à étudier. Cependant cette grande diversité peut servir de base à la mise en place de souches plus performantes par le biais de croisements ou de sélection. Une amélioration concomitante des conditions d'élevage devrait permettre d'accroître notamment la productivité de la poule locale pour en faire une source moins chère de protéines de qualités.

Les résultats de l'étude sur la caractérisation phénotypique présentent une grande variabilité des traits visibles qui peuvent varier en fréquence d'une zone à une autre. On est donc en présence d'une population traditionnelle où l'homme a très peu intervenu en sélection. En comparant les informations de la documentation disponible et les fréquences des caractères qualitatifs ici observées, on peut conclure que les populations locales de poulets étudiées des trois zones ne sont pas différentes du reste des populations de poulets indigènes africains.

Les pratiques de production notamment l'alimentation, le logement et les soins sanitaires contribuent à des bonnes performances de reproduction de poulets indigènes. Les performances des populations des poulets évaluées et les pratiques sont caractéristiques des élevages traditionnels extensifs produisant avec un minimum des techniques et d'intrants.

L'analyse de la région hypervariable de l'ADN mitochondrial des poulets locaux du Tchad a mis en évidence 20 haplotypes polymorphes sur les 25 sites repartis dans les trois zones écologiques et dans la ville de N'djamena. L'haplotype CHD1 a été le plus fréquemment observé sur tous les sites. La zone de Hadjer-Lamis et du Lac Tchad à l'ouest ont disposé la proportion la plus élevée avec 80%, tandis qu'au Guera la fréquence de l'haplotype CHD2 a été de 74,9%. Cette variation des haplotypes en suivant les régions serait en lien avec une diversité croissante au Sahel.

Les 20 haplotypes observés appartiennent au haplogroupe D. L'haplogroupe D est également le seul haplogroupe trouvé au Soudan, le Nigeria et maintenant avec les résultats de notre étude au Tchad suggérant ainsi un itinéraire et le point d'entrée commun de poulet en l'Afrique centrale et de l'Ouest à travers les mouvements transsahariens par l'Egypte et le Soudan.

Tous ces résultats constituent des informations de référence importantes pour orienter les programmes de conservation, d'utilisation, de sélection et des stratégies d'amélioration durable pour les poulets locaux étudiés.

Recommandations

A la recherche :

- Compléter les études sur la caractérisation phénotypique et la connaissance de productivité dans d'autres régions du Tchad pour une meilleure connaissance de la biodiversité des poules du Tchad.
- Poursuivre la caractérisation moléculaire des races de poules locales en utilisant les microsattellites afin d'établir un programme de conservation et d'amélioration génétique des races.
- Mettre en place une étude plus fine de quelques élevages pour affiner les résultats socio-économiques et préciser les causes de mortalité.
- Rechercher les caractères économiquement rentables chez les populations des poulets locaux au Tchad (e.g. œuf à double embryons signalé dans certaines régions du Tchad)

Au développement :

- Mettre en place des actions de protection des poulets par la vaccination et les soins sanitaires, d'adoption d'un habitat économique et d'une meilleure alimentation pour améliorer la productivité de ces élevages traditionnels
- Mettre en place une stratégie d'amélioration des poules locales en milieu contrôlé pour le transfert en milieu villageois.
- Créer des centres d'élevage pilotes de démonstration et formation des éleveurs villageois pour le transfert des résultats de la recherche

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES GENERALES

Références Bibliographiques générales

1. **Abba D., Assandi O. et Haoussou M. 1997.** Rapport annuel de la Direction de L'élevage et des Ressources Animales ; Tchad, 9 p. + annexes.
2. **Adebambo A.O., Mobeg I.V.A., Mwacharo J.M., Oladejo B.M., Adewale R.A., Ilori L.O., Makanjuola B.O., Afolayan O., Bjørnstad G., Jianlin H. and Hanotte O. 2010.** Lack of Phylogeographic Structure in Nigerian Village Chickens Revealed by Mitochondrial DNA D-loop Sequence Analysis. *International Journal of Poultry Science*, **9** (5):503-507. <http://www.pjbs.org/ijps/ab1670.htm>
3. **Adeleke M.A., Peters S.O., Ozoje M.O., Ikeobi C.O.N., Bamgbose A.M. and Adebambo O.A. 2011.** Genetic parameter estimates for body weight and linear body measurements in pure and crossbred progenies of Nigerian indigenous chickens. *Livestock Research for Rural Development*. Volume **23**, Article #19. <http://www.lrrd.org/lrrd23/1/adel23019.htm>
4. **Aklobessi K.K. 1990.** Smallholder rural poultry production in Togo. In : *CTA-Seminar Proceeding, Volume 2, Smallholder Rural Poultry Production, 9 - 13 October 1990, Thessaloniki, Greece*, pp. 237-242.
5. **Aklobessi K.K., Guitoba K., Kenkou G.K. et Kougbenya L. 1992.** Évaluation de la méthodologie d'étude de base de la production avicole rurale en Afrique. *Rapport CRDI, Togo, Bureau régional pour l'Afrique Centrale et Occidentale, 20 p. + annexes.*
6. **Akouango F., Bandtaba P. et Ngokaka C. 2010.** Croissance pondérale et productivité de la poule locale *Gallus domesticus* en élevage fermier au Congo. *Animal Genetic Resources Information*, **46**: 61-65.
7. **Akouango F., Mouangou F. and Ganongo G. 2004.** Phénotypes et performances d'élevage chez des populations locales de volailles à Brazzaville. *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures*, **13** (3) : 257-262. http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/04/75/article.md
8. **Alamargot J., Aklilu M. et Fosseha G. 1985.** Pathologie aviaire en Ethiopie, examen de 198 nécropsies effectuées en 1983-1984 à la faculté de Médecine de Debre-Zeit. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux*, **38**(2): 130-137.
9. **Anthony Smith J., 1997.** L'élevage de la Volaille. Maisonneuve & Larousse, Paris, France 183 p
10. **Apuno A.A., Mbap S.T. and Ibrahim T. 2011.** Characterization of local chickens (*Gallus gallus domesticus*) in shelleng and Song Local Government Areas of Adamawa state, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* **2** (1): 6-14.
11. **Asifo O.A. et Guèye E.F. 2004.** Approche à plusieurs fins pour l'aviculture familiale en zone périurbaine dans les petits pays insulaires de la région du sud Pacifique. *Bulletin RIDAF*, **14** (2) : 13-22.
12. **Assegie F.M. 2009.** Studies on production and marketing systems of local chicken ecotypes in Bure Woreda, North-West Amhara. M.Sc. Thesis, Hawassa University, Awassa, Ethiopia.
13. **Bacon L.D, Smith E.J., Crittenden L.B. 1988.** Association of Slow feathering (k) and an endogenous viral (Ev21) gene on the Z chromosomes of Chickens. *Poultry Science*. **67** : 191-197.
14. **Bahy AA, Mohammed MMA, Osama MA. 2003.** Relationship between genetic similarity and some productive traits in local chicken strains. *African Journal of Biotechnology* **2** (2): 46-47.

