

Université de Montréal

Étude descriptive de la consommation et de la
contamination bactérienne de gibier en zone urbaine au
Gabon

par Nicholas Bachand

Département de pathologie et microbiologie

Faculté de médecine vétérinaire

Mémoire présenté à la Faculté de médecine vétérinaire en vue de
l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)
option épidémiologie

Novembre 2012

© Nicholas Bachand, 2012

Résumé

Une exposition aux viandes comporte un risque pour la santé, et les maladies transmises par ces viandes causent un fardeau important mondialement. En Afrique centrale, le gibier est une viande communément consommée en zone urbaine. L'absence d'information sur le niveau de consommation de gibier, ainsi que sur sa contamination, limite l'évaluation des risques sanitaires associés au gibier. Une étude transversale a visé la description du niveau de consommation des viandes parmi 205 ménages de Port-Gentil (Gabon), ainsi que certains déterminants de la consommation de ces viandes. Une seconde étude transversale a quantifié la contamination musculaire de gibier vendu à Port-Gentil par *Salmonella*, *Campylobacter* et *Shigella*. Sur une base de trois jours, 86% des ménages ont consommé de la volaille, 84% du poisson, 44% du bœuf, 25% du porc et 24% du gibier. La consommation de gibier fut plus fréquente le dimanche et parmi les ménages à revenu élevé. Le gibier fut principalement acquis en carcasse entière sans conservation particulière, mais toujours consommé bouilli. Des trois bactéries ciblées, seule *Salmonella* a été isolée parmi un de 128 échantillons de gibier. Ces études fournissent des informations utiles pour mieux comprendre les facteurs de risque pour la santé associés à la consommation de viandes au Gabon. Des études sur la contamination des viandes, notamment celles des carcasses de gibier, seront nécessaires pour mieux apprécier les risques spécifiques à chaque différente bactérie pathogène.

Mots-clés : Afrique centrale, *Campylobacter* consommation, contamination, gibier, *Salmonella*, santé publique, *Shigella*, viande

Abstract

Meat poses some risks to human health and meat-borne diseases constitute a high burden worldwide. In central Africa, bushmeat is commonly consumed in the urban setting. A lack of information on bushmeat consumption and contamination limits the evaluation of risks to human health linked to bushmeat. A cross-sectional survey was conducted among 205 households of Port-Gentil (Gabon) to quantify relative consumption levels of different meat types and to explore certain determinants of meat consumption. A separate cross-sectional study aimed to determine the prevalence of *Campylobacter*, *Salmonella* and *Shigella* within bushmeat sold in markets of Port-Gentil. Based on a three-day recall period, 86% of household consumed poultry compared to 84% for fish, 44% for beef, 25% for pork and 24% for bushmeat. Bushmeat consumption was more important on Sundays and within high monthly income households. Most bushmeat was acquired as whole carcasses without formal meat conservation methods, but all bushmeat was boiled prior to consumption. One *Salmonella* was detected among one of 128 bushmeat samples, whereas no *Campylobacter* or *Shigella* were detected. This study provides useful information to help better understand risk factors associated with the consumption of bushmeat in Gabon. Further studies on bacterial contamination of meat, including bushmeat carcasses, are required to better understand potential health risks specific to different bacterial pathogens.

Keywords: Bushmeat, *Campylobacter*, central Africa, consumption, contamination, meat, public health, *Salmonella*, *Shigella*

Table des matières

| | |
|---|------|
| RÉSUMÉ | ii |
| ABSTRACT | iii |
| LISTE DES TABLEAUX | vii |
| LISTE DES FIGURES | viii |
| LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS | ix |
| DÉDICACE | x |
| REMERCIEMENTS | xi |
| INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE 1: RECENSION DE LA LITTÉRATURE | 4 |
| 1.1. Le circuit commercial du gibier en Afrique centrale | 4 |
| 1.1.1. Le gibier : un aliment non générique | 4 |
| 1.1.2. L'exploitation du gibier en Afrique centrale | 7 |
| 1.1.3. Dimension humaine du circuit commercial de gibier | 7 |
| 1.1.4. Les méthodes de conservation du gibier | 13 |
| 1.1.5. Les intérêts économiques et l'expansion du circuit commercial de gibier | 15 |
| 1.2. Consommation du gibier en Afrique centrale | 17 |
| 1.2.1. Contexte | 17 |
| 1.2.2. Déterminants de la consommation du gibier en Afrique centrale | 19 |

| | |
|--|----|
| 1.3. Le gibier en Afrique centrale : un risque sanitaire? | 23 |
| 1.3.1. Risques sanitaires associés à la faune sauvage | 23 |
| 1.3.2. Risques sanitaires associés au gibier | 25 |
| 1.3.3. Les bactéries pathogènes d'origine alimentaire | 26 |
| 1.3.4. Prévalence de <i>Campylobacter</i>, <i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i> dans la faune sauvage | 28 |
| 1.3.5. Contamination bactérienne du gibier | 33 |
| 1.3.5.1. Mécanismes de contamination bactérienne du tissu musculaire | 33 |
| 1.3.5.2. Contamination bactérienne documentée dans le tissu interne musculaire animal | 36 |
| 1.3.6. Le fardeau des maladies d'origine alimentaire attribuable à la faune sauvage | 40 |
| | |
| CHAPITRE 2: SOMMAIRE DES PROBLÉMATIQUES | 43 |
| | |
| CHAPITRE 3 : SOMMAIRE DES OBJECTIFS DU MÉMOIRE | 44 |
| | |
| CHAPITRE 4 : ARTICLE SUR LA CONSOMMATION DE GIBIER | 45 |
| 1. ABSTRACT | 46 |
| 2. INTRODUCTION | 47 |
| 3. MATERIALS AND METHODS | 51 |
| 4. RESULTS | 57 |
| 5. DISCUSSION | 61 |
| 6. ACKNOWLEDGEMENTS | 70 |
| 7. REFERENCES | 71 |
| 8. FIGURES AND TABLES | 75 |

| | |
|--|------------|
| CHAPITRE 5 : ARTICLE SUR LA CONTAMINATION DE GIBIER | 82 |
| 1. ABSTRACT | 83 |
| 2. INTRODUCTION | 84 |
| 3. MATERIALS AND METHODS | 86 |
| 4. RESULTS | 89 |
| 5. DISCUSSION | 90 |
| 6. ACKNOWLEDGEMENTS | 92 |
| 7. REFERENCES | 93 |
| 8. TABLE | 96 |
| | |
| CHAPITRE 6: DISCUSSION GÉNÉRALE | 97 |
| | |
| CONCLUSION | 107 |
| | |
| BIBLIOGRAPHIE | 110 |
| | |
| ANNEXE I : QUESTIONNAIRE SUR LA CONSOMMATION | xii |

Liste des tableaux

Chapitre 1 : Recension de la littérature

| | |
|--|---|
| TABLEAU I : REPRÉSENTATION DES ESPÈCES FAUNIQUES OFFERTES COMME GIBIER DANS DIVERS MARCHÉS DE L'AFRIQUE OUEST ET DE L'AFRIQUE CENTRALE | 6 |
|--|---|

| | |
|---|----|
| TABLEAU II : CONTRIBUTION RELATIVE (%) DE DIFFÉRENTES PROTÉINES ANIMALES AU RÉGIME ALIMENTAIRE DES POPULATIONS EN ZONES URBAINES (AFRIQUE CENTRALE) | 18 |
|---|----|

| | |
|---|-------|
| TABLEAU III : RÉSERVOIRS FAUNIQUES À L'ÉCHELLE MONDIALE POUR <i>CAMPYLOBACTER</i> , <i>SALMONELLA</i> ET <i>SHIGELLA</i> | 31-32 |
|---|-------|

Chapitre 4 : Article sur la consommation de gibier

| | |
|--|----|
| TABLEAU I: MEAT CONSUMPTION TRENDS ACCORDING TO VARIOUS RESPONDENT AND HOUSEHOLD CHARACTERISTICS COLLECTED AMONG 205 HOUSEHOLDS SURVEYED BETWEEN JULY 15 AND AUGUST 15, 2010 IN PORT-GENTIL (GABON) | 79 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| TABLEAU II : DESCRIPTION OF 58 BUSHMEAT CARCASSES ACQUIRED AND CONSUMED AMONG 205 HOUSEHOLDS SURVEYED BETWEEN JULY 25 TO AUGUST 15, 2010 IN PORT-GENTIL (GABON) | 80 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| TABLEAU III : RESULTS OF MULTIVARIATE LOGISTIC REGRESSION MODELING FOR MEAT CONSUMPTION ACCORDING TO SOCIOECONOMIC AND DEMOGRAPHIC FACTORS BASED ON 205 HOUSEHOLDS SURVEYED IN PORT-GENTIL (GABON). MEAT CONSUMPTION WAS DEFINED AS THE OCCURRENCE OF AT LEAST ONE MEAT-BASED MEAL CONSUMED WITHIN EACH HOUSEHOLD'S THREE DAY RECALL PERIOD | 81 |
|--|----|

Chapitre 5 : Article sur la contamination de gibier

| | |
|---|----|
| TABLEAU I: BUSHMEAT CARCASSES FROM TWO LOCAL MARKETS IN PORT-GENTIL TESTED FOR THEIR INTRINSIC BACTERIAL CONTAMINATION FROM MUSCLE TISSUE | 96 |
|---|----|

Liste des figures

Chapitre 1: Recension de la littérature

| | |
|--|----|
| FIGURE 1 : STRUCTURE DU CIRCUIT COMMERCIAL DE GIBIER EN AFRIQUE CENTRALE | 10 |
|--|----|

Chapitre 4 : Article sur la consommation de gibier

| | |
|---|----|
| FIGURE 1: MAP OF NEIGHBOURHOODS INCLUDED IN THE STUDY AREA OF PORT-GENTIL (GABON). NEIGHBOURHOOD BOUNDARIES WERE DEFINED <i>A PRIORI</i> BY TWO LOCAL GABONESE SURVEY ADMINISTRATORS BASED ON THEIR EMPIRICAL KNOWLEDGE OF THE CITY | 75 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| FIGURE 2 : MAP FROM THE MULTIPLE CORRESPONDENCE ANALYSIS OF THE 1,570 MEALS (INCLUDING MEALS THAT DID NOT CONTAIN MEAT, I.E. VEGETARIAN) REPORTED BY 205 HOUSEHOLDS SURVEYED FOR THEIR MEAT CONSUMPTION BEHAVIOURS OVER A THREE-DAY PERIOD BETWEEN JULY AND AUGUST 2010, PORT-GENTIL, GABON | 76 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| FIGURE 3: PROPORTIONS OF HOUSEHOLDS WHERE THE CONSUMPTION OF DIFFERENT MEAT COMMODITIES (POULTRY, FISH, BEEF, PORK AND BUSHMEAT) OCCURRED DURING EACH DAY OF THE WEEK BASED ON A THREE DAY RECALL PERIOD IN PORT-GENTIL (GABON) | 77 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| FIGURE 4: DAILY MEAT CONSUMPTION BASED ON 205 GABONESE HOUSEHOLDS SURVEYED IN PORT-GENTIL, GABON | 78 |
|--|----|

Liste des sigles et abréviations

| | |
|---------|---------------------------------------|
| AC : | Afrique centrale |
| EAM : | Équivalent adulte mâle |
| OMS : | Organisation Mondiale de la Santé |
| RCA : | République Centrafricaine |
| RDC : | République Démocratique du Congo |
| Sp. : | Espèce |
| Spp : | Espèces |
| Ssp : | Sous-espèce |
| US\$ | Dollar américain |
| VEBOZ : | Souche Zaïre du virus de l'Ebola |
| VHLT : | Virus humain lymphotrope à cellules T |
| VSLT : | Virus simien lymphotrope à cellules T |
| VIH : | Virus de l'immunodéficience humaine |
| VIS : | Virus de l'immunodéficience simienne |
| VSS : | Virus spumeux simien |

Dédicace

À mes parents; source de ma détermination.

À ma famille ; source de ma motivation.

À ma sœur jumelle; source de mon inspiration

et

*Aux gorilles et personnel du Projet Gorille Fernan-Vaz (Gabon);
source de ma persévérance.*

Remerciements

Merci au Dr. André Ravel, mon directeur de recherche, pour avoir accepté de m'encadrer à travers ce formidable périple. Merci pour ses conseils, son temps, son support, ses encouragements et la pertinence de ses exigences;

Merci au Dre Julie Arseneault, membre de mon comité conseil, pour tous ses conseils pertinents, sa rigueur, son écoute et mon début de formation sur R;

Merci au Dre Lucie Dutil, membre de mon comité conseil, pour son support et ses encouragements.

Akéwa (merci en *Myéné*) à Mr. Clency Okouyi, Mr. Serge Djengoué et Mr. Roméo Mougala (les assistants de recherche au Gabon) pour un travail de terrain formidable et agréable;

Merci à Mme Flore Koumba du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST) pour l'obtention de mon permis de recherche sur le territoire de la république Gabonaise;

Merci aux autorités du Ministère des Eaux et de la Forêt (MINEF) de la ville de Port-Gentil pour leur collaboration durant l'un de mes deux projets de recherche;

Merci à la Société de la Conservation et de Développement (SCD) pour le financement partiel des projets de recherche.

Merci au GREZSOP pour leur contribution au financement de l'un des deux projets de recherche.

Introduction

Les maladies transmises par voie alimentaire représentent une importante cause de mortalité et de morbidité à l'échelle mondiale (Schlundt, 2002). Ainsi, des initiatives ont été prises par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour estimer le fardeau de ces maladies à l'échelle nationale pour plusieurs pays (WHO, 2008), ce qui s'avère être complexe pour les pays en voie de développement où les infrastructures médicales sont peu développées ou accessibles, et où la collecte de données épidémiologiques est quasi inexistante (WHO, 2011c; Flint et al., 2005). Des études pouvant donc contribuer à une meilleure compréhension des maladies d'origine alimentaire dans les pays en voie de développement spécifiques à de différents agents pathogènes et à de différents aliments sont particulièrement nécessaires pour ces pays (Pires et al., 2009).

Plus de 60% des agents pathogènes infectieux pouvant être transmis aux humains sont d'origine animale (Woolhouse et al., 2007; Taylor et al., 2001), et plus de 71% de ces agents sont issus de la faune sauvage (Cutler et al., 2010). Il existe peu de donnée à l'échelle internationale sur le rôle de la faune sauvage en tant que réservoir d'agents pathogènes, ou encore sur la contribution de la faune sauvage au développement de maladies chez l'humains incluant celles d'origine alimentaire. Pourtant, la quantité de gibier consommée semble être relativement importante en Afrique centrale (Blaney, 2008), avec environ de un à 3.5 tonnes de gibier consommé

annuellement dans le bassin du Congo (Wilkie et Carpenter, 1999). De plus, dans cette région, l'implantation de compagnies forestières et pétrolières contribue à la perturbation des écosystèmes tropicaux et à l'expansion du commerce de gibier (Fa et al., 2009; Thibault et Blaney, 2001), ce qui favorise encore plus l'accroissement des contacts et de la transmission d'agents pathogènes entre la faune sauvage et l'humain (Karesh et Cook, 2005; Barnes, 2002). Il est donc pertinent, du moins pour les pays où la consommation de gibier est communément pratiquée, d'étudier l'exposition humaine au gibier dans une perspective de santé publique.

Il est bien établi que la préparation et la consommation de viandes (en tant que sous-produit animal) représentent des risques sanitaires puisque ces viandes peuvent être contaminées par plusieurs agents pathogènes différents (Pires et al., 2010; Dewaal et al., 2006). Seules quelques études existent sur la contamination de gibier en Afrique occidentale et centrale (Pourrut et al., 2011; Aghokeng et al., 2010; Kayode et Kolawole, 2008; Apetrei et al., 2005; Peeters et al., 2002;), et le spectre d'agents pathogènes étudiés demeure très étroit. Un manque d'information existe donc à propos de la contamination du gibier et des risques sanitaires potentiellement associés à sa manipulation et sa consommation.

Il est aussi reconnu que l'identification du profil des ménages relatif au mode de ravitaillement, de la manipulation et de la consommation de la viande peut aider à mieux comprendre les facteurs de risque et les aspects de sécurité sanitaire relatifs à divers types de viande (Scott, 2003). A cet égard, peu d'information existe en

Afrique centrale notamment sur le profil des ménages urbains autour de l'acquisition, la préparation et la consommation du gibier. D'autant plus, peu d'information existe sur l'importance de la consommation de gibier relative à celle d'autres types de viandes consommées dans les ménages urbains de l'Afrique centrale.

Donc, globalement, l'importance du risque sanitaire lié au gibier en Afrique est mal connue puisque l'on ne connaît presque rien sur la contamination du gibier vendu dans les marchés, d'une part, ou sur les habitudes de consommation du gibier dans les ménages urbains de l'Afrique centrale, d'autre part. Ce travail vise donc à décrire les habitudes de ravitaillement et de préparation du gibier dans les ménages de Port-Gentil, ainsi qu'à relativiser le niveau de consommation du gibier par rapport à celui d'autres types de viande communément disponibles en zone urbaine. En deuxième lieu, ce travail vise la détermination de la prévalence pour trois bactéries pathogènes (*Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella*) dans le gibier vendu dans les deux principaux marchés de gibier de Port-Gentil.

Chapitre 1 : Recension de la littérature

1.1. Le circuit commercial du gibier en Afrique centrale

1.1.1. Le gibier : un aliment non générique

En Afrique centrale, l'élevage d'animaux domestiques est limité, en partie, par la présence endémique de mouches tse-tse (*Glossina* sp.) qui agissent comme vecteurs pour la trypanosomiase (Wilkie et al., 2005). Le manque d'accès aux équipements technologiques ainsi que la faible présence d'infrastructures médicales limitent d'autant plus la productivité agricole dans cette région du monde (Alexandratos, 1999). Même dans les quelques pays d'Afrique centrale où l'agriculture est possible, la productivité agroalimentaire est constamment compromise (Fa et al., 2003). Ainsi, contrairement aux pays plus développés, le gibier contribue de manière importante à la sécurité alimentaire des communautés du bassin du Congo (Poulsen et al., 2009). Le gibier, aussi appelé « viande de brousse » en Afrique centrale, est une viande qui provient d'une variété d'espèces animales sauvages chassées pour des fins de consommation (Thibault et Blaney, 2003). En Afrique centrale, cet aliment est une denrée alimentaire valorisée en tant que source importante de protéines et de revenu (Bennet et Robinson, 2000; Juste et al., 1995). Trois espèces animales représentent globalement plus de 70% du gibier vendu dans

les marchés de l'Afrique centrale (voir Tableau I), soit le céphalophe bleu (*Cephalopus monticola*), l'athérure (*Atherurus africanus*) et le singe hocheur (*Cercopithecus nictitans*) (Carpaneto et al., 2007; Wilkie et Carpenter, 1999; Lahm, 1994). La proportion rapportée pour chacune des familles ou espèces animales dans ces études varie selon la durée de l'étude, le nombre de marchés inclus dans une étude, la période de l'année et le pays. D'autres facteurs pouvant aussi contribuer à cette variation incluent l'abondance locale de l'espèce animale concernée, l'intensité de la chasse localement et les méthodes de chasse utilisées (Mbetete et al., 2011). Finalement certains facteurs déterminants de la consommation de viande (gibier ou autres; voir section 1.2.3) en zone urbaine peuvent aussi influencer la demande de gibier. Par exemple, une étude en Guinée Équatoriale a démontré qu'une diminution de la consommation locale en poisson résulte en une augmentation de la demande et du volume de gibier dans les marchés (Fa et al., 2003).

Globalement, le gibier est un aliment communément consommé en Afrique centrale et cet aliment n'est pas générique dans le sens où une diversité d'espèces animales est vendue dans les marchés urbains de l'Afrique centrale. La représentativité de ces espèces animales varie d'une zone à l'autre. Le circuit commercial du gibier favorise ainsi le contact entre l'humain et une gamme diversifiée d'espèces animales sauvages, et ce niveau d'exposition humaine au gibier est peu connu.

Tableau I. Représentation des espèces fauniques offertes comme gibier dans divers marchés de l’Afrique Ouest et de l’Afrique centrale

| Pays | Durée de l'étude | Mammifères | | | | | | | | Oiseaux | | Reptiles | | Référence |
|----------------------------------|--------------------------|------------|-----|---------|-----|---------|-----|-------------|-----|---------|------|----------|------|-----------------------|
| | | Primate | | Ongulé | | Rongeur | | Potamochère | | N | % | N | % | |
| | | N | % | N | % | N | % | N | % | | | | | |
| Cameroun | - | -- | 4% | -- | 85% | -- | 6% | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Delvingt, 1997 |
| Cameroun | 1 an | -- | 19% | -- | 52% | -- | 16% | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Auzel, 1999 |
| Congo Brazza | 4 mois | -- | 34% | -- | 57% | -- | 5% | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Bennett, 1995 |
| Congo Brazza | 1 mois | 659 | 18% | 1 496 | 40% | 832 | 23% | 333 | 10% | 67 | 2% | 168 | 5% | Mbete et al., 2011 |
| Gabon | - | -- | 19% | -- | 58% | -- | 14% | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Lahm et al., 1993 |
| Gabon | 1 an | 2012 | 20% | 1 006 | 40% | -- | 5% | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Steel , 1994 |
| Gabon | 1 an | 228 | 8% | 1 248 | 44% | 138 | 5% | 440 | 16% | 20 | 1% | 663 | 23% | Thibault et al., 2003 |
| Gabon | 1 an | 13 038 | 16% | 9 747 | 12% | 21 963 | 27% | 2 316 | 3% | -- | -- | -- | -- | Binot et al. 2004 |
| Guinée Équatoriale | 1 an | 1 417 | 22% | 2 705 | 42% | 2 061 | 32% | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Fa et al., 1995 |
| Guinée Équatoriale | 2 mois | 1 238 | 29% | 1 593 | 37% | 778 | 18% | 38 | 1% | 64 | 1,5% | 283 | 6,5% | Puit et al., 2003 |
| Guinée Équatoriale | 5 mois | -- | 26% | -- | 29% | -- | 24% | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Fa et al, 2009 |
| Nigéria | 2 mois (saison sèche) | 81 | 2% | 350 | 8% | 3 016 | 70% | 52 | 1% | 150 | 3,5% | -- | -- | Okiwelu et al., 2009 |
| | 2 mois (saison pluie) | 49 | 2% | 188 | 7% | 1 781 | 63% | 47 | 2% | 69 | 2,5% | -- | -- | |
| République Centrafricaine | 3 mois | 25 957 | 17% | 106 262 | 69% | 2 096 | 2% | 10 209 | 7% | -- | -- | 368 | 0,3% | Rieu, 2005 |
| République Centrafricaine | 3 ans | 71 417 | 13% | 444 401 | 42% | 102 228 | 19% | 8 137 | 2% | 8 409 | 2% | 16 115 | 4% | Fargeot, 2009 |

-- : non documenté lors de l'étude

1.1.2. L'exploitation du gibier en Afrique centrale

Il est estimé que 1 à 3.5 millions de tonnes de gibier sont consommées annuellement dans le bassin du Congo (Fa et al., 2002; Wilkie et Carpenter, 1999), ce qui correspond à environ 579 millions d'animaux auxquels les communautés humaines de cette région sont exposées (Fa et al., 2003). Dans la République du Congo, une étude a rapporté qu'autour de 91 tonnes de gibier sont vendues annuellement dans plusieurs marchés de Brazzaville, comparés à 30000 tonnes par année à l'échelle nationale au Gabon (WCS, 2005). Toutefois, ces chiffres représentent plus probablement une sous-estimation de la quantité de viande de gibier consommée annuellement dans le bassin du Congo puisque ces études se limitent aux circuits connus de la filière du gibier (Milner-Gulland et Clayton, 2002). Quoiqu'une quantité importante de gibier circule dans les marchés et ménages urbains de l'Afrique Centrale et que les intervenants de ce circuit commercial sont exposés à une variété d'espèces animales hébergeant des agents pathogènes à l'humain (voir section 1.3.2.), la fréquence ou l'ampleur de cette exposition est mal définie à divers points de la chaîne commerciale de gibier en Afrique centrale.