15. **Bamba M., Kouakou D., Ouattara M. et Camara M. 1992.** L'aviculture villageoise dans le centre de la Côte d'Ivoire, contexte traditionnel et proposition d'amélioration. *Actes du 7ème Conférence internationale des Institutions de Médecine Vétérinaire Tropicale*, Volume I : 275-279.
16. **Ban-bo A., (2009).** Particularités de la manifestation du processus épizootique de la maladie de Newcastle des poulets en République du Tchad. Thèse de doctorat Ph. D., Université Russe de l'Amitié des Peuples, Moscou, 152 p. + annexes.
17. **Bandelt H.J., Forster P. and Röhl A. 1999.** Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*, **16**: 37-48
18. **Beaujard, P., 2005.** The Indian Ocean in Eurasia and African world-systems before the sixteenth century. *Journal of World History*. **16**: 411–465.
19. **Bell J.G. and Abdou I., 1995.** Dynamics of village poultry production in the Keita region of Niger. *Nigerian Journal of Animal Production* **8** : 19-20.
20. **Benabdeljelil K. and Arfaoui T. 2001.** Characterisation of *Beldi* chicken and turkeys in rural poultry flock of Morocco. Current statement and future outlook. *Animal Genetic Resources Information*, **31**: 87-95.
21. **Biep (Bureau Interministériel d'Étude et de Programmation) 1994.** Diagnostic, stratégies et propositions d'action pour un PNCSA au Tchad. Rapport final, FAO GS PS / CHD / 023 / NOR. Ministère de l'Agriculture et de l'environnement, 80 p.
22. **Bordas A., Abde-El-Gawad E.M. and Merat P. 1994.** Performances de production d'œufs et efficacité alimentaire de poules de race égyptienne Mandarah à deux températures. *Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, **47**: 411-413.
23. **Bouchardeau A. et Calet C. 1970.** Vers une politique de qualité pour les volailles. *Revue de l'élevage bétail et basse-cour* **475**: 23-34
24. **Bourzat D., Saunders J.M. 1989.** Improvement of traditional methods of poultry production in Burkina Faso. Rural poultry production in hot climates, Hameln, Germany.
25. **Brunet X., Marchand J.N., Colmet D. et Saunders M. 1984.** Opération de suivi et contrôle d'élevages avicoles témoins dans 4 villages de la zone d'intervention du projet (Octobre 80 Octobre 82) Burkina-Faso. *Notes de synthèse n° 4 Etude de la structure des élevages*. 7 p.
26. **Buldgen A. 1996.** Aviculture semi-industrielle en climat subtropical. Guide pratique Éditions Lavoisier pp 122
27. **Cabarles J.J.C., Lambio A.L., Vega S.A., Capitan S.S., Mendioro M. 2012.** Distinct morphological features of traditional chickens (*Gallus gallus domesticus* L.) in Western Visayas, Philippines. *Animal Genetic Resources Information*, **51**: 73-87.
28. **Cahaner A., Druyan S. and Deeb N. 2003.** Improving broiler meat production, especially in hot climates, by genes that reduce or eliminate feather coverage. *British Poultry Science* **44** : 22-23.
29. **Cavero D., Schmutz M., Icken W., Preisinger R. 2012.** Attractive eggshell color as a breeding goal. *Lohman Information.*, **47**(2): 15-21.
30. **Ceccobelli S., Di Lorenzo P., Hovirag L., Monteagudo L., Tejedor M.T., Castellini C. 2015.** Genetic diversity and phylogeographic structure of sixteen Mediterranean chicken breeds assessed with microsatellites and mitochondrial DNA. *Livestock Science* **175** : 27-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.03.003> .

31. **Chester N. and Marshak D.R. 1993.** Dimethyl Sulfoxide-Mediated Primer T_m Reduction: A Method for Analyzing the Role of Renaturation Temperature in the Polymerase Chain Reaction. *Analytical Biochemistry*, **209**: 284–290. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1993.1121>
32. **CIRAD** (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), **2002**. Mémento de l’Agronome V édition. Ed. Cirad : Gret, Paris, France
33. **Coquerelle G. 2000.** Les poules: diversité génétique visible. INRA, France. 181 p
34. **Crawford R.D. 1990.** Origin and history of poultry species. In: “*Poultry Breeding and Genetics*”. Ed. By R. D. Crawford. Elsevier, Amsterdam
35. **Cuesta M.L. 2008.** Pictorial guidance for phenotypic characterization of chickens and ducks. FAO, GCP/RAS/228/GER Working Paper No. 15, Rome.
36. **Dahouda M., Toleba S.S., Youssao A.K.I., Bani Kogui S., Yacoubou Aboubakari S., Hornick J.-L. 2007.** Contraintes à l’élevage des pintades et composition des cheptels dans les élevages traditionnels du Borgou au Bénin. *Family Poultry Communications*, **17**(1&2): 3-14.
37. **Daikwo I.S., Okpe A.A., Ocheja J.O. 2011.** Phenotypic characterization of local chickens in Dekina. *International Journal of Poultry Science*, **10**:444–447. <http://www.pjbs.org/ijps/ab1905.htm>
38. **Dana N., Megens H.-J., Crooijmans R. P. M. A., Hanotte O., Mwacharo J. M., Groenen M. A. M., Van Arendonk J. A. 2010.** East Asian contributions to Dutch traditional and Western commercial chickens inferred from mtDNA analysis. *Animal Genetics*, **42**:125–133. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02134.x>
39. **Davenport C. B. 1906.** Inheritance in poultry. *Journal of Experimental Zoology*, **13**: 1- 26.
40. **DESPA** (Direction des Études, des Statistiques, de la Programmation et des Archives) 2011. Rapport annuel des statistiques. Ministère du Développement Pastoral et des Productions Animales, 52 p
41. **Dessie T. 2007.** Phenotypic and genetic characterization of local chicken ecotypes in Ethiopia. PhD thesis, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany. <http://cgspace.cgiar.org/handle/10568/3930>.
42. **Doutoum B., Daounaye D., Laounoudji D., Mounier J. P., (1984) :** Tchad bilan diagnostic du secteur élevage. Comité Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS). 225 p.
43. **Duguma R. 2006.** Phenotypic characterization of some indigenous chicken ecotypes of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development* Vol. **18**, Article #131, Retrieved April 19, 2014 from <http://www.lrrd.org/lrrd18/9/dugu18131.htm>
44. **Duyvendak, J. J. L. 1939.** The true dates of the Chinese maritime expeditions in the early fifteenth century. *T’oung Pao, Second Series*, **34**(5): 341–413.
45. **Egahi J.O., Dim0 N.I., Momoh O.M., Gwaza D.S. 2010.** Variations in qualitative traits in the Nigerian local chicken. *International Journal of Poultry Science* **9**: 978- 979.
46. **Elkhaiat I., Kawabe K., Saleh K., Younis H., Nofal R., Masuda S., Shimogori T. 2014.** Genetic diversity of Egyptian native chickens using mtDNA D-loop region. *Journal of Poultry Science*, **51**(4), 359–363. <http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.0130232> .
47. **El-Safty S.A. 2012.** Determination of Somme quantitative and qualitative traits in Libyen native fowls. *Egypt Poultry Science*, **32**(II): 247-258.
48. **Eltanany, M., Philipp, U., Weigend, S., Distl, O. 2011.** Genetic diversity of Egyptian chicken strains using 29 microsatellite markers. *Animal Genetics*, **42**: 666–669.

49. **Eriksson J., Larson G., Gunnarsson U., Bed'hom B., Tixier-Boichard M., Strömstedt L., Wright D., Jungerius A., Vereijken A., Randi E., Jensen P., Andersson L. 2008.** Identification of the yellow skin gene reveals a hybrid origin of the domestic chicken. *PLoS Genetics*, **4**, e1000010. . <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1000010>
50. **Fachou B. 1975.** Contribution a l'étude du développement de l'aviculture au Tchad : production d'œufs de consommation et poulets de chair. Thèse Doctorat Vétérinaire N° 1 EISMV, Dakar, Sénégal <http://www.sist.sn/gsd/collect/eismv/index/assoc/HASH50d9.dir/TD75-1.pdf>
51. **FAO 1998.** Programme mondial de gestion des ressources génétiques d'élevage. Conservation de la diversité des animaux domestiques : Initiative pour la Diversité des Animaux Domestiques. Rome. 20 p.
52. **FAO 2000.** World watch list for domestic animal diversity. 3th Ed., Rome, 744 p.
53. **FAO 2009.** Characterization of indigenous chicken production systems in Cambodia. Prepared by Dinesh, M.T., Geerlings, E., Sölkner, J., The S., Thieme, O., Wurzinger, M. AHBL Promoting Strategies for Prevention and Control of HPAI, Rome.
54. **FAO 2011.** Molecular genetic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines, No 9. Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/014/i2413e/i2413e00.htm>
55. **FAO 2012.** Phenotypic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 11. Rome. <http://www.fao.org/docrep/015/i2686e/i2686e00.pdf>
56. **FAOSTAT (2012).** FAO Statistical Yearbook 2012. FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org/> Accessed August 23, 2013.
57. **Faruque F., Sididiqee N.U., Afroz A., Islam M.S. 2010.** Phenotypic characterization of native chicken reared under intensive management system. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. **8** (1): 79-82.
58. **Fasina F.O., Wai M.D., Mohammed S.N., Onyekonwu O.N. 2007.** Contribution de l'aviculture aux revenus des ménages : cas de la municipalité de Jos South (Nigeria). *Family Poultry Communications* **17**(1-2): 30-34.
59. **Fontaine M. (2008).** VADEMECUM du vétérinaire, 16^e Edition (1987), 1418 p.
60. **Fort Delaveau M. 1989.** Elevage des volailles. ITAVI, Paris, France. pp 137-139.
61. **Fotsa J.C. 2008.** *Caractérisation des populations de poules locales (Gallus gallus) au Cameroun.* Thèse de doctorat en génétique animale et systèmes de productions, Inra/AgroParistech, Paris (France), 2008AGPT0094, 2008. 301 p. http://pastel.paristech.org/4904/01/THESE_FOTSA_B18_DEC_2008D_Agro_Paris_Tech.pdf
62. **Fotsa J.C., Poné K.D. 2001.** Étude de quelques caractéristiques morphologiques des poulets locaux du Nord-Ouest Cameroun. *Bulletin RIDAF*, **11**(2): 13-20.
63. **Fotsa J.C., Rognon X, Tixier-Boichard M, Ngou Ngoupayou J.D, Poné Kamdem D, Manjeli Y, Bordas A. 2007** Exploitation de la poule villageoise dans la zone de forêt dense humide à pluviométrie bimodale du Cameroun. *Bulletin de Santé et de Production Animales en Afrique*, **55** : 59-73
64. **Fotsa JC, Rognon X, Tixier-Boichard M, Coquerelle G, Poné Kamdem D, Ngou Ngoupayou JD, Manjeli Y., Bordas A. 2010.** Caractérisation phénotypique des populations de poules locales (Gallus Gallus) de la zone forestière dense humide à pluviométrie bimodale du Cameroun. *Animal Genetic Resources* **46** : 49-59