1.1.3. Dimension humaine du circuit commercial de gibier

Bien qu'informelle, la filière du gibier est bien organisée (De Merode et al., 2006), est fondée sur la loi de l'offre et de la demande, et implique une série d'intervenants humains. Afin de placer en contexte le potentiel d'une exposition

humaine au gibier, il est important de bien comprendre la dimension humaine associée au circuit commercial de la filière du gibier en Afrique centrale (voir Figure 1).

Le chasseur

La chasse de subsistance est effectuée dans un but de consommation immédiate et est, depuis plusieurs décennies, effectuée de manière durable (Greger, 2007). Par contraste, la chasse à vocation commerciale est effectuée dans le but principal de générer un revenu (Bahuchet, 2000). Le gibier issu de la chasse commerciale est le plus souvent commercialisé en zone urbaine où la demande pour cet aliment prédomine (East et al., 2005). Au Gabon, afin d'éviter la surexploitation de certaines espèces animales vulnérables, la chasse est réglementée par un code législatif (Gabon, 2001). Toutes activités de chasse non conformes à ce code sont considérées illégales et constituent ce qui est connu sous le nom de « braconnage ». De telles activités peuvent inclure la chasse nocturne, la chasse d'espèces animales légalement protégées ou encore la chasse effectuée hors saison. Une conséquence majeure du braconnage est une exploitation non-durable du gibier (Barnes, 2002), c'est-à-dire que le niveau d'exploitation des ressources fauniques excède celui de la production naturelle des écosystèmes (Binot et Cornelis, 2004). Une diminution de ces ressources fauniques risque de compromettre le développement durable des populations rurales qui sont dépendantes de celles-ci pour leur survie (Wilkie et al., 1999). D'autre part, une exploitation intense de ces ressources fauniques implique une hausse en parallèle des contacts entre les intervenants humains du circuit

commercial et la faune sauvage commercialisée, avec de potentiels impacts non-négligeables, mais présentement non mesurés, sur la santé publique (VanVliet, 2011).

Le chasseur est à la tête du circuit commercial du gibier puisque sans lui, ce circuit ne pourrait pas exister (Fargeot, 2004). Quatre types de chasseurs sont typiquement reconnus: le villageois, le braconnier, le chasseur-cueilleur pygmée et l'employé d'une société d'exploitation (Bahuchet, 2000). Pour le chasseur villageois, la chasse est une activité complémentaire à plusieurs autres activités quotidiennes incluant la pêche, l'agriculture et la collecte de produits forestiers non-ligneux (Tréfon et al., 1999). Le gibier collecté peut servir soit pour nourrir sa famille ou être partagé au sein de la communauté afin d'enrichir son statut social. Toutefois, la plupart des chasseurs villageois exercent parfois une chasse à vocation commerciale (Wilkie et al, 1998). Dans plusieurs pays de l'Afrique centrale incluant le Gabon, un taux de chômage élevé favorise ce type de chasse qui semble, dans le court terme, plus rentable que l'agriculture (Indjieley, 1998). Le chasseur-cueilleur pygmée, quant à lui, échange habituellement son gibier avec les agriculteurs locaux quoique certains commercialisent aussi leur gibier, profitant de la présence des chantiers forestiers ou pétroliers temporairement installés dans leur région (Bahuchet, 2000). Finalement, les employés des sociétés d'exploitation (par exemple forestières, pétrolières et minières) installées en pleine forêt profitent de leur temps de repos pour chasser, soit pour consommer sur place ou pour générer un revenu additionnel (Thibault et Blaney, 2003).

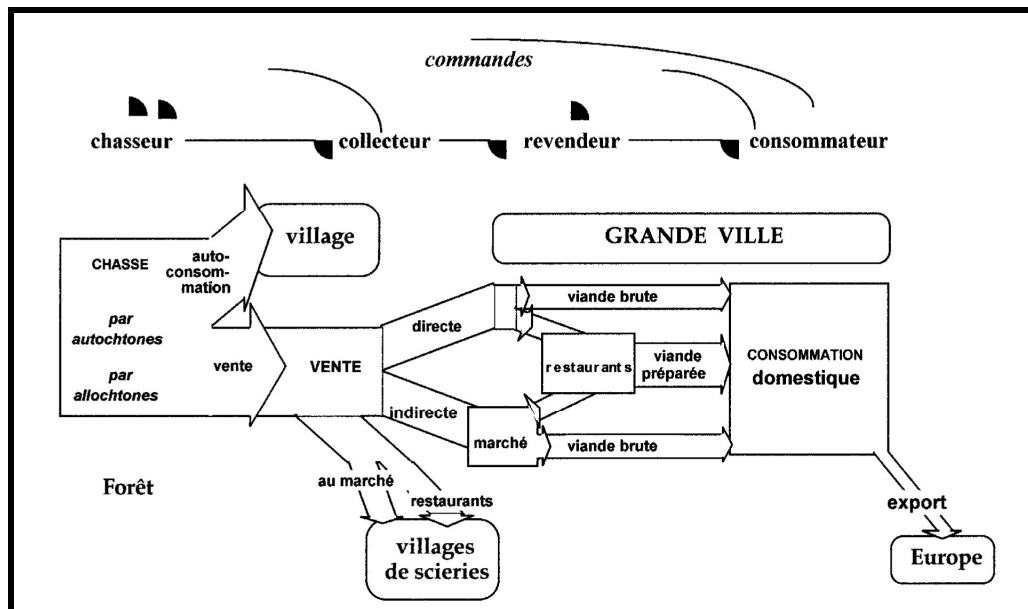


Figure 1. Structure du circuit commercial de gibier en Afrique centrale

Depuis l'ère coloniale, les méthodes de chasse traditionnelles ont graduellement été remplacées par des méthodes de chasse technologiquement plus avancées et capables de satisfaire une demande grandissante de gibier dans les milieux urbains de l'Afrique centrale (Vermeulen et al., 2006; Lahm, 1994). La méthode de chasse utilisée est pertinente puisqu'elle influence le type (espèce animale), la quantité de gibier chassé (fréquence d'exposition) et la qualité microbiologique du gibier chassé (Mbete et al., 2011; Membre et al., 2011). En général, la méthode par arme à feu permet l'abattage d'une diversité de gibier de taille moyenne, comparée à la méthode traditionnelle du piégeage qui est plutôt sélective pour un gibier de petite taille (Kümpel et al., 2010; Wright et Priston, 2010). Dépendamment du niveau d'expertise d'un chasseur relatif à l'utilisation d'une arme à feu, la qualité microbiologique du gibier chassé peut varier en fonction

de l'endroit où les balles pénètrent l'animal, par exemple les organes abdominaux (Gill, 2007). Dans le cas de gros gibier tel que l'éléphant de forêt (*Loxodonta cyclotis*), le gorille (*Gorilla gorilla gorilla*) et plusieurs espèces d'antilopes, le gibier est plus fréquemment éviscéré et dépecé par le chasseur directement en forêt afin de faciliter le transport du gibier jusqu'au village (Chastel et Charmot, 2004), offrant plus de possibilités d'exposition directe du chasseur au gibier et à ses sécrétions. Le petit gibier, quant à lui, est le plus souvent acheminé en entier jusqu'aux villages ou aux centres urbains où il est généralement éviscéré et préparé par les femmes du ménage familial (Wilkie et Carpenter, 1999). Les chasseurs sont donc le plus souvent exposés aux sécrétions corporelles du gibier lors de sa manipulation, ou encore lors du transport depuis la forêt jusqu'au village lorsqu'il s'agit de moyen à gros gibier (Wolfe et al., 2004).

Le transporteur

La majorité des chasseurs sont dépendant des autres intervenants du circuit commercial pour faire acheminer leur produit (gibier) vers les centres urbains (Edderaï et Dame, 2006). La plupart du temps, les collecteurs se présentent en zone rurale afin de se ravitailler en gibier, pour ensuite le transporter vers les zones urbaines où il sera distribué soit aux commerçantes ou directement aux consommateurs (Bahuchet, 2000). Dans la plupart des cas, le gibier transporté est conservé par des méthodes rudimentaires, voire absentes. Les délais d'acheminement du gibier entre le moment où il est abattu en forêt et le moment où il est disposé dans

les étals des marchés urbains peuvent fréquemment dépasser 48 heures (Fargeot, 2004). Le gibier est le plus souvent transporté dans des véhicules ou pirogues de transport prenant aussi des passagers à bord. Ainsi, le collecteur et une gamme de voyageurs peuvent être exposés au gibier durant son transport de la zone rurale jusqu'aux centres urbains.

Le commerçant

Dans les centres urbains, la vente du gibier est majoritairement pratiquée par des femmes contrairement aux autres métiers de la filière qui sont le plus souvent occupés par des hommes (Ape Alliance, 1998). Deux types de commerçantes sont généralement reconnues et incluent la commerçante « à soupe », ou gargotière, dans le cas où le gibier est tout simplement préparé sous forme de bouillon, et la commerçante simple qui vend le gibier au détail ou en entier (Willcox, 2007). Peu d'études existent sur les dynamiques de la vente de gibier soit en termes de sa disposition aux marchés (en entier ou dépecé) ou de son état à la vente (éviscéré ou intact, congelé ou frais). Ceci fait l'objet d'une problématique négligée en matière de santé publique, particulièrement en ce qui concerne le gibier non-éviscéré, vendu en entier au niveau du marché et préparé au niveau du ménage. Les consommateurs urbains de l'Afrique centrale sont régulièrement exposés au gibier, soit au niveau des marchés urbains ou des ménages, respectivement, et peu d'information existe sur leur fréquence d'exposition au gibier.

Le consommateur (voir section 1.2.3.)

Les acteurs cachés

Des activités illicites sont effectuées par des figures de la fonction publique au sein de la filière du gibier en Afrique centrale, puisque ces derniers ont les moyens financiers et la logistique nécessaires au fonctionnement de la filière (Fargeot, 2004). Il a été estimé qu'entre 30% et 50% du gibier transite hors du système de marché par ces voies (Diéval, 2000; Steel, 1994). Ceci pourrait s'expliquer par une étroite collaboration qui existe entre les élites installées en milieux urbains et les « parents » du village souvent économiquement défavorisés (Fargeot, 2004). Il est toutefois difficile d'apprécier l'importance de l'exposition au gibier par ces intervenants informels puisque qu'elle est quasi impossible à mesurer.

1.1.4. Les méthodes de conservation du gibier

Contrairement aux viandes domestiques, il n'existe aucune procédure de contrôle de la qualité microbiologique du gibier par les autorités locales avant sa vente ou sa consommation en Afrique centrale (Karesh et Noble, 2009). Tel que mentionné auparavant, il existe une lacune au niveau de nos connaissances des méthodes de conservation du gibier au moment de l'achat au marché urbain ou lors de la préparation dans le ménage. Pourtant, ces deux endroits représentent deux points le long de la chaîne commerciale où une exposition humaine à divers agents pathogènes issus du gibier pourrait potentiellement avoir lieu. Le gibier est un

produit de faible conservation, la viande fraîche pouvant être conservée jusqu'à un maximum de deux jours sous des conditions climatiques tropicales (Fargeot, 2004). Ainsi, le boucanage est une méthode fréquemment utilisée en Afrique centrale. Toutefois, cette méthode de conservation qui consiste à fumer la viande n'est pas globalement appréciée par les consommateurs de gibier (Diéval, 2000). L'accès à une source d'électricité et la tenue minimale de la chaîne du froid représente une alternative quoiqu'elle soit peu utilisée, adéquatement appliquée, voire même accessible à grande échelle au Gabon (Steel, 1994). Une étude en Guinée Équatoriale a rapporté que 12% de la viande de gibier vendue dans un marché urbain était conservée par la méthode de boucanage, comparé à 88% de la viande disponible à l'état frais (Puit, 2003). Une autre étude effectuée dans la République Démocratique du Congo a rapporté l'inverse, 88% de la viande de gibier vendue boucanée comparé à 12% sous la forme fraîche (Mankoto et al., 1987). Ces deux études illustrent le fait que la méthode de conservation d'une viande dépendra du temps et de la distance nécessaire pour l'acheminement de la viande jusqu'aux marchés urbains, ce qui varie d'une zone à l'autre. En général, le boucanage est une méthode de conservation qui reflète une aire d'approvisionnement plus étendue et des délais de transport plus longs puisque cette méthode conserve mieux la viande (Fargeot, 2004). Malgré ces quelques études, peu d'information existe sur l'état de conservation du gibier au moment où il est acheté par les consommateurs dans les marchés urbains, ce qui serait utile pour mieux évaluer les risques sanitaires potentiellement liés à une exposition humaine au gibier à ce point précis du circuit commercial.

1.1.5. Les intérêts économiques et l'expansion du circuit commercial de gibier

Si le gibier représente une source importante de protéines en Afrique centrale, sa contribution aux économies locales et nationales semble aussi être non-négligeable (Davies, 2002). Ce créneau contribuerait aux alentours de US\$ 48 millions annuellement à l'économie nationale du Gabon, soit US\$ 22 millions en zone urbaine et US\$ 26 millions en zone rurale (Steel, 1994). Une étude effectuée en République Centrafricaine a évalué à US\$ 1,45 millions la contribution de cette filière dans la ville de Berbérati (Rieu, 2005). Et en Côte d'Ivoire, le revenu annuel dérivé de la chasse villageoise a été estimée à US\$ 105 millions, comparé à US\$ 34 millions au Burkina Faso et US\$ 42 millions au Libéria (Caspary, 1999; Anstey, 1991).

Les parts de revenu reçues par les différents intervenants de la filière sont toutefois variables. Les commerçants d'une étude en République Centrafricaine ont rapporté l'obtention d'un revenu s'échelonnant de 110 à 1115 US\$ par mois, l'équivalent d'un salaire de fonctionnaire urbain (Rieu et Binot, 2006). Une étude en République Démocratique du Congo a démontré que les commerçants et les acteurs cachés de la filière, soit des officiers militaires ou d'autres acteurs profitant de la clandestinité de cette filière pour en tirer profit, bénéficient respectivement d'environ 30% et 27% des revenus générés par la viande de gibier (De Merode et al., 2004). Traduit autrement, les commerçants et les acteurs cachés gagnent autour de 24 US\$/capita/jour, comparé aux autres intervenants (chasseur, collecteur, transporteur) qui ne gagnent qu'entre 1 à 5 US\$/capita/jour.

Les intérêts économiques du circuit commercial de gibier continueront de favoriser son expansion, et donc indirectement aussi l'augmentation de la fréquence des contacts homme-faune sauvage par tous les intervenants humains du circuit commercial. Le niveau d'exposition, et donc le risque de transmission de maladies issu du gibier, diffère pour chacun de ces intervenants de la filière et l'information manque à cet égard, plus particulièrement au niveau des consommateurs.

1.2. Consommation du gibier en Afrique centrale

1.2.1. Contexte

Contrairement à plusieurs autres pays de l'Afrique centrale, la consommation de viande est relativement importante au Gabon où la moyenne annuelle de consommation de viande excède la moyenne mondiale: 45 kg vs. 38 kg per capita (Speedy, 2003). L'industrie agroalimentaire étant toutefois peu développée au Gabon, plus de 80% des viandes domestiques sont importées (FAO, 2002). Avec une production annuelle en l'an 2000 limitée à 571 tonnes pour la volaille, 350 tonnes pour le bœuf et 360 tonnes pour le porc, l'importation annuelle de ces différentes denrées a été rapportée à 17000 tonnes, 7800 tonnes et 4350 tonnes, respectivement (FAO, 2002). Quant au poisson, 73 tonnes ont été produites en 2002 et 102 tonnes en 2001 (Ndjoyi, 2010). Pour ce qui est du gibier, sa production annuelle a été estimée à environs 30000 tonnes à l'échelle nationale (WCS, 2005). Quoique ces chiffres offrent une idée sur l'ordre de grandeur de la disponibilité de chacune de ces viandes au Gabon, rien n'est précisé sur ce qui est consommé. Afin de mettre en perspective l'importance de la consommation du gibier, il est important de connaître sa réelle contribution au régime alimentaire des populations et de la relativiser à celle des viandes domestiques et du poisson. Quelques études de l'Afrique centrale ont démontré que la viande de gibier contribue de façon variable au régime alimentaire, mais de manière relativement moins importante comparée aux viandes domestiques et au poisson dépendamment de la région concernée (voir tableau II). Cette

généralisation doit toutefois se faire avec précaution puisque ces études ne sont pas directement comparables étant donné l'utilisation de différentes unités de mesure (ménage versus individu). La réalité est qu'il y ait peu d'information sur la contribution relative de la faune sauvage au régime alimentaire des ménages urbains de l'Afrique centrale, soit en termes de quantité consommée (par exemple, le nombre de grammes consommés par personne par jour) ou encore en termes de fréquence de consommation. Ce manque d'information représente un des facteurs limitant la possibilité d'estimer plus précisément l'ampleur des risques sanitaires potentiellement associés à une exposition humaine au gibier dans les ménages urbains de l'Afrique centrale.

Tableau II. Contribution relative (%) de différentes protéines animales au régime alimentaire des populations en zones urbaines (Afrique centrale)

| Pays | Unité de mesure | Viandes domestiques | Poisson | Gibier | Référence |
|---------------------------|------------------------|----------------------------|----------------|---------------|---------------------|
| République Centrafricaine | Ménage | 50 % | 10 % | 40 % | Diéval, 2000 |
| Guinée Équatoriale | EAM* | 62 % | 29 % | 9 % | Fa et al., 2009 |
| Gabon ^x | EAM | 38 % | 44 % | 18 % | Wilkie et al., 2005 |

*EAM : Équivalent Adulte Mâle

^x : zones urbaine et rurale

1.2.2. Déterminants de la consommation du gibier en Afrique centrale

En plus de vouloir connaître la contribution relative du gibier au régime alimentaire des populations de l'Afrique centrale, une meilleure connaissance des déterminants de sa consommation est aussi nécessaire si l'on souhaite obtenir une image plus complète des facteurs de risques potentiellement associés à sa manipulation ou sa consommation (Cascio et al., 2011; Scott, 1996). De manière générale, plusieurs facteurs influencent la consommation de viande (Yildirim et al., 2007;; Gao et Spreen, 1994; Tambi et al., 2001), donc cette section sert à illustrer ce qui est actuellement connu des facteurs déterminants de la consommation du gibier en Afrique Centrale et autres pays similaires où cet aliment est communément consommé.

Facteurs associés au gibier

L'état de la conservation de la viande et le type d'espèce animale sont des facteurs de considération importants pour certains consommateurs. Par exemple, à Kisangani dans la République Démocratique du Congo, certains consommateurs se ravitaillent en viande de gibier boucanée, soit pour son goût ou pour son coût moins onéreux (Van Vliet et al., 2010). Au contraire, en Guinée Équatoriale, la viande de gibier fraîche est plus prisée par rapport à la viande congelée ou boucanée (Kümpel et al., 2007). L'évaluation de l'état de la conservation de la viande au moment de son achat est pertinente puisque les risques sanitaires associés à la viande fraîche risquent d'être différents comparés à ceux associés à la viande boucanée (Kayode et al., 2008).

Certaines espèces animales sauvages sont plus sollicitées par les consommateurs tel que l'a démontré une étude au Gabon où certains consommateurs ont préféré le goût de la viande de porc-épic et de potamochère (Schenck et al., 2006). Une préférence pour la viande provenant d'une espèce particulière de poisson (*Lutjanus campechanus*), de porc-épic (*Atherurus africanus*) et de céphalophe bleu (*Cephalopus monticola*) a aussi été démontré lors d'une étude effectuée en Guinée-Équatoriale (East et al., 2005). La décision des consommateurs peut aussi être influencée par le coût d'une viande relatif à celui d'autres viandes. Par exemple, en Amérique du Sud, des études ont démontré qu'une augmentation du prix de certaines viandes domestiques, comme le poulet et le bœuf, engendre une augmentation de la consommation de la viande de gibier (Apaza et al., 2002; Wilkie et Godoy, 2001). D'autres études au Gabon et au Ghana ont démontré une association entre l'augmentation du prix spécifique au poisson et une augmentation de la quantité de gibier consommé (Wilkie et al., 2005; Brashares et al., 2004). Finalement, la disponibilité de certaines espèces animales dans les marchés urbains peut aussi influencer la décision des consommateurs. Par exemple, une étude au Nigéria a rapporté que le niveau de consommation du grand Aulacode (*Thrynomys swinderianus*), prisé par les populations locales, est principalement limité par sa disponibilité dans les marchés (Ladele et al., 1996).

En résumé, les facteurs déterminants de la consommation propres au gibier incluent le mode de conservation de la viande, la préférence pour une espèce animale donnée, le prix du gibier, le prix d'autres types de viande et de poisson, ainsi que la

disponibilité de la viande. Tous ces facteurs peuvent donc directement influencer la fréquence de ravitaillement et donc d'exposition des consommateurs au gibier.

Facteurs associés aux consommateurs

En Guinée Équatoriale, deux études ont démontré que la consommation de gibier est plus fréquente parmi les ménages du groupe ethnique des Fangs (East et al., 2005; Fa et al., 2002). Par contraste, aucune différence n'a été démontrée parmi plusieurs différents groupes ethniques du Gabon (Wilkie et al., 2005; Indjeley, 1998). Une augmentation du niveau de consommation de la viande de gibier peut aussi être associée à des événements socioculturels comme dans le nord-est du Gabon où le volume de gibier consommé est plus important lors de cérémonies de circoncision de jeunes hommes (Van Vliet et Nasi, 2008). D'autre part, la consommation de certaines espèces animales sauvages est considérée taboue dans certains endroits de l'Afrique centrale comme l'a démontré une étude au Gabon où la viande de céphalophe à ventre blanc (*Cephalopus leucogaster*) est perçue, lorsqu'ingérée par une femme enceinte, comme source de maladies pour le nouveau-né (Van Vliet et Nasi, 2008). Une étude effectuée dans la République du Congo a rapporté que 695 (65%) parmi 1050 ménages ont déclaré une baisse de consommation de gibier liée à la possibilité d'une transmission de maladie à travers la manipulation ou la consommation de la viande de gibier (Mbeté et al., 2011), ce qui démontre que la perception d'un risque sanitaire associé au gibier peut indirectement influencer la décision des consommateurs. Finalement, le revenu du ménage représente un

déterminant important de la consommation du gibier. Plusieurs études ont démontré une association entre la tendance de consommation de gibier plus accentuée parmi les ménages dont le revenu est élevé, que ce soit en zones urbaines ou en zones rurales (Wilkie et al., 2005; De Merode et al., 2004). En résumé, plusieurs facteurs démographiques et socioéconomiques doivent être considérés afin de mieux comprendre le risque d'exposition humaine au gibier.

Facteurs géographiques et environnementaux

Dans la République du Gabon et en Guinée Équatoriale, la consommation du gibier est généralement plus fréquente en zone rurale qu'en zone urbaine (Binot et Cornelis, 2004). Cependant, la fréquence de consommation varie d'une zone rurale à l'autre en fonction de l'abondance et de la disponibilité du gibier (Fa et al., 2009). Au Gabon, quoique la fréquence de consommation au niveau individuel soit plus élevée en zone rurale, la quantité de gibier consommé est plus importante en zone urbaine puisque 85 % de la population nationale y sont représentés (Wilkie et Carpenter, 1999). En République Démocratique du Congo, une dépendance sur la consommation de gibier par les communautés rurale a été observée durant la saison sèche lorsque le gibier est plus disponible (De Merode et al., 2004), ce qui démontre que la consommation du gibier peut aussi varier dans le temps pour une même région. L'évaluation de la fréquence d'exposition humaine au gibier doit donc tenir compte, en plus des facteurs associés directement au gibier et aux consommateurs, des variations spatiotemporelles.

1.3. Le gibier en Afrique centrale : un risque sanitaire ?

1.3.1. Risques sanitaires associés à la faune sauvage

Tel que mentionné auparavant, très peu d'études ont traité du sujet de l'exposition humaine à la faune sauvage ou au gibier en Afrique centrale, que ce soit au niveau de la forêt ou du ménage urbain. C'est pourquoi l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a récemment initié des activités de recherche sur la faune sauvage, reconnaissant des lacunes sur nos connaissances de la faune sauvage en tant que réservoir pour une diversité d'agents pathogènes (Ahmed et al., 2010). Une étude a en effet rapporté que près de 15% des zoonoses chez l'humain ont un mécanisme d'émergence associé à la forêt tropicale où des réservoirs fauniques pour une diversité d'agents pathogènes existent (Willcox et Ellis, 2006). Depuis quelques décennies, l'intensification des activités d'exploitation forestière dans ces régions ne fait qu'engendrer la création de plusieurs routes qui favorisent une pénétration plus profonde de zones forestières jadis inaccessibles, ainsi qu'une augmentation de la fréquence des contacts homme-faune sauvage (Cascio et al., 2011). Cette augmentation de la fréquence des contacts homme-faune sauvage peut par la suite favoriser la transmission bidirectionnelle d'agents pathogènes (Lloyd-Smith et al., 2009; Karesh et Noble, 2009; Goldberg et al., 2008; Wolfe et al., 2000).