65. **Francesch A., Villalba I., Cartana M. 2011.** Methodology for morphological characterization of chicken and its application to compare *Penedesenca* and *Empordanesa* breeds. *Animal Genetic Resource Information*, **48**: 79-84.
66. **Garrigus W.P. 2007.** "Poultry Farming". *Encyclopædia Britannica*.
<http://www.britannica.com/eb/article-9111040>
67. **Gifford-Gonzalez, D., Hanotte O. 2011.** Domesticating animals in Africa: Implications of genetic and archaeological findings. *Journal of World Prehistory*, **24**: 1–23.
68. **Goraga, Z., Weigend, S., Brockmann, G. 2011.** Genetic diversity and population structure of five Ethiopian chicken ecotypes. *Animal Genetics*, **43**: 454–457.
69. **Grundler G., Schmidt M., Djabakou K. 1988.** Sérologie de la maladie de Newcastle et des salmonelloses (*S. gallinarum pullorum*) chez les volailles des petits exploitants paysans au Togo. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux*, **41**(4): 327-328.
70. Guèye, E.F. and Bessei, W. (1995) La poule locale sénégalaise dans le contexte villageois et les possibilités d'amélioration de ses performances. *In: Sustainable Rural Poultry Production. Proceedings of an International workshop held on June 13 – 16, 1995 at the International Livestock Research Institute, Addis Ababa, Ethiopia*, Ed. E B Sonaiya, 112-123.
71. **Guèye E. F. 1997.** Diseases in village chickens: Control through ethno-veterinary medicine. *ILEIA Newsletter*.13 (2): 20-21.
72. **Guèye E.F. 1998.** Village egg and fowl meat production in Africa. *Worlds' Poultry Science Journal* **54**:73-86. <http://dx.doi.org/10.1079/WPS19980007>
73. **Guèye E.F. 2010.** Filière avicole dans le monde, en Afrique et au Tchad. Actes de l'Atelier, pour le Développement de l'Aviculture Professionnelle au Tchad (DAPT), du 09 au 12 juin 2009, à N'Djaména (Tchad), Grimaud P. et Mathieu L. (éd.). p. 9–13
74. **Guèye E.F., Ndiaye A. and Branckaert R.D.S. 1998.** Prediction of body weight on the basis of body measurement in mature indigenous chickens in Senegal. *Livestock Research for Rural Development*, Vol. **10**(3): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/3/sene103.htm>
75. **Guni F.S. and Katule A.M. 2013.** Characterization of local chickens in selected districts of the Southern Highlands of Tanzania: I. Qualitative characters. *Livestock Research. Rural Development.*, Vol. **25**, Article #153 from <http://www.lrrd.org/lrrd25/9/guni25153.htm>
76. **Guni F.S., Katule A.M, Mwakilembe P.A.A. 2013.** Characterization of local chickens in selected districts of the Southern Highlands of Tanzania: II. Production and Morphometric traits. *Livestock Research for Rural Development. Vol. 25, Article #190.* Retrieved November 5, 2013, from <http://www.lrrd.org/lrrd25/11/guni25190.htm>
77. **Haaren-Kiso A.V., Horst P., Valle-Zarat A. 1988.** The effect of the frizzle gene (F) for the productive adaptability of laying hens under warm and temperate environmental conditions, *In: Proceedings of 18th World's Poultry Congress (Nagoya)*, pp. 381 388.0
78. **Haller A. 1954.** Die Gräber und Gräfte von Assur. Berlin: Germany.
http://pastel.paristech.org/4904/01/THESE_FOTSA_B18_DEC_2008D_Agro_Paris_Tech.pdf

79. **Hartmann C., Johansson K., Strandberg E., Rydhmer L. 2003.** Genetic correlation between the maternal effect on chick weight and the direct genetic effects on egg composition traits in White Leghorn line. *Poultry Science*, **82** :1-8. <http://ps.fass.org/content/82/1/1.full.pdf>
80. **Hassaballah K., Zeuh V., Sembene M. 2014.** Phenotypic diversity of local chickens (*Gallus domesticus*) in three ecological zones of Chad. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* **1(4)**: 1-8. <http://ijcrbp.com/vol-1-4/Khadidja%20Hassaballah,%20et%20al.pdf>
81. **Hassaballah K., Zeuh V., Mopate L.Y., Sembene M. 2015.** Caractérisation morpho-biométrique des poules (*Gallus gallus*) locales dans trois zones agro-écologiques du Tchad. *Livestock Research for Rural Development*. Vol 27 Article #53. <http://www.lrrd.org/lrrd27/3/hass27053.html>
82. **Hassan H., Neser F. W. C., de Kock A., van Marle-Koster E. 2009.** Study on the genetic diversity of native chickens in northwest Ethiopia using microsatellite markers. *African Journal of Biotechnology*, **8**: 1347–1353.
83. **Hurst C.C. 1905.** Experiments with Poultry. *Poultry. Repts. Evol. Comm. Roy. Soc.* **2**: 131-154
84. **Hutt F.B. 1949.** Genetics of the fowl. Published by New York, McGraw-Hill, 590 p
85. **Ibe S.N. 1990.** Increasing rural poultry production by improving the genetic endowment of rural poultry. In: Rural Poultry in Africa. *Proceedings of an international workshop*, 13 – 16 November 1989 in conference Centre, ObefemiAwolowo University, Ile – Ife Nigeria. Ed. by E B Sonaiya.
86. **IEMVT 1978.** Situation actuelle et possibilité de développement de l'aviculture en République du Tchad. Laboratoire de Farcha, N'djaména (Tchad). Rapport de mission, 106 p.
87. **Ige A.O. 2013.** Relationship between body weight and growth traits of crossbred Fulani ecotype chicken in derived Savannah zone of Nigeria. *International journal of Applied Agricultural and apicultural Research*, **9(1&2)**: 157-166
88. **Ige A.O., Salako A.E., Yakubu A., Adeyemi S.A. 2012.** Qualitative traits characterization of Yoruba and Fulani ecotype indigenous chickens in derived Savannah zone of Nigeria. *International Journal of Poultry Science*, **11(10)**: 616-620.
89. **Ikeobi C.O.N., Ozoje M.O., Adebambo O.A., Adenowo J.A. 2000.** Frequencies of fete feathering and comb type genes in the Nigérien local chicken. In: *Proceedings Nat. Workshop on Issues in Family Poultry Research and Development*, M Bour, Senegal. pp. 220-224.
90. **Issa A.Y., Mopaté L.Y., Ayssiwedi S.B., Missohou A. 2013.** Importance, pratiques d'élevage, contraintes et performances de production en aviculture familiale en Afrique subsaharien. *Revue Africaine de Santé et de productions Animales (RASPA)*, **11 (3-4)**: 161-172.
91. **Issa Y., Mopaté L.Y., Missohou A. 2012.** Commercialisation et consommation de la volaille traditionnelle en Afrique subsaharienne. *Journal of Animal & Plant Sciences (JAPS)*, **14 (3)**: 1985-1995, <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
92. **Issa Y., Mopate L.Y., Djougui S., Missohou A. 2012.** Traditional poultry supply and marketing in the city of N'Djamena in Chad. *International Journal of Poultry Science*, **11(5)**: 341-348.
93. **Ji C., Chen G.H., Wang M.Q., Weigend S. 2005.** Genetic structure and diversity of 12 Chinese indigenous chicken breeds. Conf. Role of Biotechnology, Villa Gualino, Turin, Italy. pp. 213-214.

94. **Juárez C.A., Manriquez A.J.A., Segura C.J.C. 2000.** Rasgos de apariencia fenotípica en l'aviculture rural de los municipios de la ribera d'El Lago Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Livestock Research for Rural Development* Vol. **12**(1) <http://cipav.org.co/lrrd12/1/jua121.htm>
95. **Kassambara I. 1989.** La production avicole au Mali: problèmes et perspectives. In: Proceedings of an International Workshop on Rural Poultry Development in Africa (Sonaiya, E.B., Ed.), 13-16 November 1989, Ile-Ife, Nigeria pp. 140-150.
96. **Katule A.M. 1992.** Study on the potential value of chickens native to Tanzania. *ANRPD Newsletter* 2: 4.
97. **Keambou T.C., Manjeli Y., Tchoumboue J., Tegua A., Iroume R. N. 2007.** Caractérisation morphobiométrique des ressources génétiques de poules locales des hautes terres de l'ouest Cameroun. *Livestock Research for Rural Development* Vol. **19**, Article #107. Retrieved August 4, 2014, from <http://www.lrrd.org/lrrd19/8/keam19107.htm>
98. **Komiyama T., Ikeo K., Gojobori T. 2003.** Where is the origin of the Japanese gamecocks? *Gene*, **317**: 195-202.
99. **Kouadio K.E., Kreman K., Kouadja G.S., Kouao B.J., Fantodji A. 2013.** Influence du système d'élevage sur la reproduction de la poule locale *Gallus domesticus* en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **72**:5830– 5837
100. **Kounta A.O.S. 1992.** La réalité de l'aviculture villageoise au Mali. In : *Les Actes du 7ème Conférence internationale des Institutions de Médecine Vétérinaire tropical*, **1**:287-294.
101. **Lemlem A., Tesfay Y. 2010.** Performance of exotic and indigenous poultry breeds managed by smallholder farmers in northern Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. **22**, Article #133. Retrieved August 4, 2014, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/7/lem122133.htm>
102. **Leroy G., Kayang B. B., Youssao I. A. K., Yapi-Gnaore C. V., Osie-Amponsah R. O., Loukou N. E., et al. 2012.** Gene diversity, agroecological structure and introgression patterns among village chicken populations across North, West and Central Africa. *BMC Genetics* **13**: 34. <http://www.biomedcentral.com/1471-2156/13/34>. Accessed 14 Feb 2013
103. **Librado P., Rozas J., 2009.** DnaSP v5 : A software for comprehensive analysis of DNA polymorphic data. *Bioinformatics* **25** : 1451-1452
104. **Liu Y.P., Wu G.S., Yao Y.G., Miao Y.W., Luikart G., Baig M., Beja-Pereira A., Ding Z.L., Alanichamy M.G., Zhang Y.P. 2006.** Multiple maternal origins of chickens: Out of the Asian jungles. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **38**: 12-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2005.09.014>
105. **LRVZ (Laboratoire de Recherches Vétérinaire et Zootechniques), 2000.** Rapport annuel. N'Djaména (Tchad), 45 p.
106. **MacDonald K.C., Edwards D.N. 1993.** Chicken in Africa: The importance of Qasr Ibrim. *Antiquity*, **67**:584–590.
107. **Magrin G. 2000.** Le sud du Tchad en mutation. Des champs de coton aux sirènes de l'or noir. Thèse, Université de Paris I/Panthéon-Sorbonne, Tome I et II, France.
108. **MEP (Ministère de l'Economie et de Plan), 2009.** II^{ème} recensement de la population et de l'habitat (RGPH2) : Résultats globaux 88p.

109. **ME/LRVZ** (Laboratoire de Recherches Vétérinaire et Zootechniques), **2003**. Rapport National sur les Ressources Zoogénétiques du Tchad. 78 p. [En ligne] <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/Chad.pdf>
110. **Melesse A., Negesse T., 2011**. Phenotypic and morphological characterization of indigenous chicken populations in southern region of Ethiopia. *Animal Genetic Resources*, **49**:19–31.
111. **MEP** (Ministère de l'Economie et de Plan) **2009**. *II^{ème} recensement de la population et de l'habitat* (RGPH2) : Résultats globaux 88 p
112. **Mérat P. 1967**. Contribution à l'étude de la valeur sélective associée à quelques gènes chez la poule domestique. II. Effets maternels. *Annales de biologie animale, biochimie, biophysique*. **7** : 183-203.
113. **Mérat P. 1986**. Potential usefulness of the Na (naked neck) gene in poultry production. *Worlds' Poultry Science Journal* **42**: 124-142.
114. **Missohou A., Sow R.S., Ngwe-Assoumou C. 1998**. Caractéristiques morphobiométriques de la poule du Sénégal. *Animal Genetic Resources Information*, **24** : 63-69.
115. **Mopaté L.Y., 2010a**. Revue du secteur avicole. Division de la Production et de la santé animale, FAO – Centre d'Urgence pour les maladies Transfrontalières. Projet grippe aviaire (OSRO/CHD/602/EC), Financement Union Européenne, 72 p.: www.fao-ectad-bamako.org/fr/IMG/pdf/Chad_FR_.pdf
116. **Mopaté L.Y. 2010b**. La filière volaille locale dans l'approvisionnement en viande des villes : cas de la ville de N'Djaména au Tchad. In : Grimaud P et Laurent M (eds) *Actes de l'Atelier pour le Développement de l'Aviculture Professionnelle au Tchad (DAPT)*, du 09 au 12 juin 2009 à N'Djaména (Tchad). Ministère de l'Élevage et des Ressources Animales (MERA) pp 14-18.
117. **Mopate L.Y. 2001**. Productivité des élevages avicoles de poulets sur les terroirs villageois en zone de savane au Sud du Tchad. Rapport technique d'enquête, Laboratoire de Farcha, N'Djaména (Tchad), 25 p.
118. **Mopaté L.Y., Djimé M. 2012**. Approvisionnement et transformation hors-foyer de la volaille villageoise dans la ville de Bongor, Tchad. *Revue Scientifique du Tchad (RST)*, **11** (1 spécial) : 63–73
119. **Mopate L.Y., Awa N.D. 2010**. Systèmes avicoles en zone de savanes d'Afrique centrale : performances zootechniques et importance socio-économique. In : L. SEINY-BOUKAR, P. BOUMARD (éds), 2010, *Actes du colloque International, «Savanes africaines en développement : innover pour durer»*, 20-23 avril 2009, Garoua, Cameroun. PRASAC, N'Djaména, Tchad ; CIRAD, Montpellier, France, Version 1 mise en ligne sur <http://hal.cirad.fr/cirad-00472067/fr/>, 11 p.
120. **Mopate L.Y., Maho A. 2005**. Caractéristiques et productivité des élevages familiaux de poulets villageois au Sud du Tchad. *Revue Africaine de Santé et de Production Animales (RASPA)*, **3**(1): 41-46.
121. **Mopate L.Y., Idriss O.A. 2002**. État de l'aviculture familiale au Tchad et perspectives de son développement. *Études et Recherches Sahéliennes, Institut du Sahel, Bamako, Mali*, Vol. **6-7**: 7-15.
122. **Mopate L.Y., Lony M. 1998**. Enquête sur les élevages familiaux de poulets dans la zone de N'Djaména rural, Tchad. *Bulletin du Réseau International pour le Développement de l'Aviculture Familiale (RIDAF)*, FAO, Rome, 8(4): 3-8.
123. **Mopate L.Y., Zeuh V., Maho A. 1999**. Structure et performances zootechniques des élevages familiaux de poulets (*Gallus domesticus*) dans la zone du Tchad oriental. *Actes des III^{èmes} Journées Agro-Sylvo-Pastorales (JASP) du 29 /11/ au 3 /12 /1999 à N'Djaména (Tchad)*. Colas (éd.), pp. 85-90.