Au sud du Cameroun, une étude a rapporté la détection d'anticorps contre le virus spumeux simien (VSS) parmi des chasseurs locaux communément exposés à des carcasses de primates non-humains parmi lesquels un réservoir pour ce virus avait

préalablement été identifié (Wolfe et al., 2004). Une autre étude a rapporté la détection d'anticorps contre des souches du virus humain lymphotrope à cellules T (VHLT), dont celui du VHTL-1, parmi une cohorte de 930 chasseurs camerounais régulièrement exposés à des primates non-humains suspectés d'être infectés par des homologues de ce virus (Wolfe et al., 2005). Les auteurs de cette étude expliquent toutefois que l'établissement d'un lien direct entre la présence d'anticorps et une exposition humaine à ces primates non-humains infectés n'a pu être possible dans le cadre de cette étude. Plusieurs autres espèces animales sauvages peuvent servir de porteurs pour une gamme d'agents pathogènes transmissibles à l'humain tel que pour le virus de l'Ébola (VEBO) (Gillespie et al., 2008; Greger, 2007). Huit épidémies d'Ébola, chacune précédée d'une mortalité importante de la faune sauvage localement, ont eu lieu au Gabon et dans la République du Congo entre 1994 et 2003 (Leroy et al., 2004). Une étude a d'ailleurs pu démontrer l'association entre des anticorps humains contre la souche Zaïre du VEBO (VEBOZ), une souche très virulente, et la présence de ce même virus dans des échantillons de tissu musculaire et osseux provenant de différentes espèces animales (Rouquet et al., 2005). Ces quelques études illustrent, du moins pour les virus, qu'un risque sanitaire associé à l'exposition humaine à de divers tissus et sécrétions corporelles de gibier est non-seulement plausible, mais potentiellement important. Si la transmission aux humains d'agents pathogènes viraux issus de la faune sauvage est possible, elle pourrait donc être possible pour d'autres types d'agents pathogènes. Peu d'études existent à cet

égard, surtout en ce qui concerne les agents pathogènes bactériens dans le gibier vendu sur les étals des marchés urbains.

1.3.2. Risques sanitaires associés au gibier

Si une exposition humaine à la faune sauvage de l'Afrique centrale représente un risque sanitaire probable, quand-est-il du gibier en tant qu'aliment dérivé directement de plusieurs espèces animales sauvages ? Comme tout autre aliment, il peut potentiellement agir comme vecteur d'agents biologiques ou chimiques pouvant produire des maladies (incluant les maladies d'origine alimentaire) chez l'humain (Schlundt, 2006). Mais, cette viande qui est communément consommée en Afrique centrale présente certaines particularités puisque ses méthodes de production et de distribution, ainsi que les problématiques de santé publiques qu'elle peut engendrer, différent de celles applicables aux viandes d'animaux domestiques (Lecocq, 1997). De plus, le gibier ne peut être considéré comme aliment générique puisqu'il est dérivé de différentes espèces animales sauvages (Schenck et al., 2006). Et, quoique le gibier ait été le sujet de très peu d'études en matière de santé publique, quelques études effectuées dans certains marchés urbains de l'Afrique centrale ont tout de même pu rapporter la présence de certaines souches des virus de l'immunodéficience simien (SIV) (Aghokeng et al., 2010; Apetrei et al., 2005; Peeters et al., 2002), ainsi que la présence de certains parasites (Pourrut et al., 2011) dans du gibier vendu et destiné à la consommation humaine. Des études de prévalence sont toutefois actuellement inexistantes pour ces agents pathogènes, ce qui ne permet pas d'apprécier

complètement l'ampleur de ce risque. De plus, une lacune d'information existe en ce qui concerne la contamination du gibier par des bactéries, à l'exception d'une étude où des bactéries non-pathogènes à très faible impact sur la santé publique ont été ciblées (Kayode et Kolawole, 2008). Étant donné que le gibier est un aliment communément consommé en Afrique centrale et qu'une contamination de cet aliment est plausible, il est donc important d'évaluer l'état microbiologique, incluant le niveau de contamination par de différentes bactéries pathogènes, du gibier destiné à la consommation humaine.

1.3.3. Les bactéries pathogènes d'origine alimentaire

Plusieurs bactéries pathogènes jouent un rôle important dans le développement de maladies d'origine alimentaire à l'échelle internationale (Newell, 2010). Les principales bactéries pathogènes responsables de la production d'infections alimentaires (maladies survenant suite à l'ingestion d'aliments contaminés par un agent pathogène) sont *Campylobacter*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Shigella*, tandis que celles responsables d'intoxications alimentaires (maladies causées par l'ingestion de toxines produites avec ou sans la présence de bactéries pathogènes) incluent *Clostridium* et *Bacillus cereus* (Todd, 1997). Parmi les bactéries responsables d'infections alimentaires, seules quelques-unes sont documentées parmi quelques réservoirs d'animaux sauvages à l'échelle mondiale. Et, parmi ces dernières, celles associées à la manipulation ou à l'ingestion de viande crue ou inadéquatement cuite et celles étant le plus souvent isolées et ayant un impact

relativement plus important sur la santé humaine en Afrique centrale (ou à l'échelle mondiale si aucune information existe pour l'Afrique centrale) incluent *Campylobacter*, *Salmonella*, *Escherichia coli* et *Shigella* (Niyogi, 2005; Graham, 2002; Allos, 2001). Dans les pays en voie de développement, *Campylobacter* serait responsable pour de 40000 à 60000 cas de diarrhées par 100000 enfants âgés de moins de 5 ans annuellement, comparé à seulement 300 cas par 100000 cas dans les pays développés (Coker et al., 2002). Quoiqu'il existe peu d'information pour les salmonelles dans les pays en voie de développement, l'incidence des cas de salmonelles non-typhoïdes a été estimé à environ 98 millions annuellement, dont 80 millions seraient d'origine alimentaire (Majowicz et al., 2010). Finalement, la prévalence de *Shigella* est plus importante dans les pays en voie de développement par rapport aux pays développés (Niyogi, 2005; Van Oosterhout et al., 1994). En effet, *Shigella* représente la plus importante cause de dysenterie dans ces pays, avec 113 millions de cas attribuables à *Shigella* annuellement, comparés à 1.5 millions dans les pays industrialisés (Kotloff et al., 1999).

Le contrôle sanitaire de ces agents pathogènes d'origine alimentaire nécessite une bonne compréhension de plusieurs facteurs incluant une connaissance des risques possibles et de leur prévalence dans la nourriture (Rodriguez-Calleja, 2006). Si l'on considère que le circuit commercial du gibier rend probable l'opportunité d'une exposition humaine au gibier contaminé par des bactéries pathogènes, il est important, d'un point de vue de la santé publique, de mieux comprendre si des bactéries pathogènes sont présentes dans la faune sauvage et si une exposition

(manipulation ou consommation) au gibier circulant le long du circuit commercial en Afrique centrale représente nécessairement un risque sanitaire par rapport à ces bactéries.

1.3.4. Prévalence de *Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella* dans la faune sauvage

La gamme d'agents pathogènes bactériens présents dans les réservoirs de la faune sauvage est présumée être similaire à celle que l'on retrouve dans les réservoirs d'animaux domestiques, bien que très peu d'études existent en ce qui concerne la faune sauvage (Membré et al., 2011). De manière générale, en ce qui concerne *Salmonella*, les sérovars les plus impliqués dans les infections alimentaires appartiennent à la sous-espèce *enterica*, incluant principalement *S. Enteritidis* et *S. Typhimurium* (Gantois et al., 2009). Les deux sérovars sont capables de coloniser une large fourchette d'animaux domestiques (Newell, 2010). Quelques études ont rapporté une prévalence variant de 1.3 à 19.3% parmi des espèces animales similaires à celles chassées et commercialisées en Afrique centrale, notamment le sanglier (*Sus crofa*), certaines espèces de primates non-humains (*Chlorocebus aethiops*, *Gorilla beringei beringei*) et certaines espèces de rongeurs (*Rattus norvegicus*, *Thryobomys swinderiamus*) (voir Tableau III).

Les cas de campylobactériose avec le plus d'implications pour la santé publique à l'échelle mondiale sont causés par *Campylobacter coli* et *jejuni*, les deux étant le plus souvent associées à une contamination alimentaire ou hydrique (Tropical

Medicine, 2008). Quoique les *Campylobacter* survivent peu à l'extérieur de leurs hôtes, elles sont équipées d'une diversité génomique et d'une capacité d'adaptation qui leur permet de coloniser le tractus alimentaire de la plupart des mammifères et des oiseaux domestiques et sauvages (Newell, 2010). Comme pour *Salmonella*, ces bactéries ne causent pas la maladie chez l'animal qui peut agir de réservoir et de porteur sain (OIE, 2008). La contamination fécale lors des procédures d'éviscération de l'animal, par exemple lorsque le chasseur dépèce son gibier en forêt, serait un facteur de risque important pour les cas de maladies entériques chez l'humain puisque la transmission de ces bactéries est le plus souvent associée à la manipulation occupationnelle d'animaux ou de la viande contaminée (OIE, 2008). Certaines espèces animales sauvages similaires à celles retrouvées dans les marchés urbains de l'Afrique centrale et qui agissent de réservoir pour cette bactérie ailleurs dans le monde avec une prévalence allant de 3.4 et 80% (voir Tableau III) incluent le chevreuil (*Capreolus capreolus*), le sanglier (*Sus crofa*), la civette (*Paguma larvata*), le gorille (*Gorilla gorilla gorilla*) et le rat sauvage (*Rattus norvegicus*).

Finalement, le genre *Shigella* est constitué de 4 espèces incluant *S. sonnei*, *S. dysenteriae*, *S. boydii*, et *S. flexnei*, les trois dernières étant le plus couramment isolées dans les pays en voie de développement (CDC, 2004). Ces bactéries ne survivent pas longtemps dans l'environnement, quoiqu'elles peuvent survivre jusqu'à quatre semaines à l'intérieur de fèces et sont endémiques dans les climats tempérés et tropicaux (CDC, 2004). Jusqu'à aujourd'hui, un réservoir humain semble plus probable pour ces bactéries, quoique quelques réservoirs aient été identifiés pour

quelques espèces de primates non-humains limitées aux zones tropicales, à une prévalence relativement faible variant de 2 à 6% (voir tableau III).

Globalement, il est constaté que des réservoirs fauniques existent pour *Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella* à l'échelle mondiale, que de tels réservoirs existent possiblement parmi la faune sauvage de l'Afrique centrale, mais qu'il existe un manque d'information à ce sujet.

Tableau III. Réservoirs fauniques à l'échelle mondiale pour *Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella*

| Pays | Type d'échantillon | Espèce Animale | Bactérie pathogène | Taille échantillon | Prévalence rapportée | Référence |
|-------------------|---------------------------|---|--|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Suisse | Fèces | Chevreuril (<i>Capreolus capreolus</i>) | <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. hyointestinalis</i> , <i>C. species</i> | 69 | 4% | Wahlström et al., 2003 |
| | | Sanglier (<i>Sus crofa</i>) | <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i> , and other <i>C. species</i> | 31 | 12% | |
| | | Oie (<i>Branta canadensis</i>) | <i>Campylobacter spp.</i> | 23 | 15% | |
| Japon | Fèces | Raton-laveur (<i>Procyon lotor</i>) | <i>Campylobacter spp.</i> <i>Salmonella enterica</i> | 459 | 5.7 % 1.3 % | Lee et al., 2011 |
| | | Civette (<i>Paguma larvata</i>) | <i>Campylobacter spp.</i> | 153 | 7.2% | |
| Italie | Sérum | Sanglier (<i>Sus crofa</i>) | <i>Salmonella spp.</i> | 342 | 19.3% | Montagnaro et al., 2010 |
| Portugal | Fèces | Loutre marine (<i>Lutra lutra</i> Linnaeus, 1758) | <i>Salmonella Gallinarum</i> , <i>Salmonella enterica ssp.</i> | 66 | 7.6% | Oliviera et al., 2010 |
| Espagne | Sérum | Aoudad (<i>Ammotragus lervia</i>) | <i>Salmonella spp.</i> | 67 | 13.4% | Candela et al., 2009 |
| Rwanda | Fèces | Gorille de montagne (<i>Gorilla beringei beringei</i>) | <i>Campylobacter spp.</i> | 26 | 65-80% | Whittier et al., 2010 |
| États-Unis | Fèces | Loutre marine (<i>Enhydra lutris nereis</i>) | <i>Campylobacter spp.</i> <i>Salmonella enterica sp.</i> | 244 | 6.5 % 1.4 % | Miller et al., 2010 |
| États-Unis | Fèces | Éléphant de mer (<i>Mirounga angustirostris</i>) | <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Salmonella spp.</i> | 165 | 10.3% 1.8% | Stoddard et al., 2007 |
| Suisse | Fèces | Faucon Pèlerin (<i>Falco peregrinus</i>) | <i>Campylobacter spp.</i> | 69 | 9% | Palmgren et al., 2004 |

Tableau III (suite). Réservoirs fauniques à l'échelle mondiale pour *Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella*

| Pays | Type d'échantillon | Espèce animale | Bactérie pathogène | Taille échantillon | Prévalence rapportée | Référence |
|---------------------------|---------------------------|---|--|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Barbade | Fèces | Singe vert (<i>Chlorocebus aethiops</i>) | <i>Salmonella</i> spp. <i>Shigella sonnei</i> | 1 608 | 1% 2% | Roach et al., 2010 |
| Trinidad | Organes intestinaux | Chauve-souris (plusieurs espèces) | <i>Salmonella</i> spp. | 377 | 1.1% | Adesiyum et al., 2009 |
| Ouganda | Fèces | Gorille de montagne (<i>Gorilla beringei beringei</i>) | <i>Campylobacter</i> spp. <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp. | 62 | 19% 13% 6% | Nizeyi et al., 2001 |
| Trinidad et Tobago | Organes intestinaux | Rat sauvage (<i>Rattus norvegicus</i>) | <i>Salmonella</i> spp. <i>Campylobacter</i> spp. | 204 | 2% 3.4% | Nkogwe et al., 2011 |
| Brésil | Fèces | Chauve-Souris (plusieurs espèces) | <i>Salmonella</i> spp | 100 | 2.6% | Moreno et al., 1975 |
| Nigéria | Organes intestinaux | Grand aulacode (<i>Thryobomys swinderianus</i>) | <i>Salmonella</i> spp | 25 | 32% | Oboegbulem et al., 1990 |

1.3.5. Contamination bactérienne du gibier

1.3.5.1. Mécanismes de contamination bactérienne du tissu musculaire

Il est généralement accepté, du moins chez les animaux domestiques, que le tissu musculaire d'animaux sains est stérile (Gill, 2007), mais très peu d'études existent à ce sujet en ce qui concerne les animaux sauvages (Ahl et al., 2002). Dans un premier temps, il est pertinent d'identifier les mécanismes possibles de contamination de la partie interne du tissu musculaire par des bactéries pathogènes (Cascio et al., 2011).

i) Invasion antemortem

Chez l'humain, une invasion de la circulation sanguine par des bactéries entériques, accompagnée d'une dissémination sanguine de celles-ci à plusieurs organes internes, peut avoir lieu bien avant le décès d'un individu malade (Nehring et al., 1971). Du côté animal, une étude expérimentale sur des cobayes a démontré ce phénomène en injectant une dose élevée de bactéries par voie intraveineuse dans ces derniers (Gill et Penny, 1979). L'auteur de cette étude cite toutefois que cette bactériémie n'est pas représentative de ce que l'on peut retrouver chez les animaux d'élevage qui sont habituellement sains une fois rendus à l'abattoir. Toutefois, ceci pourrait être possible du côté de la faune sauvage puisque le statut sanitaire des animaux sauvages au moment de l'abattage en forêt n'est jamais connu ou contrôlé (Cascio et al., 2011)

ii) *Invasion postmortem*

Un deuxième mécanisme de contamination du tissu musculaire est celui de l'invasion des tissus internes par des bactéries pathogènes suite au décès d'un individu (Coello et al., 2007; Ingram et Danny, 1971). Une étude a pu démontrer l'invasion du tissu musculaire par des bactéries pathogènes à partir de 15 heures suivant le décès d'humains malades (Koneman, 1970). Plus récemment, une étude expérimentale effectuée sur des moutons sains a également pu démontrer la possibilité de ce mécanisme, mais l'auteur a rajouté qu'une invasion *post mortem* ne peut avoir lieu que si un déversement important de bactéries dans la cavité abdominale a lieu lors de la décomposition des tissus intestinaux (Gill et al., 1978). Une autre étude expérimentale effectuée sur de la viande bovine a rapporté la pénétration par des bactéries (mésophiles, motiles, protéolytiques, et pathogènes aux humains) de tissus musculaires en moins de 36 heures à une dose inoculée de $10^7/\text{cm}^2$ et à une température ambiante de 30°C, comparé à environ 3 jours à une dose inoculée de $10^2/\text{cm}^2$ pour une même température ambiante (Gill et Penny, 1977). Une fois de plus, ces conditions climatiques ne sont pas représentatives de ce que l'on retrouve au sein des filières de viandes domestiques, mais représentent toutefois ce que l'on peut retrouver du côté du circuit commercial du gibier en Afrique centrale (Fargeot, 2004).

iii) *Invasion durant l'abattage*

Finalement, une contamination de la partie interne du tissu musculaire pourrait aussi s'expliquer par la présence de bactéries pathogènes introduites à la circulation sanguine ou dans le tissu musculaire au moment même où l'animal se fait abattre (Gill, 1976). Des études effectuées en Angleterre ont démontré que plusieurs organes internes de bovins sains, dont des tissus musculaires, furent contaminés suite à une procédure d'abattage par des dispositifs préalablement contaminés par des *Escherichia coli* témoins (Buncic et al., 2002; Mackey et Derrick, 1979). En ce qui concerne la filière du gibier, ce scénario pourrait être représenté par le cas d'une pénétration par des balles de fusil ou une machette souillées du tractus intestinal de l'animal lors de la procédure d'abattage (Winklemayer et al., 2005; Bengis et al., 1997).

À l'heure actuelle, aucune preuve tangible ne peut expliquer clairement qu'un de ces mécanismes de contamination existe réellement. Cette absence de preuves peut s'interpréter de deux façons : 1. que ce type de contamination n'existe pas, ce qui aurait peu de répercussion sur la santé publique; ou 2. que ce type de contamination existe sous des conditions particulières, ce qui pourrait avoir des répercussions importantes sur la santé publique. De telles conditions particulières existent au sein du circuit commercial de gibier en Afrique centrale, notamment: 1. le statut sanitaire inconnu de l'animal au moment de l'abattage; 2. des méthodes de chasse non contrôlées et non réglementées; 3. un délai d'éviscération du gibier pouvant dépasser plus de 24 heures suite à la procédure d'abattage; 4.

l'acheminement du gibier conservé par des méthodes rudimentaires, voire absentes, sur de longues durées; 5. l'éviscération et la préparation du gibier au niveau de la forêt ou du ménage au lieu d'une usine de préparation; et, finalement, 6. une absence d'inspection formelle de la qualité microbiologique de la viande précédant la vente ou la consommation (Paulsen et al., 2008; Koréneková et Korének, 2008). Malgré ces conditions particulières et leurs implications potentiellement négatives sur la santé publique, en plus du fait que la consommation du gibier est relativement importante en Afrique centrale, peu d'études existent sur le niveau de contamination de la partie interne de la viande de gibier par des bactéries pathogènes (Casoli et al., 2005).

1.3.5.2. Contamination bactérienne documentée dans le tissu interne musculaire animal

i) Viande domestique à l'échelle mondiale

Étant donné la rareté d'études sur la contamination par des agents bactériens pathogènes de la partie interne de la viande issue d'animaux sauvages, il est utile, dans un premier temps, de répertorier ce qui est connu du côté de la viande domestique à l'échelle mondiale. Une étude effectuée en Allemagne a rapporté une prévalence de 20% pour *Campylobacter* dans la partie interne de poitrines de poulets, comparativement à une prévalence de 87% sur la partie externe de poitrines de poulet (provenant de différents échantillons) par la méthode de culture (Luber et al., 2006). En Angleterre, une étude a pu démontrer une charge élevée de bactéries pathogènes associée à la partie interne de la viande parmi des bovins abattus à la ferme plutôt

qu'à l'abattoir, et les auteurs suspectent que les conditions d'abattage sanitaires peu rigoureuses en étaient responsables. Une étude effectuée en Espagne a rapporté, par la méthode de réaction en chaîne par polymérase, une prévalence de 13% (6/47) pour *Mycobacterium avium* ssp. *Paratuberculosis* qui est une bactérie pathogène d'origine intestinale, dans le muscle du diaphragme de bovins présentant des signes cliniques de la tuberculose au moment de l'abattage (Alonso-Heam et al., 2009). Au Danemark, une étude sur la contamination interne du tissu musculaire de la mâchoire de bovins sains a rapporté une prévalence pour *Mycobacterium avium* ssp. de 4% par une méthode de détection moléculaire (Okura et al., 2011). Malgré le fait que nous ne soyons pas certains des mécanismes spécifiques de contamination bactérienne dans ces études, incluant la possibilité d'une contamination croisée lors du prélèvement de la viande, nous constatons tout de même que la contamination intramusculaire par des bactéries pathogènes reste plausible.

ii) *Gibier dans les pays industrialisés*

Très peu d'études ont été effectuées en ce qui concerne la détection de bactéries pathogènes dans le gibier, qu'il s'agisse du tissu musculaire interne ou externe (Membre et al., 2011; Atanassova et al., 2008). Une étude en Autriche a rapporté un faible niveau de contamination par des bactéries non-pathogènes du tissu musculaire parmi du gibier non-éviscéré et conservé à une température de moins de 10°C (Paulsen et al., 2008). Toutefois, un niveau de contamination plus élevé a été détecté dans du gibier préalablement atteint de balles de fusil et dont le tractus

intestinal était perforé. D'autres études ont démontré l'absence d'une contamination bactérienne parmi des carcasses non-éviscérées et maintenues à des températures de moins de 10°C, et pour lesquelles le tractus intestinal n'avait pas été perforé (Mead et al., 1974; Barnes et al., 1973). Une étude effectuée en Allemagne a rapporté la détection d'une contamination par *Campylobacter* dans trois carcasses de sangliers sauvages (*Sus scrofa*) sur 289 carcasses chassées et éviscérées dans un délai de moins d'une heure (Atanassova et al., 2008). Ces résultats corroborent ceux d'une autre étude qui a rapporté une contamination par *Campylobacter* parmi trois de 100 carcasses de chevreuils (*Capreolus capreolus*) (Paulsen et al., 2003). Le niveau variable de la contamination bactérienne du gibier chassé serait principalement due à une variation des pratiques de chasse selon le niveau d'expertise des chasseurs (Paulsen et al., 2004). Le constat global est que la contamination du tissu musculaire interne de gibier est possible, quoiqu'apparemment peu fréquente. Toutefois, les méthodes de chasse et la fréquence des activités de chasse en Europe diffèrent de celles au Gabon, d'une part. D'autre part, le climat, les méthodes de transport, les distances de transport, ainsi que les méthodes de conservation du gibier du point d'abattage au point de vente (ou consommation) diffèrent encore plus entre ces deux régions (Fargeot, 2004). Quoiqu'il en soit, ces études démontrent que la contamination bactérienne de la partie interne du tissu musculaire est plausible pour le gibier des pays industrialisés, et justifient le besoin d'études à ce sujet au niveau du gibier dans les pays en voie de développement où le gibier est plus communément consommé (Wilkie et Carpenter, 1999).

iii) *Gibier en Afrique centrale*

Du côté de l'Afrique, une étude au Nigéria a rapporté que parmi 48 échantillons de viande boucanée provenant de grand aulacodes (*Thryonomys swinderianus*), lapins sauvages (*Oryctolagus cuniculus*), varans (*Varanidae*) et plusieurs espèces d'antilopes vendus parmi quatre marchés urbains, 6% des échantillons étaient contaminés par *Salmonella* (Kayode et Kolawole, 2008). Toutefois, les auteurs ont souligné qu'il s'agissait plus probablement d'une contamination croisée. Une étude en République du Congo a détecté la présence de *Proteus mirabilis* et *Citrobacter* dans du gibier frais, ainsi qu'*Enterobacter* et *Agglomerans* dans du gibier boucané (Makosso-Vheiyé et al., 2008). Finalement, différentes souches de *Bacillus anthracis* ont été détectées dans le tissu musculaire et osseux de chimpanzés et d'un gorille retrouvés morts au niveau de la forêt de la Côte d'Ivoire et du Cameroun (Leendertz et al., 2006). Ces études illustrent qu'une contamination du muscle de gibier est donc possible en Afrique, mais que la contamination bactérienne demeure très peu étudiée. Tel que déjà mentionné, ce défaut d'information limite la possibilité de déterminer si un risque sanitaire lié au gibier existe, et ainsi d'éventuellement pouvoir déterminer si ce risque contribue de manière importante au fardeau des maladies lié la consommation du gibier en Afrique centrale.

1.3.6. Le fardeau des maladies d'origine alimentaire attribuable à la faune sauvage

Afin d'identifier et prioriser les interventions de santé publique relatives à la sécurité sanitaire des aliments ou afin de prévenir de futures éclosions, il est important de quantifier le fardeau des maladies d'origine alimentaire (et autres types de maladies) spécifique à différentes sources et différents agents pathogènes (Pires et al., 2009). En ce qui concerne la faune sauvage, tel que déjà mentionné, peu d'études ou de rapports existent. Ceci s'explique d'une part par le fait que les agents pathogènes hébergés parmi différents réservoirs fauniques sont méconnus et, d'autre part, par le fait que peu d'études considèrent l'inclusion de la faune sauvage en tant que source possible de maladies. À cela se rajoute la complexité d'attribuer le développement d'une maladie à une source ou un agent pathogène spécifique (Ravel et al., 2009). Finalement, tel que déjà mentionné, la viande de gibier ne peut, comme pour les viandes domestiques, être catégorisée en tant qu'aliment générique puisqu'elle est issue de plusieurs différentes espèces animales sauvages (Schenck et al., 2006).

Une étude en Europe a rapporté une absence d'éclosion de salmonellose (N = 338 milles entre les années 2005 et 2006) et de campylobactériose (N = 376 milles entre les années 2005 et 2006) attribuées à la consommation de gibier, quoiqu'une source n'a pas pu être attribuée pour respectivement 42 % et 36% de ces éclosions (Pires et al., 2010). Des résultats similaires ont été rapportés dans le cadre d'une

autre étude sur l'attribution de source basée sur des données d'éclosions bactériennes entre les années 1993 et 2010 en Amérique Latine et dans les Caraïbes (Pires et al., 2011). Aux États-Unis, parmi 1354 éclosions de maladies entériques d'origine alimentaire pour lesquels une viande contaminée et un contaminant microbiologique ont pu être identifiés, seules 29 (2%) ont été attribuées à la consommation de la viande de gibier (Dewaal et al., 2006). En prenant spécifiquement compte de l'agent pathogène, une autre étude en Amérique du Nord a identifié le gibier en tant que source relativement importante pour les éclosions de *Clostridium botulinum* et la catégorie générale des parasites, et ce basé sur une analyse d'environ trois mille éclosions documentées sur une plage de 30 ans (Ravel et al., 2009).

Bien que ces études démontrent globalement que le gibier ne semble pas contribuer de manière importante au fardeau des maladies d'origine alimentaire dans ces pays, il est important de noter que la fréquence de consommation de gibier relative à celle d'autres denrées alimentaires est faible dans les pays industrialisés (représentés dans toutes les études mentionnées ci-haut dans cette section) comparativement à ce qui est le cas dans la plupart des pays en voie de développement où la faune sauvage contribue à la sécurité alimentaire des populations humaines (Fa et al., 2003). De plus, il existe une large proportion de cas ou d'éclosions, dans les pays industrialisés dotés de systèmes de surveillance technologiquement plus développés, pour lesquels une source ou un agent pathogène ne peut être identifié, résultant éventuellement à la sous-estimation de l'importance de la faune sauvage en tant que source de maladies d'origine alimentaire. Ainsi, des

études sont donc nécessaires afin de mieux comprendre le rôle du gibier dans le fardeau des maladies d'origine alimentaire en Afrique centrale.

Chapitre 2 : Sommaire des problématiques

Peu d'information existe sur la réelle importance du gibier en termes de sa fréquence de consommation parmi les ménages urbains de l'Afrique centrale. Il existe aussi peu d'information sur les méthodes de ravitaillement, de conservation, de préparation et de consommation du gibier en Afrique centrale. Finalement, peu d'information existe sur la prévalence de *Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella* dans le gibier vendu et consommé dans les marchés urbains. Ces informations permettraient de mieux comprendre et identifier certains risques pour la santé humaine potentiellement associés à la manipulation et à la consommation du gibier en Afrique centrale, et ainsi de déterminer si des stratégies d'intervention (par exemple de détection, de prévention ou de contrôle) visant la sécurité sanitaire du gibier sont justifiées en Afrique centrale (Pires et al., 2009; Schlundt, 2002).

Chapitre 3 : Sommaire des objectifs du mémoire

Les objectifs du mémoire étaient donc de décrire les méthodes de ravitaillement et de conservation du gibier par les consommateurs urbains de Port-Gentil au Gabon, ainsi que de décrire et relativiser la consommation du gibier par rapport à celle d'autres viandes dans ces même ménages. Ce mémoire a aussi ciblé la détermination de la prévalence pour *Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella* dans le tissu musculaire interne de gibier vendu dans les deux principaux marchés de gibier de Port-Gentil.

Chapitre 4 : Article sur la consommation de gibier

MEAT CONSUMPTION TRENDS AND THE IMPORTANCE OF BUSHMEAT WITHIN URBAN HOUSEHOLDS OF GABON, CENTRAL AFRICA

Nicholas Bachand ¹

Julie Arsenault ^{1,2}

Clency Okouyi ³

André Ravel ^{1,2}

¹ Groupe de recherche en épidémiologie des zoonoses en santé publique, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, Québec, J2S 7C6, Canada

² Département de pathologie et microbiologie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, Québec, J2S 7C6, Canada

³ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, B.P. 2246, Libreville, Gabon

⁴ Corresponding author: André Ravel

1. Abstract

While handling or eating food, especially meat, people are exposed to various health hazards responsible for a high global burden of foodborne diseases worldwide. Bushmeat is commonly consumed in the central African urban setting, despite domestic meats and fish being also available. From a public health perspective, 205 Gabonese households were interviewed in Port-Gentil, Gabon between July and August 2010 to gather information on meat consumption behaviour over a 3-day period. Poultry (86%) and fish (84%) were consumed by most households followed by beef (44%), pork (25%) and bushmeat (24%). Bushmeat was always prepared boiled and more commonly consumed on Sundays. Economic factors were the most important determinants of household meat consumption. These observed consumption frequencies provide a starting point for understanding the relative importance of exposure to each type of meat within urban households of Gabon and central Africa from a public health perspective.

Keywords:

Foodborne hazards, bushmeat, public health, central Africa

2. Introduction

Food is a basic need and meat is an important primary source of proteins, minerals and vitamins. However, food of animal origin is also a threat to human health as a potential source of physical, chemical and microbiological hazards capable of causing diseases (Dupont, 2007; Todd, 1997). These resulting foodborne diseases are common, can have deleterious effects on human health including long-term sequelae and death, and are believed to constitute a high global burden. For example, an estimated 2.2 million deaths occur annually worldwide due to diarrheal diseases, a significant proportion of which are foodborne (Kuchenmüller *et al.*, 2009). Because the risk of disease transmission varies from one food commodity to another, there has been an increasing interest toward attributing the burden of each specific hazard to specific food groups (e.g. meat, produce) and food commodities (e.g. beef, chicken). Such information can be used to help identify and prioritize control and prevention measures tailored to different food groups or food commodities (Pires *et al.*, 2009).

Since food consumption trends vary across countries and cultures, different food categorization schemes have been devised with some that have placed game as its own food category (see for example Painter *et al.*, 2009). Overall, the burden of foodborne illnesses attributed to game is low (Pires *et al.*, 2012; Davidson *et al.*, 2011; Greig and Ravel, 2009; Hoffmann *et al.*, 2007). However, published studies are currently limited to developed countries where wild animals do not represent a significant component of people's diets. In developing countries including those of

central Africa, wild animals are still commonly hunted for consumption in both the rural and urban settings (Fa *et al.*, 2002). In fact, the annual quantity of bushmeat harvested in central Africa has been estimated at between one to 3.5 million tons (Wilkie and Carpenter, 1999). It is therefore obvious that the burden of illnesses associated with game in developed countries cannot be extrapolated to this region of the world where game consumption is relatively more common (Fa *et al.*, 2003).

The extent and occurrence of food-related health hazards depend on 1) the frequency of exposure and 2) the type and quantity of hazardous agent present at the time of exposure, respectively. Exposure to foodborne hazards within the household can occur while handling or while consuming a food item. Health hazards associated with the consumption of meat can vary based on the animal species or individual animal the meat is derived from, but also on other aspects such as the animal's environmental origins, carcass processing techniques or meat conservation and preparation methods (Daniel *et al.*, 2011). While a few health hazards associated with different domestic meats and bushmeat are well documented in Africa (Wolfe *et al.*, 2005; Peeters *et al.*, 2002; Tambi *et al.*, 2001), the frequency at which consumers are exposed to each of these various types of meat within urban households has received less attention, if any.

The study of meat consumption trends and behaviours, both at the individual consumer and household levels, is essential for improving our understanding of the risk factors associated with an exposure to foodborne pathogens (Scott, 2003). People's decisions to purchase and eat meat can be influenced by various geographic,

socioeconomic and cultural determinants (Van Vliet, 2011). Most studies that have focused on evaluating determinants of bushmeat consumption have done so at the individual level and from a wildlife conservation or human development perspective (Schenck *et al.*, 2006 ; Fa *et al.*, 2002), rather than describing meat consumption behaviours for all types of meat commodities commonly consumed at the household level from a public health perspective. Although these bushmeat studies have been invaluable for elucidating potential drivers of urban demand specific to bushmeat, they have not placed into context the relative importance of bushmeat within urban households compared to other meats, or provided much needed information on urban demand for other types of meat.

With 30,000 tons of bushmeat harvested for consumption in 2002 (WCS, 2005), Gabon is an example of countries in Central Africa where bushmeat is commonly traded and consumed. More than 50% of the country's annual bushmeat harvest is consumed in the urban setting where 85% of the population resides (Wilkie and Carpenter, 1999). Unlike domestic meats, there are no formal meat quality control inspections of bushmeat by local health authorities prior to its sale or consumption (Karesh and Noble, 2009), and few studies have looked into how consumers acquire and prepare this meat commodity at the market and within their homes, respectively, despite these two areas being obvious points along the bushmeat commodity chain where human exposure to pathogens can occur. With a public health perspective in mind, the main objectives of this study were to describe the consumption of meat items (beef, pork, poultry, fish and bushmeat) consumed within

urban Gabonese households, and to explore some economic and sociodemographic determinants of meat consumption at the household level. A second objective was to describe methods of bushmeat acquisition, handling, storage and cooking in those households.

3. Materials and Methods

Study area and population

The study took place between July 15, 2010 and August 15, 2010 in nine residential neighbourhoods of Port-Gentil, Gabon ($0^{\circ}43'S/8^{\circ}48'E$; Figure 1). Port-Gentil is a coastal city accessible by boat or air only and has an estimated population of about 140,000 inhabitants belonging to endemic (*Myene*) and non-endemic (*Bakota*, *Fang*, *Mbede*, *Merie*, *Okande*) ethnic groups (Delaroche, 2004). An authorization to conduct this study was issued by the *Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique* in Libreville.

Sample size and selection

For this descriptive study, the number of participating households was set at 195 based on a 10% acceptable error limit and using a 5% confidence level and an expected household proportion of 50% as a conservative scenario with the largest sampling variation (Dohoo, 2010). Household selection was achieved using a systematic approach. For each day of the week, one of nine residential neighbourhoods was randomly selected. Starting at the most south-west end of this location, a research assistant walked in the north-east direction to the next accessible road (either left or right). Thereafter, starting from the very first household on a side of the road selected at random, research assistants interviewed every other household until they reached the end of that road. Thereafter, they continued in the same manner while maintaining a north-east direction and until a maximum number of ten

households per research assistant were reached for a given day. If no one from a given household, if household residents were not Gabonese, or if no eligible respondent was available on that day, research assistants proceeded to the next available household. Eligible household respondents were female individuals whom had prepared or had actively contributed to preparing household meals during the five days preceding the interview date. This restriction was included based on an assumption that this individual had the most accurate information regarding recent methods of food acquisition, preparation and consumption within the household.

Measurement of meat consumption and bushmeat acquisition

A questionnaire written in French (Appendix I) was specifically designed for this study. Its first part aimed to gather data on the respondent's ethnicity and age, household monthly income and size, as well as a detailed description of all meals consumed within the household during the five days preceding the interview. The second part of the questionnaire aimed to collect data specific to bushmeat acquired and consumed during the five days preceding the interview which included: price per kilogram in FCFA, amount of meat purchased in kilograms, source location, meat conservation method at the time of purchase, time delay between its purchase and consumption, meat conservation method from the time of purchase up to its preparation, and preparation method prior to consumption. The questionnaire was administered verbally in French by two trained Gabonese university graduates through the process of a structured person-to-person interview. The study purpose was clearly stated on the front page of each questionnaire and was read by

respondents, or read out loud by research assistants in cases where respondents were illiterate, prior to seeking verbal informed consent. Each respondent received 1 000 FCFA (US\$ 1.95) following the end of the interview. Questionnaire data was subsequently transferred into an Excel spreadsheet.

Statistical analyses

Descriptive statistics were used to describe respondent and household characteristics, meat consumption trends, bushmeat acquisition characteristics and meat prices.

The proportion of meals for each type of meat (i.e. beef, bushmeat, fish, pork and poultry) was computed over all meals reported throughout the study on the basis of a three day recall period. A recall period includes the total number of days prior to the interview for which a household was asked to report meals. This three day recall period was selected following preliminary data exploration revealing a high percentage of households with incomplete meal consumption data for longer recall periods (refer to Results section). Multiple correspondence analysis was used to explore potential meal consumption patterns according to the day of the week, the time of day (morning, midday, evening) and the type of meat (beef, several bushmeat species, fish, pork, poultry or vegetarian i.e. meatless meals).

Then, meat consumption patterns for each day of the week were described at the household level. Separately for each specific type of meat, the proportion of

households where consumption occurred (yes= at least one meal of this type of meat occurred; no= no meal with this type of meat occurred) was computed and plotted for each specific day of the week over the total number of households for which the three day recall period included that specific day of the week. Because it cannot be assumed that household meat consumption on a given day is independent from household meat consumption on the preceding or following day, the data were then stratified by recall day, with D1 being the day prior to the interview, D2 the day before D1, and D3 the day before D2. For each of these three individual recall days, the proportion and 95% confidence intervals of households where meat consumption occurred was computed and plotted separately for each different type of meat. The Fisher's exact test was then performed, using each recall day separately, to assess whether the household consumption patterns differed between each day of the week.

Lastly, data analyses were conducted at the household level. The proportions with 95% confidence intervals of households where meat consumption occurred at least once over the household's three day recall period were calculated separately for each meat type. Based on this definition, logistic regression analysis was then used with meat consumption (yes/no) as the outcome variable to explore economic and socio-demographic determinants of household meat consumption. These exploratory variables included ethnicity, residential neighbourhood, monthly household income and household size. Ethnicity was divided into two categories: endemic (i.e. *Myene* only) and non-endemic (i.e. all other ethnic groups). Three residential neighbourhoods were defined based on each neighbourhood's relative geographical

proximity to a bushmeat market: zone 1 (*Goge, Mosquée* and *Sud*) was located near the *Camp Boirot* bushmeat market, zone 2 (*Chic, Grand Village* and *Pas-à-Pas*) was distant from both bushmeat markets, and zone 3 (*Balise, Château, and Nouvelle Balise*) was close to the *Bornave* bushmeat market (Figure 1). Household monthly income was categorized as low ($\leq 200,000$ FCFA), moderate (200,001-500,000 FCFA) and high ($> 500,000$ FCFA). Household size was divided into four categories: ≤ 3 , 4, 5 and ≥ 6 people per household. An *interview day* variable was included as a potential confounder and was divided into two categories based on whether one of the three recall days included a Sunday or not. This variable was included since preliminary data exploration showed that household meat consumption and the interview day variable were not mutually independent. Starting from a multivariate logistic regression model including all independent variables, a backward method with a $p > 0.05$ (likelihood ratio test) as a rejection criterion for variables was used to select the final model. To evaluate potential confounding between variables, odds ratios were calculated from regression coefficients during each step to ensure that these did not vary significantly ($<30\%$) on the log scale up to the selection of the final model (Dohoo, 2010). As a second step toward the final model selection, interactions were tested between each possible combination of explanatory variables retained in the model obtained after the backward selection. Finally, the Hosmer-Lemeshow test was used to evaluate the fit for each final model, contrasts between categories of qualitative explanatory variables were tested, and

odds ratios were derived from regression coefficients. The alpha value was set at 5% to assess statistical significance for all analyses.

Analyses were performed in R (version 2.12.1; R Development Core Team 2010), except for the multiple correspondence analysis which was conducted using XLStatTM 2007.5 software (Addinsoft, Paris, France) and the logistic regression which was run on SAS using the Logistic procedure (version number 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

4. Results

Household and respondent characteristics

Of 282 households reached, 231 (82%) had respondents who were present and willing to participate in the interview, but only 224 (79%) of these were eligible as households with Gabonese residents. Of these 224 households, only 69 households had complete meal consumption data for the five days preceding their interview, compared to 116 households for the four days preceding the interview, and 214 households for the three days preceding the interview. From the latter, analyses were restricted to 205 households which provided questionnaires with no other missing data.

A description of the 205 households and female respondents is presented in Table 1. The median respondent age was 36 years old (range 25-72 years). The number of interviewed households within the local *Myene* ethnic group was the highest followed by the *Merie* ethnic group. The number of residents per household ranged from 2 to 18 (mode : 5). Over two thirds (71%) of household interviews occurred from Monday through Wednesday, inclusively, because only one of two survey administrators was available from Thursdays to Sundays.

Meat prices and bushmeat acquisition characteristics

The average prices, on a kilogram basis, were reported as US\$ 2.38 (range 1.97 - 2.91) for poultry, US\$ 3.30 (1.91 - 4.85) for fish, US\$ 5.03 (3.50 - 6.80) for

beef, US\$ 2.47 (1.75 - 2.91) for pork and US\$ 5.55 (4.17 - 6.02) for bushmeat. The description of bushmeat carcasses purchased and consumed during the survey period is presented in Table 2. Briefly, a total of 58 bushmeat carcasses were purchased and consumed during the survey period. The majority were purchased whole (66%) at the *Bornave* market (69%), without any formal conservation methods (57%) from the time of purchase at the market to the household level, and were consumed within 12 hours of being purchased (71%). All bushmeat items were boiled prior to consumption.

Meat consumption trends (unit: meal)

Overall, 1 570 meals were reported, 908 (58%) which consisted of meat (meat-based meals). Of 908 meat-based meals, 34% consisted of poultry compared to 32% for fish, 16% for beef, 10% for bushmeat and 8% for pork. The multiple correspondence analysis clearly suggested that morning meals generally excluded meat, midday meals generally included meat and more particularly poultry, whereas evening meals bore no specific pattern (Figure 2). Moreover, bushmeat consumption seemed particularly associated positively with Sunday and negatively with Monday.

The meal consumption trends specific to each meat type showed some daily variations, notably on Sunday where the consumption of meals consisting of poultry tended to decrease compared to the consumption of meals consisting of bushmeat which tended to increase (Figure 3). The stratified description, which took into account each recall day separately and factored the variation in the number of

interviewed households for each day of the week (by showing the 95% CI), led to similar conclusions (Figure 4). Meals consisting of bushmeat were not homogeneously distributed among the different days of the week for D1 (Fisher's exact test, $p < 0.001$) and D3 ($p = 0.007$), whereas results for D2 were not significant ($p = 0.26$). Beef meals were not homogeneously distributed across the days of the week for D3 ($p = 0.017$), whereas all other tests were statistically not significant ($p > 0.05$).

Meat consumption trends (unit: household)

All households ate at least one meat-based meal over the three day recall period (range: 1-7 meat-based meals). Poultry consumption occurred among 86% of households (95%CI: 81-90%), compared to 84% (95%CI: 79-89%) for fish, 44% (95%CI: 37-51%) for beef, 25% (95%CI: 19-31%) for pork, and 24% (95%CI: 18-30%) for bushmeat.

Determinants of household meat consumption

The final logistic regression models linking socio-economic factors to household consumption over the three day recall period were obtained for all specific meats except for pork for which no explanatory variables were retained into the model (Table 3). The monthly income variable was the only variable kept in the beef model, with households in the highest income category having greater odds of consuming beef compared to those in the lowest income category (OR=2.45). Higher odds of bushmeat consumption were observed in households for which

Sunday was included within their recall period (OR=2.39), and in households with high monthly income compared to both low income (OR=2.85) and moderate income (OR=2.37). For the fish model, a higher odd of consumption was found for households with a moderate income compared to households with a low income (OR=3.10), whereas a lower odd of consumption was observed for households with a high income compared to those with a moderate income (OR=0.35). In addition, lower odds of fish consumption were observed in households living within Zone 3 compared to those living in Zone 2 (OR=0.36). For the poultry model, only household size was statistically significant with lower odds of poultry consumption for the largest sized ones (6 people or more) compared to households with 5 people (OR=0.36), 4 people (OR=0.17) and 3 people or less (OR= 0.34). No interaction was significant in any of the models that included more than one variable in the final model. Ethnicity was not retained within any of the final models. Lastly, no evidence of confounding between any of the exploratory variables was found during the model building process.

5. Discussion

The main objectives of our study were to describe household meat consumption patterns and to explore some economic and sociodemographic determinants of household meat consumption for different types of meat. Our study reveals that meat consumption occurs within all Gabonese households of Port-Gentil, and that its consumption is apparently more frequent during midday and, to a lesser extent, in the evening. Poultry and fish were the most commonly consumed types of meat, followed by beef, bushmeat and pork, in that order. This falls in general agreement with some national figures on food availability and consumption in Gabon where the average annual meat consumption exceeds the average world meat consumption: 45 kg vs. 38 kg per capita (Speedy, 2003). In the year 2000, approximately 30,500 tons of poultry, 8,000 tons of beef, 5,000 tons of pork and 73 tons of fish were available for consumption in Gabon (Ndoyi, 2010; FAO, 2002). The discrepancy between fish availability figures in Gabon based on a few reports and an elevated household consumption frequency found in this study may be well explained by the fact that current national fish production estimates lack accuracy combined with the fact that Port-Gentil is a coastal city where fish is more readily available for consumption, a finding that has been corroborated by another study in a similar setting in central Africa (Fa *et al.*, 2009). The observed trends mentioned above also fall in agreement with another study previously conducted in Gabon where, on a per adult male equivalent basis, poultry was the most consumed type of domestic meat (beef, chicken and pork) and fish was the most consumed among all

available meat types (Wilkie *et al.*, 2005). Direct comparison requires caution though since this study reported trends based on data pooled from both rural and urban settings. From a public health perspective, information on the relative contribution of each type of meat consumed within urban Gabonese households is invaluable to gauge household demand or need for different types of meat but also, from a public health perspective, to acquire a better understanding on the relative household exposure levels to potential health hazards associated with each different type of meat.