124. **Mopaté L.Y., Djimtoloum N., Zeuh V. 2010.** Élevage familial des poulets au Centre-Est du Tchad : pratiques d'élevage et performances zootechniques. *Family Poultry Communications*, **19** (2): 32-44
125. **Mopate L.Y., Hendrikx P., Imadine M., Idriss A. 1997.** Exploitation des poulets dans la région du Centre-Est du Tchad. In: *Issues in family poultry research and development*. Sonaiya, E.B. (ed.). Proceedings of workshop of International Network for Family Poultry Development (INFPD), M'BOUR, Senegal, Dec. 9 – 13, 1997, pp. 215 – 219.
126. **Mopate L.Y., Hendrikx P., Imadine M., Idriss A. 1998.** Socio-économie de la production aviaire dans la région du Nord - Guéra au Centre-Est du Tchad. *Revue Scientifique du Tchad*, **5(2)** : 29 – 32.
127. **Mopate L.Y., Hendrikx P., Imadine M. 1995.** Systèmes traditionnels et contraintes à la productivité des poulets dans le Nord-Guéra (Mangalmé - Mongo - Bitkine) au Tchad. Rapport technique, Laboratoire de Farcha, N'Djamena (Tchad), 47 p. + annexes.
128. **Mopate LY., Imadine M., Bechir M. 1994.** Typologie fonctionnelle des élevages bovins, ovins-caprins et volailles du Nord-Guéra. *Rapport technique, Laboratoire de Farcha, N'Djaména (Tchad)*. 30 p.
129. **Moula N., Antoine-Moussiaux N., Farnir F., Detilleux J. Leroy P. 2009.** Réhabilitation socioéconomique d'une poule locale en voie d'extinction : la poule, Kabyle (*Thayazit lekvayel*). *Annales de Médecine Vétérinaire* 153: 178-186.
130. **Moula N., Detiffe N., Farnir F., Antoine-Moussiaux N., Leroy P. 2012.** Aviculture familiale au Bas-Congo, République Démocratique du Congo (RDC). *Livestock Research for Rural Development*. Vol. **24**, Article #74. Retrieved August 29, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd24/5/moul24074.htm>
131. **Mourad M., Bah A. S., Gbanamou 1997.** Évaluation de la productivité et de la mortalité de la poule locale sur le plateau du Sankaran, Faranah, Guinée en 1993-1994. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux*. http://remvt.cirad.fr/cd/EMVT97_4.PDF
132. **Mtileni B. J., Muchadeyi F. C., Maiwashe A., Chimonyo M., Groeneveld E., Weigend S., Dzama K. 2011.** Diversity and origin of South African chicken. *Poultry Science* **90**: 2189–2194. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01505>.
133. **Mtileni, B. J., Muchadeyi, F. C., Weigend, S., Maiwashe, A., Groeneveld, E., Chimonyo, M., et al. 2010.** A comparison of genetic diversity between South African and conserved and filed chicken populations using microsatellite markers. *South African Journal of African Science*, **40(5)**: 462–466.
134. **Musharaf N. A. 1989.** Poultry production in Sudan. In: *Proceedings of an International Workshop on Rural Poultry Development in Africa* (Sonaiya, E.B., Ed.), 13-16 November 1989, Ile-Ife, Nigeria pp. 160-165.
135. **Msoffe P. L. M., Minga U. M., Olsen J. E., Yongolo M. G. S., Juul-Madsen H. R., Gwakisa P. S. and Mtambo M.M.A. 2001a.** Phenotypes including immunocompetence in scavenging local chicken ecotypes in Tanzania. *Tropical Animal Health and Production*, **33**: 341-354.
136. **Msoffe P. L. M., Mtambo M.A., Minga, U.M., Yongolo M. G. S., Gwakisa P. S., Olsen J.E. 2001b.** Identification and characterization of the free ranging local chicken ecotypes in Tanzania. In: *Farm Animal Genetic Resources in Tanzania*. Proc. SUA-MU Enreca Projet Workshop, Tanesco Training Institute, Morogoro, Tanzania.
137. **Msoffe P. L. M., Mtambo M. M. A., Minga U. M., Gwakisa P. S., Mdegela R. H. and Olsen J. E. 2002.** Productivity and natural disease resistance potential of free ranging local chicken ecotypes in