Results clearly showed that bushmeat consumption is not marginal within Gabonese households of Port-Gentil: using a three day window, bushmeat was reported in one tenth of all meat-based meals and was consumed in one out of four households. Another study from Gabon reported that 39% of households in Libreville consumed bushmeat at least once monthly using a thirty-day recall period (Indjieley, 1998), whereas no bushmeat consumption was reported in most households in a study from Equatorial Guinea based on a 24-hour recall period (Fa *et al.*, 2009). The use of different recall periods in these studies circumvents the possibility for direct comparisons. However, these studies do illustrate the trade-off that exists between information accuracy (shorter recall period) and trend accuracy (longer recall period), the latter consideration being especially relevant to foods less frequently consumed such as bushmeat. A dietary log may theoretically provide more accurate information on food consumption, although respondent compliance is an issue which can lead to missing or incomplete data on meals. The use of a person-

to-person interview was therefore preferred in order to maximise response rate compared to the use of a dietary log. Despite this, our results support those of previous studies conducted in Gabon and suggest that bushmeat is consumed within a fair proportion of urban Gabonese households, although on a more occasional rather than daily basis in comparison to both poultry and fish. The finding that bushmeat was more frequently consumed on Sundays has not yet been reported. Considering that Sunday is a special day of the week in many countries and is often a time for family gatherings and festivities, we hypothesize that bushmeat consumption fills a cultural void (Van Vliet, 2011) among urban Gabonese people during this restful day of the week. However, anecdotal evidence also suggests that bushmeat is more readily available in urban markets toward the end of the week when bushmeat harvested during the early part of the week reaches the city via organised means of transportation. Finally, urban dwellers have more time on weekends to travel to the few selected markets that specialise in selling fresh bushmeat.

With a special focus on bushmeat, our study reports for the first time, using a consumer perspective, on the relative frequency of bushmeat species acquired in local bushmeat markets and subsequently consumed at the household level, rather than species representation at the market level from which actual consumption trends cannot be assumed or deduced. The smaller bushmeat species sold as whole carcasses, including carcasses from small non-human primates (*Cercopithecidae*, 28% of all carcasses), represented two-thirds (66%) of all bushmeat carcasses acquired and consumed within households during this survey. This is relevant since

whole carcasses are eviscerated and dressed within households, which provides an opportunity for human exposure to various pathogens including viruses, bacteria and parasites. Another recent study conducted in the Republic of Congo reported on the infrequent consumption of small non-human primates compared to other bushmeat species, which seemed mostly due to cultural taboos and consumer perceptions of health risks (such as viral hemorrhagic fever) associated with an exposure to non-human primates (Mbete *et al.*, 2011). In Port-Gentil, such barriers to the consumption of non-human primates seem weaker or non-existent. This may represent an important public health concern since health risks associated with an exposure to non-human primate carcasses or meat within the forest or in central African urban markets have already been demonstrated (Pourrut *et al.*, 2011; Apetrei *et al.*, 2005; Leroy *et al.*, 2004; Peeters *et al.*, 2002). Generally, bushmeat carcasses and bushmeat parts were sold to consumers without any type of formal meat conservation method. However, most (71%) of the bushmeat was consumed within twelve hours of purchase, and all bushmeat items were reportedly boiled prior to consumption. Information on the time delay between the time of animal slaughtering and the time its meat was purchased in the urban market was not available during this study, but health implications of this certainly require attention in future studies. With respect to biological hazards associated with bushmeat, human exposure to pathogens may occur through the handling and preparation of bushmeat prior to consumption, but is highly improbable during the consumption of boiled bushmeat

unless boiling time is too short or meat is contaminated by highly heat-resistant microorganisms.

Overall, economic factors were the most consistent determinants of meat consumption within urban Gabonese households. Prices reported by respondents were inversely correlated with the consumption frequencies for each type of meat, with the exception of pork. In addition, monthly household income was retained in three of the four final models. Households with the highest income tended to consume more of the most expensive meats (beef and bushmeat), whereas fish was more often consumed in moderate income households. Previous studies have shown that the consumption of any given type of meat is largely contingent upon household income and the relative price of alternative types of meat (Fa *et al.*, 2009; Kumpel *et al.*, 2007; Wilkie *et al.*, 2005). Results from this study reinforce the importance of accounting for monthly income when exploring additional determinants. Pork was relatively infrequently consumed during this study (8% of meat-based meals distributed in one quarter of households) considering that its reported price was as low as that for poultry, reflecting a consumption pattern that is apparently not economically driven. Religious or cultural beliefs may be stronger determinants of its consumption, though this has yet to be validated.

Another determinant of meat consumption found in this study was that of household size with significant differences detected in the poultry consumption model in which relatively fewer households among the largest household size category consumed poultry. Proximity to markets was not a determinant of meat

consumption except for fish consumption. The Bornave market in Zone 3 provided two thirds of the bushmeat consumed in this study. Household proximity to a bushmeat market and a higher occurrence of household bushmeat consumption would therefore have been expected for this zone but was not found to be the case. This means that distance is not a factor that affects willingness to purchase and consume bushmeat, which reinforces our previous hypothesis that bushmeat represents a special food commodity valued for reasons beyond economics. Finally, ethnicity was not associated with the consumption of any one type of meat. Previous findings with respect to bushmeat have been mixed in this regard with some studies highlighting differences between different ethnic groups (East *et al.*, 2005; Fa *et al.*, 2002), whereas others failing to do so (Mbeté *et al.*, 2011; Albrechtsen *et al.*, 2006). In our study, we contrasted the local ethnic group as one category to all other ethnic groups as the alternative category without *a priori* knowledge of potential differences between these two broad categories or various ethnic groups. The effect of ethnicity may be specific to one or more ethnic groups and should therefore, in the future, be tested more formally. More generally though, with a number of participating households limited to 205, the resulting study power for logistic regression modelling likely limited the detection of effects to large ones only. Despite this caveat, this study still managed to highlight the importance of economic factors in household decisions toward the consumption of different types of meat.

This cross-sectional study was conducted in a precise location (several neighbourhoods in the coastal city of Port-Gentil, Gabon), over a short period of time

(one month in 2010 during the open hunting season), and using a person-to-person structured interview within households selected using a systematic approach. Household consumption studies based on cross-sectional survey data may suffer from selection bias whereby selection of the study sample is non-random and therefore not representative of the study population (Tambi, 2001). We are confident that household selection was unbiased in this study and that participating households formed a representative sample of the intended study population (Gabonese people in Port-Gentil). This being said, some of the respondent's answers may have been affected by low precision or biases, especially those related to monthly income and bushmeat consumption. For the former, reported household income figures may have been greater or lower depending on the respondent's intent to hide or overestimate their income, respectively; if present, this measurement error would have led to a bias towards the null for the relationship between monthly household income and meat consumption. Considering that some aspects of bushmeat consumption are illegal in Gabon, some respondents might have underreported their consumption; as a result, the study may have underestimated the occurrence of household bushmeat consumption. Gabonese research assistants were hired to avoid this possible bias. On the other end, bushmeat consumption based on a three day recall period may have also been overestimated considering that more households were interviewed at the beginning of the week during the study and that findings in our study indicated that bushmeat was more frequently consumed on Sundays. The study was conducted during the open hunting season, which limits the possibility of extrapolating these

results to the remainder of the year. In fact, during the closed hunting season, bushmeat availability and prices may be lower and greater, respectively, compared to those during the open hunting season. Studies conducted over longer periods of time are therefore warranted for comparing or assessing trends or patterns, respectively, of household meat consumption frequencies throughout the year. Port-Gentil being a coastal city, these results cannot be extrapolated to Gabonese cities located inland, at least with respect to fish consumption. It can only be speculated as to whether, in these latter locations, fish is replaced predominantly by any one type of meat commodity (the cheapest, poultry; or another more accessible, bushmeat for example) or would be replaced by a mix of various meat commodities. However, it has been reported that bushmeat is consumed in larger quantities in inland cities of Gabon, where prices for this meat commodity are lower (Wilkie et al., 2005). It must also be kept in mind that Port-Gentil is the economic capital of Gabon where a thriving oil-driven economy occurs, which is most likely why food prices are relatively higher compared to those of other Gabonese cities, though comparable to those of other central African coastal cities with similar economies.

This study showed that poultry, fish, and, to a lesser extent, beef, bushmeat, and pork all constitute parts of the urban Gabonese household diet by quantifying their relative importance. Moreover, this study reinforced the importance of considering economic factors when assessing determinants of household meat consumption, at least in the urban setting. A higher level of household bushmeat consumption was associated with the most festive day of the week, and small non-

human primates sold as whole carcasses constituted a fair part of the bushmeat prepared and consumed within urban households during this survey. This raises concerns related to the transmission of zoonotic diseases at the household level during meat handling and preparation. The boiling of bushmeat being a common practice, the potential biological hazards related to this meat commodity in the urban setting relates more to its handling and preparation than to its ingestion *per se*. These results provide additional information on household demand for meat in the urban setting in Central Africa, as well as information on household exposure levels to different types of meats based on their relative importance within household diets. Ultimately, this provides a basis for future comparisons to be made regarding household meat consumption trends or patterns throughout time as more information on the health implications of handling or consuming different types of meat, including bushmeat, in Gabon or central Africa becomes available.

6. Acknowledgements

Funding was provided in part by the *Université de Montréal*, the *Groupe de recherche en épidémiologie des zoonoses et santé publique* (GRESZOP) and the *Société de Conservation et de Développement* (SCD). We thank research assistants Mougala Roméo Herman and Djengoué Désiré Serge. We also thank all household respondents for their collaboration. Finally, we thank the *Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique* who approved this project under permit N° Av AR0014 / 10 / MENESRSI / CENAREST / CG / CST / CSAR. We also wish to dedicate this article to our beloved and respected friend and colleague Mrs. Lucie Dutil who passed away during the final preparation phase of this article. Lucie, you will be greatly missed and remembered always.

7. References

- Albrechtsen, L., Fa, J.E., Barry, B. and Macdonald, D.W. (2005). Contrasts in availability and consumption of animal protein in Bioko Island, West Africa: The role of bushmeat. *Environmental Conservation* 32 : 340-348.
- Apetrei, C., Metzger, M.J., Richardson, D., Ling, B., Telfer, P.T., Reed, P., Robertson, D.L., and Marx, P.A. (2005). Detection and partial characterization of simian immunodeficiency virus SIVsm strains from bush meat samples from rural Sierra Leone. *Journal of Virology* 79 : 2631-2636.
- Daniel, C.R., Cross, J.C., Koebnick, C., and Sinha, R. (2011). Trends in meat consumption in the United States. *Public Health Nutrition* 14 : 575-583.
- Davidson, V., Ravel, A., Nguyen, T., Ruzante, J., and Fazil, A. (2011). Food-specific attribution of gastrointestinal illnesses according to a canadian expert elicitation survey. *Foodborne Pathogens and Disease* 8 : 983-995.
- Delaroche, F. (Ed.). (2004). Atlas du Gabon. Les Éditions J.A. Paris, France. Éditions du Jaguar. pp. 74
- Dohoo, I. (2010). Veterinary Epidemiologic Research. S.M.Mcpike. Charlottetown, Prince Edward Island. VER Inc. pp. 865
- Dupont, L. (2007). The growing threat of foodborne bacterial enteropathogens of animal origin. *Clinical Infectious Diseases* 45 : 1353-1361.
- East, T., Kämpel, N.F., Milner-Gulland, E.J., and Rowcliffe, J.M. (2005). Determinants of urban bushmeat consumption in Río Muni, Equatorial Guinea. *Biological Conservation* 126 : 206-215.
- Fa, J.E., Peres, C.A., and Meeuwig, J. (2002). Bushmeat exploitation in tropical forests: An intercontinental comparison. *Conservation Biology* 16 : 232-237.
- Fa, J. E., Currie, D., and Meeuwig, J. (2003). Bushmeat and food security in the Congo Basin: Linkages between wildlife and people's future. *Environmental Conservation* 30 : 71-78.
- Fa, J. E., Albrechtsen, L., Johnson, P.J., and Macdonal, D.W. (2009). Linkages between household wealth, bushmeat and other animal protein consumption are not invariant: Evidence from Rio Muni, Equatorial Guinea. *Animal Conservation* 6 : 599-610.

- FAO. (2002). Données agricoles de FAOSTAT. In : Banque de données statistiques de la FAO. [on line]. FAO [<http://faostat.fao.org/faostat>] (consulted on 20 octobre 2010).
- Greig, J. and Ravel, A. (2009). Analysis of foodborne outbreak data reported internationally for source attribution. *International Journal of Food Microbiology* 130: 77-87.
- Hoffmann, S., Fischbeck, P., Krupnick, A., and McWilliams, M. (2007). Using expert elicitation to link foodborne illnesses in the United States to foods. *Journal of Food Protection* 70 : 1220-1229.
- Indjeley, M. (1998). Analyse socioculturelle et économique de la consommation de la viande de brousse à Libreville. Séminaire FORAFRI de Libreville - Session 1 : états des populations et des forêts. pp1-6.
- Karesh, W. B. and Noble, E. (2009). The bushmeat trade: Increased opportunities for transmission of zoonotic disease. *Mount Sinai Journal of Medicine* 76: 429-434.
- Kuchenmüller, T., Hird, S., Stein, C., Kramarz, P., Nanda, A., and Havelaar, A.H. (2009). Estimating the global burden of foodborne diseases - A collaborative effort. *Eurosurveillance* 14
- Kumpel, N.F., East, T., Keylock, N., Rowcliffe, J.M., Cowlishaw, G., and Milner-Gulland, E.J. (2007). Determinants of bushmeat consumption and trade in continental Equatorial Guinea: An urban-rural Comparison. In: Brown, D. and Davies, G. (eds.) *Bushmeat and Livelihoods: Wildlife Management and Poverty Reduction*, Conservation Science and Practice 2. Malden, MA, Blackwell Publishing pp. 73-91
- Leroy, E.M., Rouquet, P., Formenty, P., Souquiere, S., Kilbourne, A., Froment, J.M., Bermejo, M., Smit, S., Karesh, W., Swanepoel, R., Zaki, S.R., and Rollin, P.E. (2004). Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Science* 303 : 387-390.
- Mbete, R., Banga-Mboko, A.H., Racey, P., Mfoukou-Ntsakala, A., Nganga, I., Vermeulen, C., Doucet, J-L., Hornick, J-L., and Leroy, P. (2011). Household bushmeat consumption in Brazzaville, the Republic of the Congo. *Tropical Conservation Science* 4 : 187-202.

- Ndjoyi, W. (2010). Situation de l'élevage et la nécessité de développement d'un système de contrôle de la surveillance vétérinaire de la santé animal au Gabon. Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST)
- Painter, J. L., Ayers, T., Woodruff, R., Blanton, E., Perez, N., Hoekstra, R.M., Griffin, P.M., and Braden, C. (2009). Recipes for foodborne outbreaks: A scheme for categorizing and grouping implicated foods. *Foodborne Pathogens and Disease* 6: 1259-1264.
- Peeters, M., Courgnaud, V., Abela, B., Auzel, P., Pourrut, X., Bibollet-Ruche, F., Loul, S., Liegeois, F., Butel, C., Koulagna, D., Mpoudi-Ngole, E., Shaw, G.M., Hahn, B.H., and Delaporte, E. (2002). Risk to human health from a plethora of simian immunodeficiency viruses in primate bushmeat. *Emerging Infectious Diseases* 8 : 451-457.
- Pires, S.M., Evers, E.G., van Pelt, W., Ayers, T., Scallan, E., Angulo, F.J., Havelaar, A., and Med-Vet-Net Workpackage 28 Working Group. (2009). Attributing the human disease burden of foodborne infections to specific sources. *Foodborne Pathogens and Disease* 6 : 417-424.
- Pires, S. M., Vieira, A.M., Perez, E., Lo Fo Wong, D., and Hald, T. (2012). Attributing human foodborne illness to food sources and water in Latin America and the Caribbean using data from outbreak investigations. *International Journal of Food Microbiology* 152 : 129–138.
- Pourrut, X., Dikko, J.L., Somo, R.M., Bilong Bilong, C.F., Delaporte, E., Lebreton, M., and Gonzalez, J.P. (2011). Prevalence of gastrointestinal parasites in primate bushmeat and pets in Cameroon. *Veterinary Parasitology* 175: 187-191.
- Schenck, M., Effa, E.N., Starkey, M., Wilkie, D., Abernethy, K., Telfer, P., Godoy, R. and Treves, A. (2006). Why people eat bushmeat: results from two-choice, taste tests in Gabon, central Africa. *Human Ecology* 34: 433-445.
- Scott, E. (2003). Food safety and foodborne disease in 21st century homes. *Canadian Journal of Infectious Diseases* 5: 277-280.
- Speedy, A.W. (2003). Animal source foods to improve micronutrient nutrition in developing countries. *The Journal of Nutrition* Animal Production and Health Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy: pp. 4048S-4053S.

- Tambi, N. E. (2001). Analysis of household attitudes toward the purchase of livestock products and fish in Cameroon. *Agricultural Economics* 26 : 135-147.
- Todd, E.C.D. (1997). Epidemiology of foodborne diseases: A worldwide review. *World health statistics quarterly* 59: 30-50.
- Van Vliet, N., and Mbazzab, P. (2011). Recognizing the multiple reasons for bushmeat consumption in urban areas: A necessary step toward the sustainable use of wildlife for food in central Africa. *Human Dimensions of Wildlife* 16: 45-54.
- WCS. (2005). Commercial bushmeat trade in Central Africa. Policy position of the Wildlife Conservation Society. Wildlife Conservation Society.
- Wilkie, D. and Carpenter, J. (1999). Bushmeat hunting in the Congo Basin: An assessment of impacts and options for mitigation. *Biodiversity and Conservation* 8: 927-955.
- Wilkie, D., Starkey, M., Abernethy, K., Nstame, E., Telfer, P., and Godoy, R. (2005). Role of prices and wealth in consumer demand for bushmeat in Gabon, Central Africa. *Conservation Biology* 19 : 268-274.
- Wolfe, N., Switzer, W., Carr, J., Bhullar, J.V., Shanmugam, V., Tamoufe, U., Prosser, A., Torimiro, J., Wright, A., Mpoudi-Ngole, E., McCutchan, F., Birx, D., Folks, T., Burke, D., and Heneine, W. (2004). Naturally acquired simian retrovirus infections in central African hunters. *Lancet* 363 : 932-937.
- Wolfe, N. D. (2005). Bushmeat hunting, deforestation, and prediction of zoonotic disease emergence. *Emerging Infectious Diseases* 12: 1822-1827.

8. Figures and tables

Figure 1. Map of neighbourhoods included in the study area of Port-Gentil (Gabon). Neighbourhood boundaries were defined *a priori* by two local Gabonese survey administrators based on their empirical knowledge of the city.



Figure 2. Map from the multiple correspondence analysis of the 1,570 meals (including meals that did not contain meat, i.e. vegetarian) reported by 205 households surveyed for their meat consumption behaviours over a three-day period between July and August 2010, Port-Gentil, Gabon. It shows the relative position of meals according to the time of day (gray bubbles: morning, midday or evening), day of the week they occurred (white bubbles: Monday to Sunday) and type of meat commodity consumed (black bubbles: African-crested porcupine, antelope, beef, fish, gazelle, monkey, pork, poultry, red-river hog, other type of bushmeat, and vegetarian, i.e. vegetarian). Axis 1 and axis 2 encompass 71% of the total inertia (synonymous of variance for categorical variables) in the multidimensional data set. The bubble size is proportional to the number of meals in the category represented by each bubble. Dark bold indicates categories that contribute to axis 1 and dark underline indicates categories that contribute to axis 2.

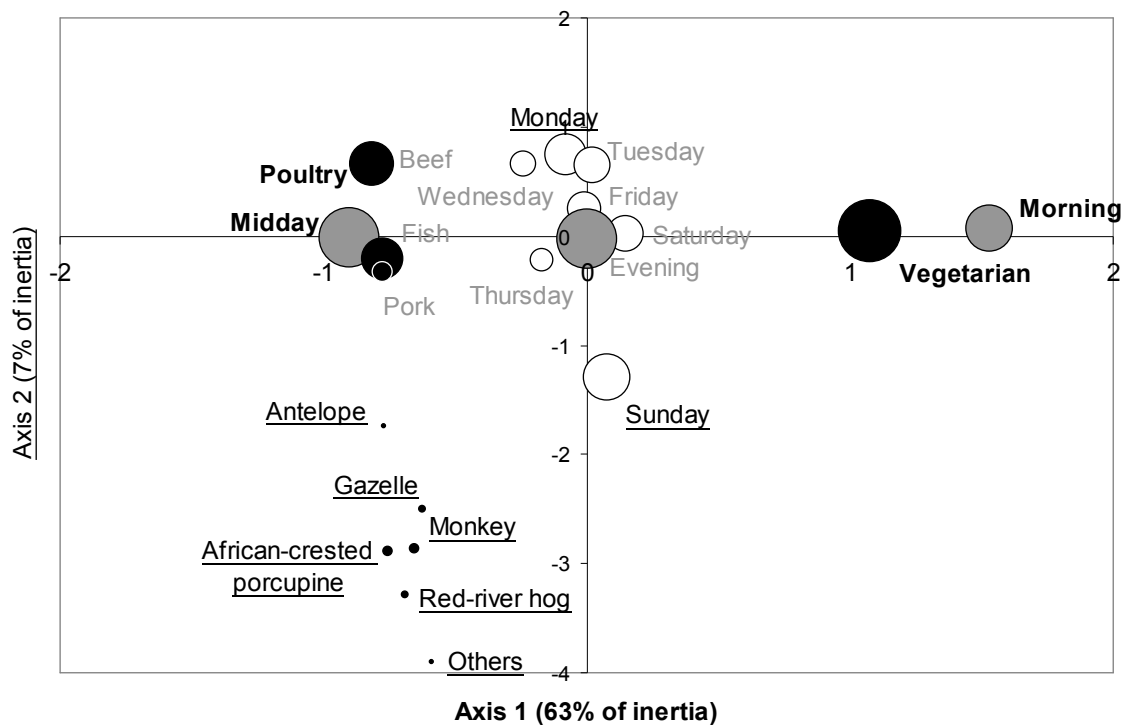


Figure 3. Proportions of households where the consumption of different meat commodities (poultry, fish, beef, pork and bushmeat) occurred during each day of the week based on a three day recall period in Port-Gentil (Gabon).