138. **Muchadeyi F.C., Eding, H., Wollny C.B.A., Groeneveld E., Makuza S.M., Shamseldin R., et al. 2007.** Absence of population substructuring in Zimbabwe chicken ecotypes inferred using microsatellite analysis. *Animal Genetics*, **38**: 332–339.
139. **Muchadeyi F.C., Eding H., Simianer H., Wollny C.B.A., Groeneveld E., Weigend S. 2008.** Mitochondrial DNA D-loop sequences suggest a Southeast Asian and Indian origin of Zimbabwean village chicken. *Animal Genetics*, **39**: 615–622. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2052.01785.x>.
140. **Mwacharo J.M., Nomura K., Hanada H., Jianlin H., Hanotte O., Amano, T. 2007.** Genetic relationships among Kenyan and other East African indigenous chicken. *Animal Genetics*, **38**, 485–490.
141. **Mwacharo J.M., Bjørnstad G., Mobegi V., Nomura K., Hanada H., Amano T., Jianlin H., Hanotte O. 2011.** Mitochondrial DNA reveals multiple introductions of domestic chicken in East Africa. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **58**:374–382. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2010.11.027>
142. **Mwacharo J.M., Bjørnstad G., Han J.L., Hanotte O. 2013.** The History of African Village Chickens: Archaeological and Molecular Perspective. *African Archaeological Review* <http://dx.doi.org/10.1007/s10437-013-9128-1> published online: 03 march 2013.
143. **Nesheim C.M., Austic E.R. and Card E.L. 1979.** Poultry Production. 12th Edn. Lea and Febiger, Philadelphia, pp.58-92.
144. **Ngou Ngoupayou J.D. 1990.** Country report on smallholder rural poultry production in Cameroon. In : *CTA-Seminar Proceeding, Volume 2, Smallholder Rural Poultry Production*, 9-13 October 1990, Thessaloniki, Greece, pp. 39-47.
145. **Nonga H.E., Kajuna F.F., Ngowi H.A., Karimuribo E.D. 2010.** Physical egg quality characteristics of free-range local chickens in Morogoro municipality, Tanzania. *Livestock Research for Rural Development* Vol. **22**, Article #218 Retrieved May 2, 2013 from <http://www.lrrd.org/lrrd22/12/nong22218.htm>
146. **Nord K., Gunneriusson E., Ringdahl J., Ståhl S., Uhlén M., Nygren P.A. 1997.** Binding proteins selected from combinatorial libraries of an α -helical bacterial receptor domain. *Nature Biotechnology*, **15**: 772 - 777 <http://dx.doi.org/10.1038/nbt0897-772>
147. **Osei-Amponsah R., Kayang B. B., Naazie A., Osei Y. D., Youssao, I. A., Yapi-Gnaore, V. C., et al. 2010.** Genetic diversity of forest and savannah chicken populations of Ghana as estimated by microsatellite markers. *Animal Science Journal*, **81**: 297–303.
148. **Petrus N. P., 2011.** Characterisation and production performance of indigenous chickens in Northern Namibia regions. Ph.D. Dissertation, Université of Namibia, Namibia.
149. **Projet OSRO/CHD/602/CE 2009.** Rapport final de recensement des volailles des exploitations semi-industrielles et des marchés à volaille dans le cadre du projet OSRO/CHD/602/BC, dans 11 Délégations régionales d'Élevage au Tchad. Direction de la Promotion des Productions et Industries Animales (DPPIA), 14 p. + annexes
150. **Prost L. 1987.** L'aviculture villageoise en zone sahélienne : Etude sur la Région de Maradi -NIGER-, *Rapport Technique Vétérinaires Sans Frontière (VSF)*. 29 p. + annexes.
151. **Provost A., Borredon C. 1968.** Utilisation en Afrique Centrale d'un vaccin aviaire polyvalent. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux*. **25** (3) : 165-179.

152. **RADAR 1994.** *Bulletin du Réseau Africain de Développement de l'Aviculture Rurale* 4 (1)
153. **Raveloson C. 1990.** Situation et contraintes de l'aviculture villageoise à Madagascar. In : *CTA-Seminar Proceeding, Volume 2, Smallholder Rural Poultry Production, 9 - 13 October 1990, Thessaloniki, Greece*, pp. 135-138.
154. **Razafindraibe H., Mobegi V.A., Ommeh S.C., Rakotondraivo G., Bjørnstad G., Hanotte O., Jianlin H. 2008.** Mitochondrial DNA Origin of Indigenous Malagasy Chicken. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1149**: 77–79. <http://dx.doi.org/10.1196/annals.1428.047>
155. **Receveur P., 1943.** Tchad et élevage: Projet d'organisation et d'orientation de l'élevage au Tchad, 136 p
156. **Rigaut M., 1989.** Une expérience d'intensification de l'aviculture villageoise en région de Ségou, République du Mali. Thèse de Doctorat Vétérinaire (ALFORT), Paris (France), 361 p.
157. **Rivallain J. and Van Neer W. 1983.** Inventory of the archaeological and faunal material at Koyom, South Chad. *Anthropologie*, Masson editor Nr. 88, 441-448.
158. **Santoni S., Faivre-Rampant P., Prado E., Prat D. 2000.** Marqueurs moléculaires pour l'analyse des ressources génétiques et l'amélioration des plantes. *Cahiers d'Agriculture*, **9**:311-327.
159. **Sarkar K. and Bell J.G. 2006.** Potentiel du poulet indigène et son rôle dans la lutte contre la pauvreté et dans la sécurité alimentaire pour les ménages ruraux. *Réseau International pour le Développement de l'Aviculture Familiale*, **1** (2) : 16-28.
160. **Serebrovsky A.S. 1922.** Crossing over involving three sex linked genes in chickens. *American Naturalist* **56**: 571-572
161. **Shamar K. 2007.** Rôle et pertinence de l'aviculture familiale rurale dans les pays en voie de développement : cas particulier de l'Inde. *Aviculture familiale* **17** (1-2): 34-41.
162. **Somes G.R.Jr. 1990.** Mutations and major variantes of plumage and skin in chickens. In: *Poultry Breeding and Genetics* (Crawford, R. D., Ed), Elsevier. Amsterdam. pp. 169 208.
163. **Sonaiya E.B. and Olori V.E. 1989.** Village chicken production in South Western Nigeria. In: *Proceedings of an International Workshop on Rural Poultry Development in Africa* (Sonaiya, E.B., Ed.), 13-16 November 1989, Ile-Ife, Nigeria pp. 243-247.
164. **Sonaiya E.B. 1990.** The context and prospects for development of smallholder rural poultry production Africa. In : *CTA Seminar Proceeding, Volume / Tome 1, Smallholder Rural Poultry Production, 9 - 13 October 1990, Thessaloniki, Greece*, pp. 35-52.
165. **SPSS 2009.** Statistical Package for Social Sciences, Version 17.0, SPSS Incorporated, Illinois, USA.
166. **Ssewanyana E., Ssali A., Kasadha T., Dhikusooka M., Kasoma P., Kalema J., Kwatoty B. A., Aziku L., 2008.** On-farm characterization of indigenous chickens in Uganda. *Journal of Animal and Plant Sciences* **1**(2): 33 37.
167. **Tadelle D., Million T., Alemu Y. Peters K. J. 2003.** Village chicken production systems in Ethiopia: 2. Use patterns and performance valuation and chicken products and socio-economic functions of chicken. *Livestock Research for Rural Development Vol. 15*(1). <http://www.lrrd.org/lrrd15/1/tadeb151.htm>
168. **Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., Kumar S. 2013.** MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, **30**: 2725-2729. <http://dx.doi.org/10.1093/molbev/mst197>

169. **Thompson J.D., Gibson T.J., Plewniak F., Jeanmougin F., Higgins D.G. 1997.** The ClustalX windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research*, **25**:4876-4882.
170. **Veluw K.V. 1987.** Traditional poultry keeping in Northern Ghana. *ILEIA Newsletter*, **3**: 12-13.
171. **Vivian U. and Okeleh O., 2011.** Estimation of genetic parameters and selection for egg production traits in a Nigerian local chicken ecotype. *APRN Journal of Agricultural and Biological Science*, **6** (12): 54-57.
172. **Vogelstein B. and Gillespie D. 1979.** Preparative and analytical purification of DNA from agarose. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **76**: 615-619.
173. **Von Kampen M., 1974.** Physical Factors Affecting Energy Expenditure. In: Energy Requirements of Poultry (Eds.: Morris, T.R., Freeman, B.M.), British Poultry Science Ltd., Edinburgh.
174. **Wani C.E., Yousif I.A., Ibrahim M.E., Musa H.H. 2014.** Molecular characterization of Sudanese and Southern Sudanese chicken breeds using mtDNA D-loop. *Genetics Research International* vol. 2014, article ID 928420, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/928420>
175. **West B., Zhou B-X. 1988.** Did chickens next term go North? New evidence for domestication. *Journal of Archaeological Science* **15**: 515-533
176. **Wikman M., Steffen A.C., Gunneriusson E., Tolmachev V., Adams G.P., Carlsson J., Ståhl S. 2004.** Selection and characterization of HER2/neu-binding affibody ligands. *Protein Engineering Design & Selection* ,**17**: 455–462.
177. **Wilson R.T. 1979.** Study on the livestock of Southern Darfur Sudan. VII. Production of poultry under simulated traditional conditions. *Tropical Animal health and production*, **11**: 143-150
178. **Wilson R.T., Traore A., Kuit H.G., Slingerland M. 1987.** Livestock production in Central Mali: reproduction, growth and mortality of domestic fowl under traditional management. *Tropical Animal health and production*, **19**: 229-236.
179. **Wimmers K., Ponsuksili S., Hardge T., Valle-Zarate A., Mathir P.K., Horst P. 2000.** Genetic distinctness of African, Asian and South American local chickens. *Animal Genetics*, **31** : 159–165.
180. **Yapi-Gnaore C.V., Loulou N.E., N'Guetta A.S. P., Kayang B., Rognon X., Tixier-Boichard M., Coulibaly Y., Youssao I. 2010.** Diversité et morpho- biométrie des poulets locaux (*Gallus gallus*) de deux zones agro écologiques de Côte d'Ivoire. *Cahiers d'Agriculture* **19** (6) : 439-445.
181. **Youssao I.A.K., Tobada P.C., Koutinhoun B.G., Dahouda M., Idrissou N.D., Bonou G.A., Tougan U.P., Ahounou S., Yapi-Gnaoré V., Kayang B., Rognon X., Tixier-Boichard M. 2010.** Phenotypic characterisation and molecular polymorphism of indigenous poultry populations of the species *Gallus gallus* of savannah and forest ecotypes of Benin. *African Journal of Biotechnology*, **9**:369–381. <http://www.academicjournals.org/AJB>
182. **Zaman M.A., Sarensen P., Howlider M.A.R. 2004.** Egg production performances of a breed and three breeds under semi-scavenging system of management. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. **16**, Art.#60. Retrieved July 31, 2006, from <http://w.w.w.cipav.org.co/Irrd16/8/zama16060.htm>

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire système poulet local

Annexe : 2 Fiche de suivi mensuel des sorties du cheptel (poulet local)

Annexe 3 : Fiche de suivi mensuel des entrées du cheptel (poulet local)

Annexe 4 : Fiche de suivi mensuel de production de la poule locale

3. Pratiques sanitaire

Vaccination

Déparasitage

Autre traitement

Précisez :

6. Choix des reproducteurs

	Mâle	Femelle
Poids
Plumage
Taux d'éclosion (poussins/œufs pondus)
Resistance aux maladies
Durée de vie
Performances des parents

7. Principales contraintes du troupeau (citer les trois principales):

Logement

.....

.....

Alimentation

.....

.....

Sanitaire

.....

Prédateur

.....

Autres informations

.....

Annexe : 2 Fiche de suivi mensuel des sorties du cheptel (poulet local)

Date:/...../2012

Fiche N° -----

Localisation

Région : Département :

.....

Sous Préfecture : Canton : Village :

.....

Propriétaire :

Nature sortie	Catégorie	Nombre	Destination produit
Mort	Poussins		
	Poulettes		
	Coquelets		
	Poules		
	Coqs		
Vente	Poulettes		
	Coquelets		
	Poules		
Prédation	Coqs		
	Poussins		
	Poulettes		
	Coquelets		
	Poules		
Consommation	Coqs		
	Poulettes		
	Coquelets		
	Poules		
Accident	Coqs		
	Poussins		
	Poulettes		
	Coquelets		
	Poules		
Total	Coqs		

Annexe 3 : Fiche de suivi mensuel des entrées du cheptel (poulet local)

Date:/...../2012

Fiche N° -----

Localisation

Région : Département :

Sous Préfecture : Canton : Village :

Propriétaire :

Nature d'entrée	Nombre	Observation
Eclosion		
Achat		
Don		
Confiage		
Autre		
Total		

Annexe 4 : Fiche de suivi mensuel de production de la poule locale

Date:/...../2013

Fiche N° -----

Localisation

Région : Département :

Sous Préfecture : Canton : Village :

Propriétaire :

N° Poule	Caractéristiques (couleur plumage ou nom)	Rang de ponte	Œufs pondus	Œufs couvés	Œuf poids	Œufs Eclos et <u>date</u>	Âge (mois) et date Sevrage Poussin	Nombre Poussin au Sevrage	Poids Poussin au Sevrage	Âge (mois) 1 ^{ère} ponte <u>Date</u>	Poids (mois) 1 ^{ère} ponte <u>Date</u>
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Evénements du mois

.....

.....

.....

.....