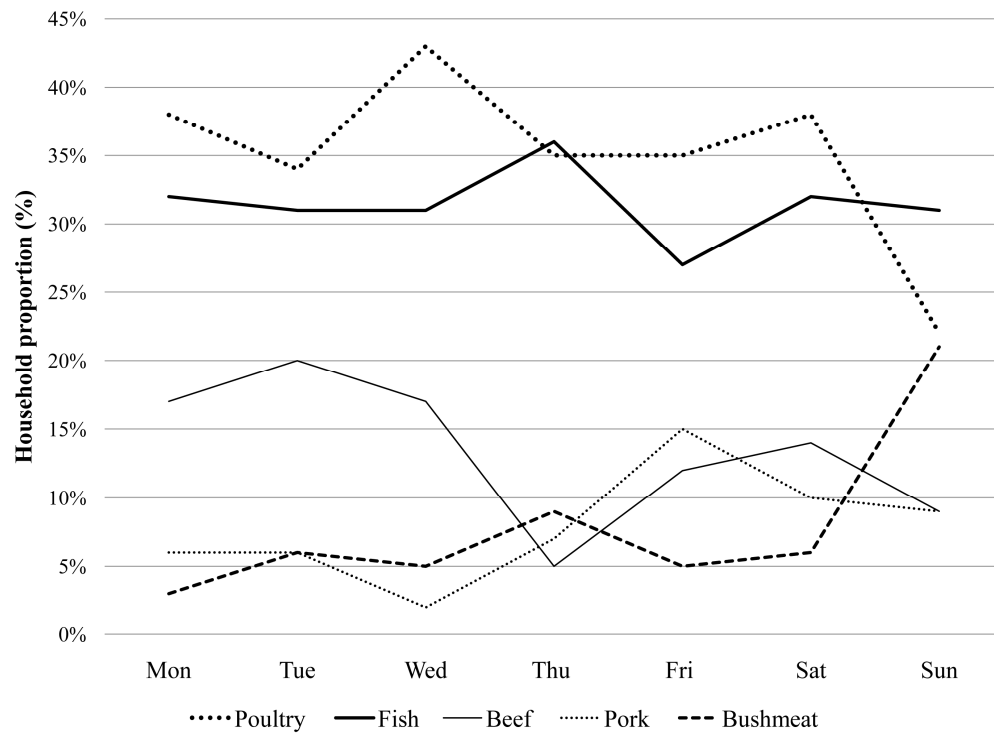


Figure 4. Daily meat consumption based on 205 Gabonese households surveyed in Port-Gentil, Gabon. Household proportions and their 95% confidence intervals are provided for three separate recall days (D1, D2, D3 = one, two, and three days prior to a given household's interview day, respectively). The number of households included in each analysis ranged from 9 to 60 households, which depended on the interview day. (a. poultry, b. fish, c. beef, d. pork and e. bushmeat)

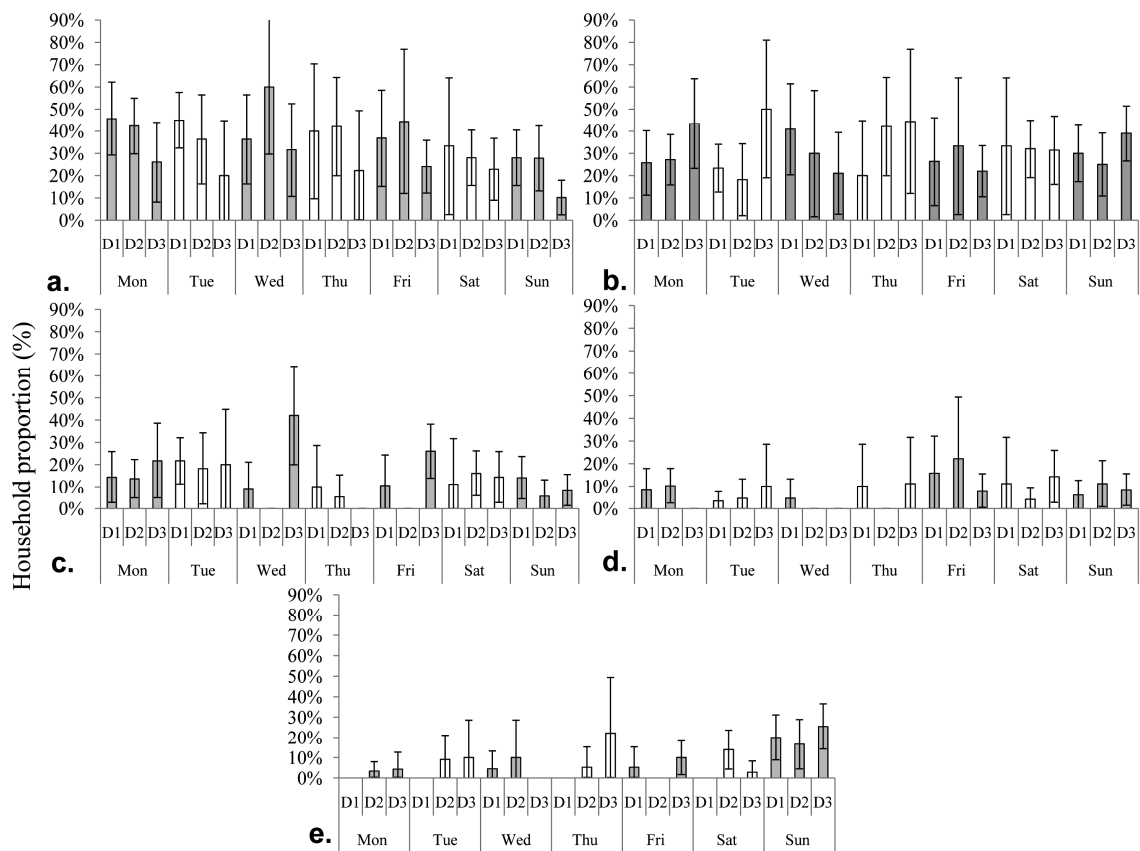


Table I. Meat consumption trends according to various respondent and household characteristics collected among 205 households surveyed between July 15 and August 15, 2010 in Port-Gentil (Gabon)

| Household or respondent characteristic: | Number of households | % households where consumption occurred for: | | | | |
|---|----------------------|--|------|------|------|----------|
| | | Poultry | Fish | Beef | Pork | Bushmeat |
| Respondent ethnic group | | | | | | |
| Local | 94 | 90% | 82% | 48% | 24% | 24% |
| Myene | 94 | | | | | |
| Other | 111 | 82% | 86% | 41% | 25% | 24% |
| Merie | 79 | | | | | |
| Fang | 16 | | | | | |
| Mbede | 9 | | | | | |
| Okande | 4 | | | | | |
| Bakota | 3 | | | | | |
| Household interview day | | | | | | |
| Sunday within 3-day recall period: | 145 | 83% | 81% | 44% | 28% | 28% |
| Monday | 50 | | | | | |
| Tuesday | 35 | | | | | |
| Wednesday | 60 | | | | | |
| Sunday not within 3-day recall period: | 60 | 92% | 90% | 43% | 18% | 13% |
| Thursday | 21 | | | | | |
| Friday | 11 | | | | | |
| Saturday | 19 | | | | | |
| Sunday | 9 | | | | | |
| Household residential location | | | | | | |
| Zone 1: | 68 | 78% | 88% | 51% | 21% | 21% |
| Sud | 24 | | | | | |
| Goge | 19 | | | | | |
| Mosquee | 25 | | | | | |
| Zone 2: | 63 | 90% | 89% | 41% | 21% | 29% |
| Pas-a-Pas | 19 | | | | | |
| Grand Village | 31 | | | | | |
| Chic | 13 | | | | | |
| Zone 3: | 74 | 89% | 76% | 39% | 32% | 23% |
| Chateau | 16 | | | | | |
| Nouvelle Balise | 38 | | | | | |
| Balise | 20 | | | | | |
| Household income in Fcfa (monthly) | | | | | | |
| Low (0 to 200,000) | 50 | 82% | 78% | 46% | 22% | 22% |
| Moderate (201,000 - 500,000) | 96 | 91% | 91% | 34% | 21% | 19% |
| High (> 501,000) | 59 | 81% | 78% | 58% | 34% | 37% |
| Household size (# persons / household) | | | | | | |
| 3 or less | 55 | 87% | 78% | 35% | 31% | 16% |
| 4 | 58 | 93% | 84% | 43% | 29% | 17% |
| 5 | 59 | 86% | 86% | 51% | 22% | 32% |
| 6 or more | 33 | 70% | 88% | 48% | 12% | 33% |

Table II. Description of 58 bushmeat carcasses acquired and consumed among 205 households surveyed between July 25 to August 15, 2010 in Port-Gentil (Gabon).

| Carcass characteristics: | Number of carcasses: | Proportion (% of all carcasses) |
|---|----------------------|---------------------------------|
| Sold as: | | |
| Whole carcasses: | 38 | 66 |
| <i>Ungulatae</i> (small) | 10 | |
| <i>Cercopithecidae</i> | 16 | |
| <i>Rodentia</i> | 11 | |
| Other (turtle) | 1 | |
| Parts: | 20 | 34 |
| <i>Ungulata</i> (large) | 6 | |
| <i>Suidae</i> | 12 | |
| Other (manatee) | 2 | |
| Supply source | | |
| Bornave market | 40 | 69 |
| Camp boirot market | 11 | 19 |
| Family | 7 | 12 |
| Meat conservation method (at time of acquisition) | | |
| None | 51 | 88 |
| Smoked | 2 | 3 |
| Grilled | 1 | 2 |
| Live | 1 | 2 |
| Missing data | 3 | 5 |
| Meat conservation method (within household) | | |
| None | 33 | 57 |
| Smoked | 1 | 2 |
| Frozen | 21 | 36 |
| Missing data | 3 | 5 |
| Time delay between acquisition and consumption | | |
| Less than 12 hours | 41 | 71 |
| Between 12 to 24 hours | 3 | 5 |
| More than 24 hours | 12 | 21 |
| Missing data | 2 | 3 |
| Meat preparation method (within household) | | |
| Boiled | 58 | 100 |

Table III. Results of multivariate logistic regression modeling for meat consumption according to socioeconomic and demographic factors based on 205 households surveyed in Port-Gentil (Gabon). Meat consumption was defined as the occurrence of at least one meat-based meal consumed within each household's three day recall period.

| Exploratory variable: | OR (95% CI) | | | |
|--|--------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| | Beef ¹ | Bushmeat ² | Fish ³ | Poultry ⁴ |
| Household monthly income (Fcfa) | | | | |
| High ($\geq 500,001$) vs. Low ($\leq 200,000$) | 1.55 (0.72 ; 3.32) | 2.85 (1.16 ; 7.04) | 1.08 (0.43 ; 2.75) | - |
| Moderate (200,001 – 500,000) vs. Low | 0.63 (0.32 ; 1.27) | 1.20 (0.49 ; 2.96) | 3.10 (1.16 ; 8.29) | - |
| High vs. Moderate | 2.45 (1.26 ; 4.76) | 2.37 (1.11 ; 5.02) | 0.35 (0.14 ; 0.89) | - |
| Household size | | | | |
| 6 people or more vs. 5 people | - | - | - | 0.36 (0.13 ; 1.03) |
| 6 people or more vs. 4 people | - | - | - | 0.17 (0.05 ; 0.60) |
| 6 people or more vs. 3 people or less | - | - | - | 0.34 (0.11 ; 0.99) |
| 5 people vs. 4 people | - | - | - | 0.47 (0.13 ; 1.66) |
| 5 people vs. 3 people or less | - | - | - | 0.93 (0.31 ; 2.76) |
| 4 people vs. 3 people or less | - | - | - | 1.97 (0.54 ; 7.14) |
| Residential location | | | | |
| Zone 3 vs. Zone 2 | - | - | 0.36 (0.14 ; 0.92) | - |
| Zone 2 vs. Zone 1 | - | - | 0.90 (0.30 ; 2.68) | - |
| Zone 3 vs. Zone 1 | - | - | 0.40 (0.15 ; 1.06) | - |
| Interview day | | | | |
| Sunday included vs. Sunday excluded | - | 2.39 (1.02 ; 5.58) | - | - |

Chapitre 5 : Article sur la contamination de gibier

PUBLIC HEALTH SIGNIFICANCE OF ZOOBOTIC BACTERIAL PATHOGENS FROM BUSHMEAT SOLD IN URBAN MARKETS OF GABON, CENTRAL AFRICA

Nicholas Bachand,¹

André Ravel,^{1,2,4}

Richard Onanga,³

Julie Arsenault,^{1,2}

Jean-Paul Gonzalez,³

¹ Groupe de recherche en épidémiologie des zoonoses en santé publique (GREZOSP),
Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe,
Québec, J2S 7C6, Canada;

² Faculté de médecine vétérinaire, Département de pathologie et microbiologie,
Université de Montréal, C.P. 5000, Saint-Hyacinthe, Québec, J2S 7C6, Canada;

³ Unité d'analyses biologiques et de recherche en santé publique, Centre International
de Recherches Médicales de Franceville, Gabon;

⁴ Corresponding author: André Ravel

1. Abstract

Wild animal meat represents an important source of protein for many people in Central Africa. Also known as bushmeat, this meat commodity is derived from wild animals hunted under uncontrolled conditions, transported to distant markets using rudimentary or absent hygienic methods, and often eviscerated > 24 hr after death. Considering the plausible role of wildlife as a reservoir for bacterial zoonotic pathogens, bushmeat may be an important public health risk in Central Africa. This cross-sectional survey served to evaluate the presence of *Campylobacter*, *Salmonella* and *Shigella* in the muscle tissue of 128 wild animal carcasses from several hunted wildlife species (guenons [*Cercopithecus spp.*], collared mangabeys [*Cercocebus torquatus*], grey-cheeked mangabeys [*Lophocebus albigena*], African crested porcupines [*Atherurus africanus*], duikers [*Cephalophus spp.*], and red river hogs [*Potamochoerus porcus*]) sold in two markets of Port-Gentil, Gabon, in July and August 2010. *Salmonella* was detected from one carcass; no *Campylobacter* or *Shigella* was detected. If *Campylobacter* and *Shigella* were present, the maximum expected prevalence was estimated at 6% and 1%, respectively. In light of such very low apparent muscle contamination levels, bushmeat likely does not represent a health risk *per se* with respect to *Campylobacter*, *Salmonella* or *Shigella*. However, because carcass evisceration and skinning can take place within households prior to consumption, consumers should follow strict hygiene and food safety practices to avoid potential health hazards associated with the handling, preparation or consumption of bushmeat.

Key words: Bushmeat, *Campylobacter*, central Africa, *Salmonella*, *Shigella*, zoonoses.

2. Introduction

Enteric diseases pose a public health challenge that has prompted multiple initiatives toward estimating their global burden (Stein et al., 2007) which is especially important in Sub-Saharan Africa among young children, HIV-infected individuals and the elderly (World Health Organisation [WHO], 2008). In developing countries, 70% of all infectious diarrheal cases are estimated to be foodborne (Von Witzke and Kirschke, 2005). In Central Africa, the demand for meat derived from hunted wildlife has seemingly been growing within the last few decades (Barnes, 2002). This informal and unregulated bushmeat supply chain offers a realm of opportunities for human exposure to wildlife which potentially harbours a diversity of zoonotic pathogens (Peeters et al., 2002; Apetrei et al., 2005; Pourrut et al., 2011).

In comparison to meat from domestic livestock sold in African markets (Kagambèga et al., 2011; Nzouankeu et al., 2010; Hiko et al., 2008), research on the bacterial contamination of meat from African wildlife is scarce even for common zoonotic pathogens such as *Salmonella* spp. and *Campylobacter* spp.. However, some studies have reported the intestinal carriage of *Campylobacter* spp. and *Salmonella* spp. from wildlife in Japan (Lee et al., 2011), Sweden (Wahlström et al., 2003), Nigeria (Oboegbulem et al., 1990) and Uganda (Nizeyi et al., 2001), whereas *Shigella* spp. has been reported in non-human primates (Nizeyi et al., 2001). Published studies on the bacteriological status of bushmeat are rare with the detection of a few non-pathogenic bacteria reported from smoked bushmeat (Kayode and Kolawole, 2008). The objective of this study was therefore to evaluate the prevalence

of *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp. and *Shigella* spp. within fresh meat from several wildlife species sold at urban markets in Gabon, Central Africa.

3. Materials and Methods

Between 1 July and 15 August 2010, bushmeat carcasses were collected three times weekly from two markets in Port-Gentil, Gabon (0°43'S/8°48'E). Carcasses were selected from four mammalian families (*Cercopithecidae*, *Hystricidae*, *Bovidae* and *Suidae*) which together represent over 80% of wild animals sold as bushmeat in Central African markets (Wilkie et al., 1999). The sample size was set at 150 carcasses using an expected prevalence of 10% for all three bacterial pathogens, a 5% precision level and a 95% confidence interval. During each market visit, a maximum of two carcasses per bushmeat trader was collected from differing mammalian families. Documented information included the animal species and gender, collection site and origin location.

For each carcass, skin was aseptically removed from the lateral aspect of each thigh and 100 g of underlying superficial and deep muscle tissue per thigh were removed within one hour of carcass collection. Both subsamples from each carcass were placed into separate sterile containers, maintained between 0 - 4 C and shipped within 24 hrs by air to the *Centre International de Recherches Médicales de Franceville* for bacteriological analysis.

To detect *Salmonella* spp, 25 g of muscle were mixed with 225 ml of Buffered Peptone Water (BPW) (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) and homogenized for 20 min. After a 24-hr incubation period at 37 C, one drop of pre-enrichment broth was inoculated onto Selenite (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) and Muller-Kauffmann (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) agar plates incubated

for 24 hrs at 37 C. Presumptive colonies were sub-cultured onto Hektoen (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) and Salmo-Shigella (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) agar plates and incubated for 48 hrs at 37 C. Suspected *Salmonella* colonies were selected and tested using the API[®]20E identification gallery (bioMérieux, Durham, North Carolina, USA).

To detect *Campylobacter* spp, 25 g of muscle were mixed with 225 ml of BPW and homogenized for 20 min. After a 24-hr incubation period at 42 C, one drop of pre-enrichment broth was added to 100 ml of alkalised peptone water pH 8.6 solution (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) and incubated at 37 C for 18 hrs under microaerophilic atmospheric conditions. One drop of enrichment broth was sub-cultured onto Charcoal-based Selective Media (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) agar plates and incubated at both 37 C and 42 C for up to 72 hrs under microaerophilic atmospheric conditions. Presumptive colonies were identified using gram stain and direct microscopy. Typical *Campylobacter* colonies were confirmed by the oxydase and catalase reaction tests. Speciation of suspected colonies inoculated on Preston media (Biokar Diagnostics, Marcy-l'Étoile, France) involved the use of both the immunoenzymatic VIDAS[®]-CAM technique (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) and the API[®]CAMPY gallery.

To detect *Shigella* spp, 25 g of muscle were added to 225 ml of BPW and homogenized for 20 min. After a 24-hr incubation period at 37 C, one drop of pre-enrichment broth was inoculated onto Hektoen (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) and Bromocresol Purple (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) media, and

subsequently incubated at 37 C for 24 hrs. Presumptive colonies were identified through gram staining and the API 20E gallery. Suspect colonies were inoculated on Trypticase Soy Agar (bioMérieux, Marcy-l'Étoile, France) at 37 C for 24 hrs for serological confirmation.

A carcass was considered positive for a given pathogen upon detection in at least one of its two subsamples. The contamination proportion and its 95% confidence interval were computed at the carcass level. In the absence of detection for a given pathogen, the maximum prevalence was estimated according to a probability formula used to substantiate freedom from disease proposed by Cameron (1998) and calculated using the Freecalc version 2 software (AusVet Animal Health Services, Sydney, Australia). The population was considered infinite. Confidence and power were set at 95% and 80%, respectively. The sensitivity and specificity values for culture detection methods were set at 59% and 99%, respectively, for *Campylobacter* according to Rosenquist et al. (2007), and at 50% and 98%, respectively, for both *Shigella* and *Salmonella* according to Gartrell et al. (2007).

4. Results

Out of 159 bushmeat samples, 31 were excluded due to shipment delays whereas 128 were analyzed (Table 1). Analysis for *Campylobacter* was done on 104 carcasses due to delays in obtaining appropriate reagents. All monkey species (greater spot-nosed monkey [*Cercopithecus nictitans*], moustached monkey [*Cercopithecus cephus*], crowned guenon [*Cercopithecus pogonias*], collared mangabey [*Cercocebus torquatus*] and grey-cheeked mangabey [*Lophocebus albigena*]), African-crested porcupines (*Atherurus africanus*), and blue duikers (*Cephalophus monticola*) were collected as whole fresh carcasses, whereas only fresh, raw hind limb segments were available for larger antelopes (*Cephalophus dorsalis*) and red river hogs (*Potamochoerus porcus*). *Salmonella* was detected in one of two subsamples from one African-crested porcupine resulting in an apparent contamination proportion of 0.8% (95% CI: 0 – 2.3%). Neither *Campylobacter* spp. nor *Shigella* spp. were detected. If *Campylobacter* spp. and *Shigella* spp. were present in bushmeat sold markets of Port-Gentil during this time of year, the maximum expected prevalence was estimated at 6% and 1%, respectively.

5. Discussion

We are the first to report the intrinsic bacteriological contamination of fresh bushmeat sold in Central African markets. The apparent contamination by *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp. or *Shigella* spp. was very low in agreement with other similar studies conducted on European wildlife (Atanassova et al., 2008, El-Ghareeb et al., 2009). Deep muscle tissue from healthy domestic animals slaughtered under controlled conditions and eviscerated within a 24-hour period is considered sterile (Gill, 2007). Debate exists on whether this can be generalised to wildlife hunted under uncontrolled conditions, transported to distant markets using basic or absent meat hygienic methods, and eviscerated more than 24 hrs after death (Fargeot, 2004). There is indeed a knowledge gap on the microbiological status of meat derived from hunted animals eviscerated beyond a 24-hour period after death (Paulsen et al., 2008). In light of its public health implications, deep muscle tissue was therefore selected throughout this study under the *a priori* assumption that all carcasses processed and analysed were eviscerated beyond a 24-hour period after death. Results from this study show that *in situ* deep muscle tissue from wildlife sold in African markets is likely sterile with respect to the three bacterial pathogens analysed.

One of this study's limits was the use of culture-based methods which have low intrinsic sensitivity in food. However, these methods are standardized and were available within Gabon contrary to molecular-based methods. To maximise the study's sensitivity, duplicate samples were processed and shipped within a 24-hr period under cooled conditions. However, the fact that transport conditions could still

have compromised bacterial viability cannot be excluded. Analyses were limited to thigh muscle of animals from four mammalian families over a 1.5 month period that encompassed the open hunting season. Therefore, extrapolation to other muscle areas, other mammalian families or other time periods requires confirmation. However, these results can likely be generalised to other similar Central African markets for the same time period.

In summary, consumption of meat from wild animals sold in urban markets likely does not represent a health risk *per se* regarding *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp. or *Shigella* spp. This does not however preclude the handling and preparation of bushmeat as risk factors for infections with *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp. or *Shigella* spp.. Future studies should evaluate the intestinal contents and skin contamination of bushmeat carcasses to fully appreciate risks of infection with *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp. or *Shigella* spp. which may potentially be associated with the handling of bushmeat at the market and household levels during evisceration and preparation. In this regard, compliance to strict hygiene and food safety practices continue to be highly recommended with respect to bushmeat.

6. Acknowledgements

Funding was provided in part by the *Centre International de Recherches Médicales de Franceville*, the *Groupe de recherche en épidémiologie des zoonoses et santé publique*, the *Société de Conservation et de Développement* and the *Université de Montréal*. We thank Lucie Dutil for her feedback, research assistants Okouyi Micala Clency and Djengoué Désiré Serge, and the laboratory technician Mr. Ndouna Ontsitsagui Emanuel. Finally, we are thankful to the local wildlife authorities of the *Ministère des Eaux et de la Forêt* and the *Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique*.

7. References

- APETREI, C., M. J. METZGER, D. RICHARDSON, B. LING, P. T. TELFER, P. REED, D. L. ROBERTSON, AND P. A. MARX. 2005. Detection and partial characterization of simian immunodeficiency virus SIVsm strains from bush meat samples from rural Sierra Leone. *Journal of Virology* 79: 2631-2636.
- ATANASSOVA, V., J. APELT, F. REICH, AND G. KLEIN. 2008. Microbiological quality of freshly shot game in Germany. *Meat Science* 78: 414-419.
- BARNES, R. F. W. 2002. The bushmeat boom and bust in West and Central Africa. *Oryx* 36: 236-242.
- CAMERON, A. R., AND F. C. BALDOCK. 1998. A new probability formula for surveys to substantiate freedom from disease. *Preventive Veterinary Medicine* 34: 1-17.
- EL-GHAREEB, W., F. SMULDERS, A. M. A. MORSHDY, R. WINKELMAYER, AND P. PAULSEN. 2009. Microbiological condition and shelf life of meat from hunted game birds. *European Journal of Wildlife Research* 55: 317-323.
- FARGEOT, C. 2004. La chasse commerciale en Afrique centrale I. La venaison ou le négoce d'un produit vivrier. *Bois et Forêts Tropiques* 282: 27-40.
- GARTRELL B. D., J. M. YOUL., C. M KING, I. BOLOTOVSKI, W. L. MCDONALD, AND N. J. NELSON. 2007. Failure to detect *Salmonella* species in a population of wild tuatara (*Sphenodon punctatus*). *New Zealand Veterinary Journal* 55: 134-136.
- GILL, C. O. 2007. Microbiological conditions of meats from large game animals and birds. *Meat Science* 77: 149-160.
- HIKO, A., D. ASRAT AND G. ZEWEDE. 2008. Occurrence of *Escherichia coli* O157:H7 in retail raw meat products in Ethiopia. *Journal of Infection in Developing Countries* 2: 389-93
- KAGAMBÈGA, A., O. MARTIKAINEN, T. LIENEMANN, A. SIITONEN, A. S. TRAORÉ, N. BARRO AND K. HAUKKA. 2012. Diarrheagenic *Escherichia coli* detected by 16-plex PCR in raw meat and beef intestines sold at local markets in Ouagadougou, Burkina Faso. *International Journal of Food Microbiology* 153: 154-158.
- KAYODE, R. M., AND O. M. KOLAWOLE. 2008. Studies on the β -lactamase production of bacterial isolates from smoked bush meats correlated with bacterial resistance to three β -lactam antibiotics. *Journal of Applied Sciences & Environmental Management* 12: 89-92.
- LEE, K., T. IWATA, A. NAKADAI, T. KATO, S. HAYAMA, T. TANIGUCHI AND H. HAYASHIDANI. 2011. Prevalence of *Salmonella*, *Yersinia* and *Campylobacter* spp. in Feral Raccoons (*Procyon lotor*) and Masked Palm Civets (*Paguma larvata*) in Japan. *Zoonoses and Public Health* 58: 424-431.

- NIZEYI, J. B., R. B. INNOCENT, J. ERUME, G. R. N. N. KALEMA, M. R. CRANFIELD AND T. K. GRACZYK. 2001. Campylobacteriosis, salmonellosis, and shigellosis in free-ranging human-habituated mountain gorillas of Uganda. *Journal of Wildlife Diseases* 37: 239-244.
- NZOUANKEU, A., A. NGANDJIO, G. EJENGUELE, T. NJINE AND M. N. WOUAFO. 2010. Multiple contaminations of chickens with *Campylobacter*, *Escherichia coli* and *Salmonella* in Yao unde (Cameroon). *Journal of Infection in Developing Countries* 4: 583-586.
- OBOEGBULEM, S., AND I. OKORONKWO. 1990. *Salmonellae* in the African great cane rat (*Thryonomys swinderianus*). *Journal of Wildlife Diseases* 26 : 119-121.
- PAULSEN, P., J. NAGY, P. POPELKA, V. LEDECKY, S. MARCINCÁK, M. PIPOVÁ, F. J. SMULDERS, P. HOFBAUER, P. LAZAR, AND Z. DICKOVA. 2008. Influence of Storage Conditions and Shotgun Wounding on the Hygienic Condition of Hunted, Uneviscerated Pheasant (*Phasianus colchicus*). *Poultry Science* 87: 191-195.
- PEETERS, M., V. COURGNAUD, B. ABELA, P. AUZEL, X. POURRUT, F. BIBOLLET-RUCHE, S. LOUL, F. LIEGEOIS, C. BUTEL, D. KOULAGNA, E. MPOUDI-NGOLE, G. M. SHAW, B. H. HAHN AND E. DELAPORTE. 2002. Risk to human health from a plethora of simian immunodeficiency viruses in primate bushmeat. *Emerging Infectious Diseases* 8: 451-457.
- POURRUT, X., J. L. DIFFO, R. M. SOMO, C. F. BILONG BILONG, E. DELAPORTE, M. LEBRETON, AND J. P. GONZALEZ. 2011. Prevalence of gastrointestinal parasites in primate bushmeat and pets in Cameroon. *Veterinary Parasitology* 175: 187-191.
- ROSENQUIST, H., A. BENGTSSON, AND T. HANSEN. 2007. A collaborative study on a Nordic standard protocol for detection and enumeration of thermotolerant *Campylobacter* in food (NMKL 119, 3. Ed., 2007). *International Journal of Food Microbiology* 118: 201-213.
- STEIN, C., T. KUCHENMÜLLER, S. HENDRICKX, A. PRÜSS-ÜSTÜN, L. WOLFSON, D. ENGELS, AND J. SCHLUNDT. 2007. The Global Burden of Disease Assessments—WHO Is Responsible? *PLoS Neglected Tropical Diseases* 1: e161.
- VON WITZKE, H., AND D., KIRSCHKE. 2005. The economics of reducing food-borne diseases in developing countries : the case of diarrhea in Rwanda. *German Journal of Agricultural Economics* 54: 314-319.
- WAHLSTRÖM, H., E. TYSÉN, E. ENGVALL, B. BRÄNDSTRÖM, E. ERIKSSON, T. MÖRNER, AND I. VÅGSHOLM. 2003. Survey of *Campylobacter* species, VTEC 0157 and *Salmonella* species in swedish wildlife. *The Veterinary Record* 153: 74-80.
- WILKIE, D. S., & CARPENTER, J. F. 1999. Bushmeat hunting in the Congo Basin: an assessment of impacts and options for mitigation. *Biodiversity and Conservation* 8: 927-955.

WHO . The Global Burden of Disease: 2004 update. Geneva, 2008. Available from:
http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf
: accessed in August, 2011.

Table 1. Bushmeat carcasses from two local markets in Port-Gentil tested for their intrinsic bacterial contamination from muscle tissue (the proportions in parentheses are expressed as the % from all carcasses collected during the study)

| | Total | Cercopithecidae ^a | Hystriidae ^b | Bovidae ^c | Suidae ^d |
|---------------------------|------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|
| Total number of carcasses | 128 (100%) | 45 (35%) | 27 (21%) | 45 (35%) | 11 (9%) |
| Collection site | | | | | |
| <i>Camp Boirot</i> market | 49 (38%) | 21 (16%) | 8 (6%) | 15 (12%) | 5 (4%) |
| <i>Bornave</i> market | 79 (62%) | 24 (19%) | 19 (15%) | 30 (23%) | 6 (5%) |
| Carcass origin | | | | | |
| Fernan-Vaz lagoon | 68 (53%) | 18 (14%) | 18 (14%) | 27 (21%) | 5 (4%) |
| Lakes region | 26 (20%) | 13 (10%) | 4 (3%) | 5 (4%) | 4 (3%) |
| Mandgi | 23 (18%) | 9 (7%) | 5 (4%) | 7 (5%) | 2 (2%) |
| Missing data | 11 (9%) | 5 (4%) | 0 | 6 (5%) | 0 |
| Carcass gender | | | | | |
| Male | 65 (51%) | 24 (19%) | 18 (14%) | 19 (15%) | 4 (3%) |
| Female | 44 (34%) | 19 (15%) | 9 (7%) | 16 (12%) | 0 |
| Unknown | 19 (15%) | 2 (2%) | 0 | 10 (8%) | 7 (5%) |

^a *Cercopithecus nictitans*, *Cercopithecus cephus*, *Cercopithecus pogonias*, *Cercocebus torquatus* or *Lophocebus albigena*

^b *Atherurus africanus*

^c *Cephalophus monticola* or *Cephalophus dorsalis*

^d *Potamocheirus porcus*

Chapitre 6 - Discussion Générale

La manipulation et la consommation d'aliments contaminés constituent des voies importantes pour la transmission d'agents pathogènes à l'humain. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a donc initié des efforts visant l'estimation du fardeau des maladies d'origine alimentaire spécifiques à différents agents pathogènes et à différentes sources d'aliments à travers différentes régions du monde (Pires et al., 2009; OMS, 2008), ce qui représente un défi majeur dans les pays en voie de développement. Dans les pays de l'Afrique centrale, contrairement aux pays développés, le gibier est une denrée alimentaire couramment consommée (Blaney, 2008; Fa et al., 2002). Au Gabon, au moins 30000 tonnes de gibier ont été commercialisées en 2004 (WCS, 2005) dont plus de 50% sont consommées en zone urbaine (Wilkie et Carpenter, 1999). Quelques virus et parasites pathogènes pour l'humain ont déjà été isolés du gibier chassé en forêt ou vendu dans quelques marchés urbains de l'Afrique centrale (Pourrut et al, 2011; Wolfe et al., 2005; Peeters et al., 2002), ce qui suppose qu'une exposition humaine (manipulation ou consommation) au gibier représente potentiellement un risque sanitaire. Le niveau d'exposition des différents intervenants humains impliqués dans le circuit commercial reste mal défini, très peu de données existent sur les habitudes de consommation de gibier au niveau du ménage urbain au Gabon, et presque rien n'est connu sur l'importance relative du gibier dans ces ménages par rapport à d'autres types de viande. Peu d'études existent aussi sur les modalités de ravitaillement ou de préparation du gibier depuis le moment

de son acquisition au marché jusqu'au moment de sa préparation dans le ménage urbain. Et, finalement, une lacune existe en ce qui concerne la contamination du gibier par des bactéries pathogènes pour l'humain. Ainsi, ce mémoire a servi à décrire les habitudes de consommation du gibier ainsi que son importance relative aux autres types de viande dans les ménages de la ville de Port-Gentil au Gabon. Ce mémoire a aussi décrit les modalités de ravitaillement du gibier par les consommateurs urbains de Port-Gentil, depuis le marché jusqu'au ménage. Finalement, ce mémoire a décrit le niveau de contamination bactérienne (*Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella*) intramusculaire du gibier vendu dans les étals de deux marchés de Port-Gentil.

Il a été démontré, que ce soit en termes de repas (10%) ou de ménage (25%), que la consommation du gibier existe à un niveau non marginal dans les ménages de Port-Gentil, bien qu'elle soit relativement moins importante comparée à la volaille, le poisson et le bœuf. Toutefois, de manière générale, les conclusions de cette étude sont basées sur des données prélevées une seule fois par ménage et sur une courte durée, ce qui représente une faiblesse puisque plusieurs études ont déjà démontré que les habitudes de consommation peuvent varier dans un même ménage en fonction de plusieurs facteurs incluant le temps (Fa et al., 2009). Ceci dit, un niveau de consommation journalière élevé, comparé au niveau de consommation du gibier, a déjà été rapportée pour la volaille et le poisson au Gabon (Wilkie et al., 2005). Les auteurs de cette étude expliquent que l'importance attribuée par les consommateurs à la volaille et au poisson était liée en partie à leur disponibilité, mais surtout plus

largement au coût individuel de chaque type de viande relatif à celui des autres. Le coût moins onéreux rapporté pour la volaille et le poisson dans le cadre de cette étude pourrait donc expliquer, du moins en partie, la raison pour laquelle la consommation de ces viandes a été plus fréquente. Ce qui demeure toutefois intéressant est que le gibier a tout de même été consommé malgré son coût relativement plus onéreux. Et quoique le niveau d'exposition des ménages à la volaille et au poisson ait été relativement plus fréquent, au moins 1 ménage sur 4 a été exposé au gibier lors de cette étude. Dépendamment du type d'agent pathogène (par exemple la souche Zaïre du virus de l'Ébola), même un niveau d'exposition relativement plus faible pour un aliment donné (par exemple, le gibier) peut représenter un risque important pour la santé des consommateurs de cet aliment. Surtout si l'on considère, en ce qui concerne le gibier, qu'une grande proportion du gibier consommé lors de cette étude provenait de singes (vendus en entier au marché) pour lesquels des risques sanitaires ont déjà été identifiés. Des études complémentaires sur l'état microbiologique et sur la contamination de différents types de viande par de différents agents pathogènes seront nécessaires afin de mieux définir l'ampleur et l'importance relative, au-delà de la fréquence d'exposition, d'un risque sanitaire lié à une exposition humaine spécifique à chacun de ces différents types de viande dans les ménages urbains de l'Afrique centrale.

La consommation du gibier a eu lieu parmi au moins 5% des ménages durant chacun des sept jours de la semaine, à l'exception du dimanche où au moins 25% des ménages ont rapporté la consommation de cet aliment. Ceci dit, il est probable que la

consommation du gibier ait été sous-estimée lors de cette étude étant donné l'aspect illégal de la commercialisation de certaines espèces animales protégées au Gabon, ce qui aurait pu faire en sorte que les répondantes ne déclarent pas aussi facilement la consommation de gibier dans leur ménage. C'est d'ailleurs dans cette perspective que le questionnaire administré lors de cette étude fut initialement élaboré, de sorte à minimiser l'emphase d'un intérêt sur le gibier en incluant d'autres types de viande. Une sous-estimation de la consommation du gibier aurait aussi pu avoir lieu due à l'utilisation d'une courte fenêtre de temps limitée à trois jours puisque la fréquence de consommation du gibier est relativement moindre à celle d'autres types de viande (par exemple, la volaille et le poisson). Par exemple, une étude a démontré que le gibier a été consommé parmi au moins 39% des ménages de Libreville basée sur l'utilisation d'une période de rappel de trente jours, comparée à 0% des ménages lors d'une autre étude basée sur l'utilisation d'une période de rappel limitée à 24 heures (Fa et al., 2009; Indjeley, 1998). Le désavantage principal d'une période de rappel limitée à trois jours est celui d'une absence d'information concernant les habitudes de consommation pour chacun des sept jours de la semaine dans un même ménage. En contrepartie, un désavantage d'une période de rappel trop longue est celui d'une perte de précision sur les informations rapportées. Au fait, aucune période de rappel n'est idéale et la fréquence de consommation doit simplement être comparée à des études similaires. En revanche, il se peut aussi que la consommation du gibier ait été surestimée dans cette étude puisque, due à des contraintes logistiques, une plus grande proportion des ménages a été interviewée en début de semaine (l'un des trois

jours de rappel étant le dimanche pour tous ces ménages) et que, rétrospectivement, il semble que la consommation du gibier ait été plus importante le dimanche à Port-Gentil. Une meilleure précision aurait probablement pu être obtenue par l'utilisation d'un journal de bord rempli par les répondantes sur une base journalière et sur une plus longue durée, mais cette méthode souffre parfois d'un manque d'information liée à l'oubli occasionnel par les répondants. Néanmoins, la consommation du gibier a été présente pour chacun des jours de la semaine parmi au moins un ménage sur vingt à Port-Gentil.

Un niveau de consommation important de gibier a été associé à un revenu de ménage élevé et au dimanche. Toutefois, en ce qui concerne le revenu mensuel, cette association aurait pu être biaisée si la proportion relative des ménages parmi chacune des trois catégories de revenu (faible, modéré et élevé) était différente entre les groupes de ménages participants et non-participants, et qu'une différence existe par rapport aux habitudes de consommation du gibier entre ces deux groupes. Cette proportion n'a pas pu être évaluée, ce qui représente une limite de l'étude. Rajouté à cette contrainte, et en lien avec le revenu mensuel d'un ménage, il se peut que le biais de désirabilité sociale ait suscité chez les répondantes le désir de rapporter un revenu du ménage plus élevé par rapport à la réalité. Dans ce cas-ci, le résultat serait qu'une association entre le revenu élevé d'un ménage et une consommation de gibier plus importante n'existe pas (vers l'hypothèse nulle). Pour résoudre partiellement ce problème, une méthode de comparaison du revenu basé sur les avoirs d'un ménage (par exemple, portable, télévision, etc.) aurait pu permettre une meilleure

standardisation du statut socioéconomique d'un ménage et aurait pu permettre d'évaluer plus précisément l'association entre le statut économique du ménage et le niveau de consommation du gibier (Wilkie et al., 2005). Cette étude est la première à rapporter une consommation relativement importante du gibier le dimanche. Les raisons pour lesquelles une consommation plus importante pourrait avoir lieu le fin de semaine pourraient être liées à des questions de disponibilité de la viande, du temps nécessaire au ravitaillement par les responsables de ménage dans les quelques marchés où cette viande est vendue (il y a plus de temps durant la fin de semaine), au fait que moins de contrôle des marchés par les autorités de la faune ont lieu durant la fin de semaine, ou encore pour l'aspect «festif» de cette période de la semaine où la consommation du gibier servirait à renforcer les liens culturels (Van Vliet, 2011). En effet, il n'y a eu aucune association significative entre la consommation de la viande et le lieu résidentiel d'un ménage, malgré le fait que seul deux marchés de gibier existent à Port-Gentil aux deux extrémités de la ville. Ainsi, les consommateurs sont prêts à se déplacer jusqu'à quelques kilomètres pour obtenir le gibier même si d'autres types de viande sont disponibles plus près de leur ménage. Donc, à Port-Gentil du moins, une exposition humaine au gibier est plus probable durant la fin de semaine indépendamment du groupe ethnique ou du quartier résidentiel d'un ménage, et concernerait possiblement plus les ménages à revenu élevé.

Cette étude est la première à décrire les modalités de ravitaillement de gibier par l'utilisation d'une enquête effectuée au niveau du consommateur urbain plutôt que d'une enquête effectuée au niveau du marché urbain. Ceci représente une force

majeure de l'étude puisque ceci offre une description plus réelle du niveau d'exposition des ménages au gibier en zone urbaine. Plus de 85% du gibier a été ravitaillé sans méthode formelle de conservation au moment de son acquisition, ce qui représente une problématique potentiellement importante en matière de santé publique, notamment lors de son dépeçage et de sa préparation dans le ménage. Des études sur l'état microbiologique de ces viandes au moment de son acquisition au niveau des marchés urbains pourraient aider à mieux comprendre si des risques sanitaires importants existent malgré l'absence de méthodes formelles de conservation de la viande. Presque le tiers du gibier consommé par l'ensemble des ménages de cette étude a été représenté par des singes (*Cercopithecidae*) ravitaillés en entier et éviscérés au niveau du ménage. Tel que déjà mentionné, des études effectuées en Afrique centrale et occidentale ont déjà démontré que des risques sanitaires existent en ce qui concerne une exposition humaine à des carcasses de singes contaminées par des virus. Le tiers (33%) du gibier n'a pas été conservé une fois acheminé au niveau du ménage, quoique 71% du gibier a été consommé dans un délai de 12 heures suivant son acquisition. De plus, 100% de la venaison a été préparée par méthode d'ébullition et consommée sous forme de bouillon. Il est donc peu probable que la consommation du gibier, une fois préparé, représente un risque sanitaire important pour les consommateurs.

Dans le cadre de l'étude sur la contamination du gibier vendu dans les marchés urbains de Port-Gentil, aucun des trois agents pathogènes bactériens ciblés lors de cette étude n'a été détecté à l'exception d'une *Salmonella* issue d'une carcasse

de porc-épic. La prévalence maximale estimée pour *Campylobacter* et *Shigella* dans la venaison vendue dans les marchés urbains de Port-Gentil a été estimée à 6% et 1%, respectivement. Étant donné ce faible taux de contamination, combiné au fait que l'ensemble du gibier consommé dans le cadre de l'étude sur la consommation fut consommé sous forme de bouillon, le risque sanitaire associé à la consommation du gibier au niveau du ménage semble très faible pour ces trois bactéries.

Un bris du maintien d'une température adéquate lors du transport des échantillons de Port-Gentil jusqu'au laboratoire d'analyse de Franceville aurait pu compromettre la survie des bactéries si elles étaient présentes dans le gibier. Et, dans le cas de *Campylobacter*, des milieux de transport adaptés aux conditions de survies nécessaires pour cette bactérie une fois prélevée n'étaient pas disponibles. Toutefois, les échantillons ont été acheminés au laboratoire d'analyse dans un délai de moins de 24 heures dans une glacière munie de blocs congelés qui ont permis de maintenir une température entre 0-4°C. Dans le cas de *Campylobacter*, une étape préliminaire d'enrichissement a aussi été intégrée lors sa procédure d'isolement afin de maximiser la croissance des bactéries survivantes. L'une des limites par rapport à la détection d'une contamination bactérienne du gibier a été l'utilisation de méthodes de détection par culture qui s'avèrent être généralement peu sensibles à la détection bactérienne dans les aliments (OIE, 2008). Toutefois, ces méthodes sont standardisées et étaient disponibles au Gabon au moment de l'étude. Afin de maximiser la sensibilité globale de l'étude, deux échantillons par carcasse ont été prélevés et analysés. Et, de manière générale, la faible sensibilité des méthodes de détection a été prise en compte et

intégrée aux calculs de la prévalence maximale estimée pour *Campylobacter* et *Shigella*. Toutefois, une lacune de ces calculs fut l'utilisation de données (sensibilité et spécificité) provenant d'études pour lesquelles une comparaison directe n'était pas nécessairement idéale vue l'usage de méthodologies différentes dans ces différentes études. Toutefois, étant donné la rareté d'études directement comparables à celle-ci, ces études furent les références les plus appropriées au moment de l'étude.

Ces deux études (contamination et consommation) ont été menées sur une courte fenêtre de temps, lors de la saison sèche et lors de la période ouverte de chasse. Donc, les résultats de ces deux études ne devraient pas être généralisés à la saison des pluies ou à la saison ouverte de la chasse. Le fait que ces deux études soient transversales et qu'elles aient été effectuées sur une courte durée a pu susciter la présence d'un biais d'échantillonnage. Toutefois, l'utilisation d'une méthode d'échantillonnage systématique, mais aléatoire, dans les deux cas, a minimisé la possibilité de ce biais. Donc, il est fort probable que les échantillons de ces deux études soient représentatifs des populations ciblées; l'ensemble du gibier chassé et acheminé sur Port-Gentil dans le cas de l'étude sur la contamination, et les Gabonais de la ville de Port-Gentil dans le cas de l'étude sur la consommation. Ces deux études ont pris place à Port-Gentil, une ville reconnue pour sa prospérité économique liée à des activités pétrolières, ce qui rend ces résultats non comparables aux villes de l'intérieur du pays. Un pouvoir d'achat plus élevé offre plus de possibilités pour les consommateurs, entre autres en termes de ravitaillement d'aliments (par exemple une plus grande variété d'aliments). Port-Gentil est aussi une ville côtière où le poisson

est relativement abondant, ce qui pourrait aussi avoir un impact sur la demande, la disponibilité ou le niveau de consommation d'autres denrées alimentaires [par exemple, une plus grande disponibilité de poisson qui mène à une baisse de la demande et de la consommation d'autres types de viande (Gomma et Rana, 2007)]. Ainsi, ces études sont spécifiquement généralisables à d'autres villes côtières financièrement prospères de l'Afrique centrale et occidentale (par exemples : Libreville au Gabon, Luanda en Angola, Pointe-Noire en République du Congo, Bata et Malabo en Guinée-Équatoriale, Douala au Cameroun, Dakar au Sénégal et Accra au Ghana). En ce qui concerne l'étude sur la contamination, la sélection du gibier était limitée au gibier disponible dans les marchés urbains donc ces résultats ne peuvent pas être extrapolés au gibier circulant selon les voies informelles de la filière où les conditions de transport et de conservation de la viande peuvent différer. De plus, les prélèvements de viande ont été limités à la cuisse de la carcasse et aux quatre familles animales les plus représentées dans les marchés urbains en Afrique centrale (Wilkie et Carpenter, 1999), donc ces résultats ne peuvent pas être généralisés à d'autres parties de l'animal ou à d'autres familles animales. Néanmoins, ces résultats demeurent toujours valides en ce qui concerne ces quatre espèces animales vendues parmi les marchés urbains de l'Afrique centrale similaires à ceux de Port-Gentil.

Conclusion

Quelques rares données existent au Gabon sur la quantité de gibier exploitée et consommée à l'échelle nationale, mais aucune donnée n'existe sur la proportion des ménages urbains qui consomment cet aliment. À Port-Gentil, au moins un ménage sur 4 a consommé du gibier sur une base de trois jours. Bien que la consommation du gibier soit relativement moins importante comparativement à celle de la volaille ou du poisson, elle n'est tout de même pas marginale. Ainsi, au Gabon, l'évaluation des maladies d'origine alimentaire doit prendre en considération, au-delà des viandes domestiques et du poisson, le gibier. D'une perspective de santé publique, ce mémoire visait à mieux comprendre le niveau d'exposition au danger microbiologique issu du gibier, mais aussi d'identifier les déterminants de la consommation de gibier au sein des ménages de Port-Gentil. La consommation et l'exposition au gibier sont plus probables pour les ménages socio-économiquement favorisés, et a le plus souvent lieu durant la fin de semaine. Ainsi, advenant l'existence d'un risque sanitaire associé à la manipulation ou à la consommation du gibier (par exemple, le virus de l'Ebola), ces deux paramètres représentent des facteurs de risque importants à considérer. De futures études sont nécessaires afin d'identifier plus précisément si un risque sanitaire existe pour les consommateurs urbains exposés au gibier.

La deuxième problématique identifiée dans le cadre de ce mémoire était celle d'une absence d'information sur les modalités de ravitaillement du gibier en zone urbaine. Même si une proportion importante des ménages sont exposés au gibier

régulièrement, est-ce que les conditions sanitaires autour de la commercialisation et du ravitaillement de gibier minimise les risques sanitaires potentiellement associé à une exposition au gibier? Une proportion importante du gibier a été vendue en carcasse entière et en l'absence de méthode formelle de conservation de la viande. Ces deux paramètres représentent des problématiques importantes en matière de santé publique puisque, d'une part, le délai entre le moment où l'animal est abattu et le moment où il est ravitaillé par le consommateur n'est pas connu et peut souvent dépasser les 48 heures. D'autre part, le statut sanitaire de l'animal et l'état microbiologique de la viande au moment de son ravitaillement ne sont jamais connus ou contrôlés. De futures études sur le statut sanitaire des animaux abattus et sur l'état microbiologique du gibier destiné à la consommation humaine sont donc nécessaires afin d'adresser ces deux problématiques. Ceci étant dit, des risques sanitaires ont déjà été identifiés en ce qui concerne la manipulation de carcasses de primates non-humains en Afrique centrale. Dans cette étude, le tiers du gibier ravitaillé était constitué de primates non-humains, ce qui représente potentiellement une problématique de santé publique négligée à Port-Gentil. Au niveau du ménage, aucune méthodes ne sont utilisées pour conserver le gibier, quoique plus de 70% du gibier ait été consommé dans un délai de moins de 12 heures et 100 % du gibier ait été bouilli avant sa consommation. Ainsi, le risque sanitaire associé à la consommation du gibier semble peu probable au moment de sa consommation. Globalement, ce mémoire a fait ressortir une lacune importante des conditions hygiéniques autour de la commercialisation et du ravitaillement de gibier, ce qui

représente un risque sanitaire potentiellement important lors d'une exposition humaine au gibier au niveau des marchés urbains. Ainsi, des efforts (par exemple des campagnes de sensibilisation) par les intervenants de la santé publique pourraient se focaliser sur l'amélioration des conditions hygiéniques au niveau des marchés et du ménage.

Finalement, le niveau de contamination du gibier est peu bien caractérisé en Afrique centrale, surtout par rapport aux bactéries pathogènes. Bien qu'une proportion non marginale de la population de Port-Gentil consomme du gibier, cette consommation représente-t-elle un risque sanitaire pour les consommateurs par rapport aux bactéries pathogènes à l'humain? En ce qui concerne *Campylobacter*, *Salmonella* et *Shigella*, le niveau de contamination intrinsèque (intérieur du muscle) du gibier semble très faible à Port-Gentil. Ceci implique que la consommation du gibier représente probablement un faible risque sanitaire pour ces trois bactéries. Toutefois, rien ne peut actuellement être conclu en ce qui concerne l'état bactériologique (cutané et viscéral) du gibier étalé dans les marchés et préparé dans les ménages urbains. De futures études sont donc nécessaires, non seulement par rapport à ces trois bactéries pathogènes mais aussi par rapport à d'autres types d'agents pathogènes (par exemple virus et parasites), afin de déterminer si un risque sanitaire existe lors de la manipulation ou de la préparation du gibier précédant sa consommation.

Bibliographie

Allos, B.M. (2001). *Campylobacter jejuni Infections: Update on Emerging Issues and Trends*. Food Safety 32, 1201-1206.

Adak, G.K., S.M., Meakins, H., Yip, B.A., Lopman, and S.J., O'Brien. (2005). *Disease risks from foods, England and Wales, 1996-2000*. Emerging Infectious Diseases, 11, 365-372.

Adesiyun, A.A., A., Stewart-Johnson, and N.N., Thompson. (2009). *Isolation of enteric pathogens from bats in Trinidad*. Journal of Wildlife Diseases, 45, 952-961.

Aghokeng, A.F., A., Ayouba, E., Mpoudi-Ngole, S., Loul, F., Liegeois, E., Delaporte, and M. Peeters. (2010). *Extensive survey on the prevalence and genetic diversity of SIVs in primate bushmeat provides insights into risks for potential new cross-species transmissions*. Infection, Genetics and Evolution, 10, 386-396.

Ahl, A.S., D., Nganwa, and S., Wilson. (2002). *Public health considerations in human consumption of wild game*. Annals of the New York Academy of Sciences, 969, 48-50.

Ahmed, J.S., O., Sparagano, and U., Seitzer. (2010). *One health, one medicine: Tackling the challenge of emerging diseases*. Transboundary and Emerging Diseases, 57, 1-2.

Alexandratos, N. (1999). *World food and agriculture: Outlook for the medium and longer term*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96, 5908–5914.

Alonso-Hearn, M., E., Molina, M., Geijo, P., Vazquez, I., Sevilla, J.N., Garrido, and R.A., Juste. (2009). *Isolation of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis from muscle tissue of naturally infected cattle*. Foodborne Pathogens and Disease, 6, 513-518.

Altekruse, S.F., N.J., Stern, P.I., Fields, and D.L., Swerdlow. (1999). *Campylobacter jejuni – an emerging foodborne pathogen*. African Journal of Biomedical Research, 9, 133-136.

Anderson, E. C., and L.W., Rowe. (1998). *The prevalence of antibody to the viruses of bovine virus diarrhoea, bovine herpes virus 1, rift valley fever, ephemeral fever and bluetongue and to Leptospira sp in free-ranging wildlife in Zimbabwe*. Epidemiology and Infection, 121, 441-449.

Anstey, S. (1991). *Wildlife Utilization in Liberia: The findings of a national survey 1989-1990*. Report to WWF/FDA.

Apaza, L., D., Wilkie, E., Byron, T., Huanca, W., Leonard, E., Pérez, V., Reyes-Carcia, V., Valdez, and R., Godoy. (2002). *Meat prices influence the consumption of wildlife by the Tsimane Amerindians of Bolivia*. Oryx, 36, 1-7.

Ape Alliance. (1998). *The African Bushmeat Trade - A recipe for Extinction*. Ape Alliance. London, UK.

Apetrei, C., M.J., Metzger, D., Richardson, B., Ling, P.T., Telfer, P., Reed, D.L., Robertson, and P.A., Marx. (2005). *Detection and partial characterization of simian immunodeficiency virus SIVsm strains from bush meat samples from rural Sierra Leone*. Journal of Virology, 79, 2631-2636.

Armelagos, G.J., P.J., Brown, and B., Turner. (2005). *Evolutionary, historical and political economic perspectives on health and disease*. Social Science and Medicine, 61, 755-765.

Assana, E., P.A., Zoli, H.A., Sadou, Nguokam, L., Vondou, M.S.R., Pouedet, P., Dorny, J., Brandt, and S., Geerts. (2001). *Prévalence de la cysticercose porcine dans le Mayo-Danay (nord Cameroun) et le Mayo-Kebbi (sud-ouest du Tchad)*. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 54, 123-127.

Atanassova, V., J., Apelt, F., Reich, G., Klein. (2008). *Microbiological quality of freshly shot game in Germany*. Meat Science, 78, 414-419.

Auzel, P. (1999). *Sites forestiers industriels et durabilité de l'exploitation de la faune dans le sud-Est du Cameroun.*, Mémoire de DEA en Sciences agronomiques et ingénierie biologique, Fac. Sci. Agro., Gembloux, 115 p.

Ayebazibwe, C., F.N., Mwiine, S.N., Balinda, K. Tiornehoi, C., Masembe, V.B., Muwanika, A.R., Okurut, H.R., Siegismund, and S., Alexandersen (2010). *Antibodies against Foot-and-mouth Disease (FMD) virus in African buffalos (*Syncerus caffer*) in selected national parks in Uganda (2001–2003)*. Transboundary and Emerging Diseases, 57 , 286-292.

Bahuchet, S. (2000). *La filière "viande de brousse". Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui*. Bruxelles. Avenir des Peuples des Forêts Tropicales, 2, 331-363.

Barnes, E. M., G.C., Mead, and N.M., Griffiths. (1973). *The microbiology and sensory evaluation of pheasants hung at 5, 10 and 15°C*. British Poultry Science, 14, 229-240.

Barnes, R. (2002). *The bushmeat boom and bust in West and Central Africa*. Oryx 36, 236-242.

Bengis, R.G. (1997). *Animal health risks associated with the transportation and utilisation of wildlife products*. Revue scientifique et technique, 16, 104-110.

Bennett, H.A. (1995). *A study of the meat trade in Ouesso, Republic of Congo*. Wildlife Conservation Society, Bronx, NY.

Bennett, E., and J., Robinson. (2000). *Hunting for the snark. Hunting for sustainability in tropical forests*. New York, Columbia University Press : 1-9

Bielecki, J. (2003). *Emerging food pathogens and bacterial toxins*. Acta Microbiologica Polonica, 52 Suppl, 17-22.

Binot, A., and D., Cornelis. (2004). *Synthèse bibliographique du secteur "viande de brousse" au Gabon*. CIRAD-emvt No 04-14, France, 1-49

Blaney, S. (2008). *Contribution des ressources naturelles à la sécurité alimentaire et à l'état nutritionnel d'une population rurale d'une aire protégée du Gabon*. PhD thesis. Université Laval, Quebec.

Brashares, J.S., P. Arcese, M. K. Sam, P. B. Coppolillo, A.R.E., Sinclair, and A. Balmford. (2004). *Bushmeat hunting, wildlife declines, and fish supply in West Africa*. Science, 306, 1180-1183.

Buncic, S., J., McKinstry, C., Reid, and M.H., Anil. (2002). *Spread of microbial contamination associated with penetrative captive bolt stunning of food animals*. Food Control, 13, 425-430.

Butzler, J. (2004). *Campylobacter, from obscurity to celebrity*. Clinical Microbiology and Infectious Diseases, 10, 868 - 876.

Candela, M.G., E., Serrano, C., Martinez-Carrasco, P., Martin-Atence, M.J., Cubero, F., Alonso, and L., Leon. (2009). *Coinfection is an important factor in epidemiological studies: the first serosurvey of the aoudad (*Ammotragus lervia*)*. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, 28, 481-489.

Carpaneto, G.M., A., Fusari, and H., Okongo. (2007). *Subsistence hunting and exploitation of mammals in the Haut-Ogooud province, south-eastern Gabon*. Journal of Anthropological Sciences, 85, 183-193.

Cascio, A., M., Bosilkovski, A.J., Rodriguez-Morales, and G., Pappas. (2011). *The socio-ecology of zoonotic infections*. Clinical Microbiology and Infection, 17, 336-342.

Casoli, C., E., Duranti, F., Cambiotti, and P., Avellini. (2005). *Wild ungulate slaughtering and meat inspection*. Veterinary Research Communications, 29, 89-95.

Casparry, H.U. (1999). *Utilisation de la faune sauvage en Côte d'Ivoire et Afrique de l'Ouest. Potentiels et contraintes pour la coopération au développement*. Eschborn, Allemagne.

CDC. (2004). *Control of Communicable Diseases Manual* Washington, D.C. : American Public Health Association

Chastel, C., et G. Charmot. (2004). *Epidémies bactériennes et virales d'origine zoonotique. Rôle de la chasse et du dépeçage d'animaux sauvages*. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 97, 207-212.

- Coello, M.J.S., A., Small, and S., Buncic. (2007). *Microbiological differences between cull cattle slaughtered at an abattoir and cull cattle slaughtered on farms*. Veterinary Record, 161, 719-722.
- Coker, A.O., R.D., Isokpehi, B.N., Thomas, K.O., Amisu, and C.L., Obi.(2002). *Human campylobacteriosis in developing countries*. Emerging Infectious Diseases, 8, 237-244.
- Cutler, S.J., A.R., Fooks, and W.H.M., van der Poe. (2010). *Public health threat of new, reemerging, and neglected zoonoses in the industrialized world*. Emerging Infectious Diseases, 16, 1-7.
- David, E., and M., Dame. (2006). *A census of the commercial bushmeat market in Yaounde, Cameroon*. Oryx, 40, 472-475.
- Davies, G. (2002). *Bushmeat and International Development*. Conservation Biology, 16), 587-589.
- Daszak, P., and A.A., Cunningham. (2002). *Emerging infectious diseases: a key role for conservation medicine*. In *Conservation medicine: ecological health in practice* (A.A. Aguirre, R.S. Ostfeld, G.M. Tabor, C. House and M.C. Pearl, eds). Oxford University Press, New York, pp. 40-61.
- De Merode, E., K., Homewood, and G. Cowlshaw (2004). *The value of bushmeat and other wild foods to rural households living in extreme poverty in the eastern Democratic Republic of Congo*. Biological Conservation, 20, 573- 558.
- De Merode, E., and G., Cowlshaw. (2006). *Species protection, the changing informal economy, and the politics of access to the bushmeat trade in the democratic republic of Congo*. Conservation Biology, 20, 1262-1271.

De Wit, M.A., M.P., Koopmans, L.M. Kortbeek, W.J., Wannet, J., Vinjé, F., van Leusden, A.I., Bartelds, and Y.T., van Duynhoven (2001). *Sensor, a population-based cohort study on gastroenteritis in the Netherlands: Incidence and etiology.* American Journal of Epidemiology, 154, 666-674.

Delgado, C., C., Courbois, and M., Rosegrant. (1998). *Global food demand and the contribution of livestock as we enter the new millennium.* Washington: International Food Policy Research Institute

Delvingt, W. (1997). *La chasse villageoise: synthèse régionale des études réalisées durant la première phase du Programme ECOFAC au Cameroun, au Congo, et en République Centrafricaine.* p.-73 Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques des Gembloux: ECOFAC, AGRECO-CTFT.

Dethier, M. (1995). *Etude chasse.* Rapport ECOFAC, Composante Cameroun, AGRECOCTFT, 118 p.

Dewall, C.S., G., Hicks, K., Barlow, L., Alderton, and L., Vegosen. (2006). *Foods associated with foodborne illness outbreaks from 1990 through 2003.* Food Protection Trends, 26, 466-473.

Diéval, S. (2000). *La filière viande de chasse à Bangui, République centrafricaine.* Mémoire de fin d'études, Istom, Cergy-Pontoise, France, 1-211.

Dorny, P., N., Praet, N., Deckers, and S., Gabriel (2009). *Emerging food-borne parasites.* Veterinary Parasitology, 163, 196-206.

East, T., N.F., Kümpel, E.J., Milner-Gulland, and J.M., Rowcliffe. (2005). *Determinants of urban bushmeat consumption in Río Muni, Equatorial Guinea.* Biological Conservation, 126, 206-215.

Edderai, D., and M., Dame. (2006). *A census of the commercial bushmeat market in Yaounde, Cameroon*. Oryx, 40, 472-475.

Evans, A., F., Gakuya, J.T., Paweska, M., Rostal, L., Akoolo, T., Manyibe, J.M., Macharia, T.G., Ksiazek, D.R., Feikin, R.F., Breiman, M., and Kariuki Njenga (2008). *Prevalence of antibodies against Rift Valley fever virus in Kenyan wildlife*. Epidemiology and Infection, 136, 1261-1269.

Fa, J.E., J., Juste, J., Perez del Val, and J., Castroviejo, J. (1995) *Impact of market hunting on mammal species in Equatorial Guinea*. Conservation Biology, 9, 1107-1115.

Fa, J. E., C.A., Peres, and J., Meeuwig. (2002). *Bushmeat Exploitation in Tropical Forests: an Intercontinental Comparison*. Conservation Biology 16, 232-237.

Fa, J. E., D., Currie, and J., Meeuwig. (2003). *Bushmeat and food security in the Congo Basin: linkages between wildlife and people's future*. Environmental Conservation, 30, 71-78.

Fa, J. E., S.F., Ryan, and J.D., Bell. (2005). *Hunting vulnerability, ecological characteristics and harvest rates of bushmeat species in afrotropical forests*. Biological Conservation, 121, 167-176.

Fa, J.E., L., Albrechtsen, P.J., Johnson, and D.W., Macdonal (2009). *Linkages between household wealth, bushmeat and other animal protein consumption are not invariant: evidence from Rio Muni, Equatorial Guinea*. Animal Conservation, 6, 599-610.

FAO. (1980). *Les pêches et l'aquaculture dans l'économie gabonaise*.

Développement de la pisciculture au Gabon. Archives de documents de la FAO.

FAO. (2002). *Données agricoles de FAOSTAT*. In : Banque de données statistiques de la FAO. [en ligne]. FAO [<http://faostat.fao.org/faostat>] (consulté le 20 octobre 2010).

Fargeot, C. (2004). *Chasse commerciale et le négoce de la venaison en Afrique Centrale forestière*. Game and Wildlife Science, 21, 817-833.

Fargeot, C. (2009). *Le commerce de la viande de chasse en Afrique centrale: étude d'un marché-porte. Le PK 12 à Bangui (RCA)* In: Colloque SFER Chasse, Territoire et Développement Durable. Outils d'analyses, Enjeux et Perspectives, 25-26 Mars, 2009, Clermont-Ferrand.

Ferroglio, E., E., Wambwa, M., Castiello, A., Trisciuglio, A., Prouteau, E. Pradere, S., Ndungu, D., de Meneghi. (2003). *Antibodies to Neospora caninum in wild animals from Kenya, East Africa*. Veterinary Parasitology, 118, 43-49.

Flit, J. A., Y.T., Van Duynhoven, F.J., Angulo, S.M., DeLong, P., Braun, M., Kirk, E., Scallan, M., Fitzgerald, G.K., Adak, P. Sockett, A., Ellis, G., Hall, N., Gargouri, H., Walke, and P., Braam. (2005). *Estimating the burden of acute gastroenteritis, foodborne disease, and pathogens commonly transmitted by food: an international review*. Clinical Infectious Diseases, 41, 698-704.

Freeman, A.S., J.M., Kinsella, C., Cipolletta, S.L., Deem, and W., Karesh. (2004). *Endoparasites of western lowland gorillas (Gorilla gorilla gorilla) at Bai Hokou, Central African Republic*. Journal of Wildlife Diseases, 40, 775-781.

Gabon. (2001). *Code forestier en République Gabonaise Loi n°16-01 du 31 décembre 2001*. 1-36.

- Gantois, I., R., Ducatelle, F., Pasmans, F., Haesebrouck, R., Gast, T.J., Humphrey, and F., Van Immerseel (2009). *Mechanisms of egg contamination by Salmonella Enteritidis*. FEMS Microbiology Review, 1-21.
- Gao, X. M., and T., Spreen. (1994). *A microeconomic analysis of the U.S. meat demand*. Canadian Journal of Agricultural Economics, 42, 397-412.
- Gill, C. O., N., Penney, and P.M., Nottingham. (1976). *Effect of delayed evisceration on the microbial quality of meat*. Applied and Environmental Microbiology, 31, 465-468.
- Gill, C. O., ad Penney, N. (1977). *Penetration of bacteria into meat*. Applied and Environmental Microbiology, 33, 1284-1286.
- Gill, C. O., N., Penney, and P.M., Nottingham. (1978). *Tissue sterility in uneviscerated carcasses*. Applied and Environmental Microbiology, 36, 356-359.
- Gill, C. O., and Penny, N. (1979). *Survival of bacteria in carcasses*. Applied and Environmental Microbiology, 37, 667-669.
- Gill, C. O. (2007). *Microbiological conditions of meats from large game animals and birds*. Meat Science, 77, 149-160.
- Gillespie, T. R., C.L., Nunn, and F.H., Leendertz. (2008). *Integrative approaches to the study of primate infectious disease: Implications for biodiversity conservation and global health*. Yearbook of Physical Anthropology, 51, 53-59.
- Golab, E., and M., Sadkowska-Todys. (2006). *Epidemiology of human trichinellosis in Poland-currently and in the past*. Wiad Parazytol, 52, 181-187.

Goldberg, T.L., T.R., Gillespie, I.B., Rwego, E.L., Estoff, and C.A., Chapman. (2008) *Forest fragmentation as a cause of bacterial transmission among nonhuman primates, humans, and livestock, Uganda*. Emerging Infectious Diseases. 14, 1375-1382

Gomna, A., and K., Rana. (2007). *Inter-household and intra-household patterns of fish and meat consumption in fishing communities in two states in Nigeria*. British Journal of Nutrition, 97, 145-152.

Good, R.C. B.D., May, and T., Kawatomari (1969). *Enteric pathogens in monkeys*. Journal of Bacteriology, 97, 1048-1055.

Graham, S.M. (2002). *Salmonellosis in children in developing and developed countries and populations*. Current Opinion in Infectious Diseases, 15, 507-512.

Greenbloom, S.L., P., Martin-Smith, S., Isaacs, B., Marshall, D.C., Kittle, K.C., Kain, and J.S., Keystone. (1997). *Outbreak of trichinosis in Ontario secondary to the ingestion of wild boar meat*. Canadian Journal of Public Health, 88, 52-56.

Greger, M. (2007). *The human/animal interface: Emergence and resurgence of zoonotic infectious diseases*. Critical Reviews in Microbiology, 33, 243-299.

Hall, G.V., M.D., Kirk, and N., Becker. (2005). *An estimate of foodborne gastroenteritis in Australia, allowing for uncertainty*. Emerging Infectious Diseases, 11, 1257–1264.

Haydon, D.T, S., Cleaveland, L.H., Taylor, and M.K., Laurenson. (2002). *Identifying reservoirs of infection: a conceptual and practical challenge*. Emerging Infectious Diseases, 8, 1468-1473.

- Hoffmann, S., P., Fischbeck, A., Krupnick, and M., McWilliams. (2007). *Using expert elicitation to link foodborne illnesses in the United States to foods*. Journal of Food Protection, 70, 1220-1229.
- Hubalek, Z. (2003). *Emerging human infectious diseases : anthroponoses, zoonoses, and sapronoses*. Emerging Infectious Diseases, 9, 403-404.
- Humphrey, T., S., O'Brien, and M., Mogens. (2007). *Campylobacters as zoonotic pathogens: A food production perspective*. International Journal of Food Microbiology, 117, 237-257.
- Indjieley, M. (1998). *Analyse socioculturelle et économique de la consommation de la viande de brousse à Libreville*. . Séminaire FORAFRI de Libreville - Session 1 : états des populations et des forêts 1-6.
- Ingram, M., and R.H., Dainty. (1971). *Changes caused by microbes in spoilage of meats*. Journal of Applied Microbiology, 34, 21-39.
- Johnson, K. (1978). *Ebola haemorrhagic fever in Zaire, 1976*. Bulletin of the World Health Organization, 56, 271-293.
- Johnson, N., K.L., Mansfield, D.A., Marston, C., Wilson, T., Goddard, D., Selden, G., Hemson, L., Edea, F., van Kesteren, F., Shiferaw, C, A.E., Stewart, C., Sillero-Zubiri, and A.R., Fooks. (2010). *A new outbreak of rabies in rare Ethiopian wolves (Canis simensis)*. Archives of Virology, 155, 1175-1177.
- Juste, J., J.E., Fa, J.P.D., Val, and J., Castroviejo. (1995). *Market dynamics of bushmeat species in Equatorial Guinea*. Journal of Applied Ecology, 32, 454-467.

Käferstein, F. K., Y. Motarjemi, and D. W., Bettcher. (1997). *Foodborne disease control: A transnational challenge*. Emerging Infectious Diseases, 3, 503-510.

Käferstein, F. (2003). *Foodborne diseases in developing countries: aetiology, epidemiology and strategies for prevention*. International Journal of Environmental Health Research 13, 161-168.

Karesh, W., and R., Cook. (2005). *The human-animal link*. Foreign Affairs, 84, 38-50.

Karesh, W. B., and E., Noble. (2009). *The bushmeat trade: increased opportunities for transmission of zoonotic disease*. Mount Sinai Journal of Medicine, 76, 429-434.

Kayode, R. M., and O.M., Kolawole (2008). *Studies on the β -lactamase production of bacterial isolates from smoked bush meats correlated with bacterial resistance to three β -lactam antibiotics*. Journal of Applied Sciences & Environmental Management, 12, 89-92.

Koneman, E. W., and T.M., Minckler. (1970). *Postmortem bacteriology*. CRC Crit Reviews in Clinical Laboratory Science, 1, 5-23.

Koréneková, B., and M., Korének. (2008). *Factors affecting the quality of meat*. MESO 10, 389-393.

Kotloff, K.L., J.P., Winickoff, B., Ivanoff, J.D., Clemens, D.L., Swerdlow, P.J., Sansonetti, G.K., Adak, and M.M., Levine. (1999). *Global burden of Shigella infections: implications for vaccine development and implementation of control strategies*. Bulletin of the World Health Organization, 77, 651-666.

Kuchenmuller, T., S., Hird, C., Stein, P., Kramarz, A., Nanda, and A.H. Havelaar. (2009). *Estimating the global burden of foodborne diseases--a collaborative effort*. Euro Surveillance, 14.

Kümpel, N. F. (2006). *Incentives for sustainable hunting of bushmeat in Rio Muni, Equatorial Guinea*. PhD thesis Institute of Zoology / Imperial College London (University of London)

Kümpel, N.F., T., East, N., Keylock, J.M., Rowcliff, G., Cowlshaw, and E.J., Milner-Gulland. (2008). *Determinants of bushmeat consumption and trade in continental Equatorial Guinea: an urban-rural comparison*. In D.A.A. Brown, G, (Ed.), *Bushmeat and Livelihoods: Wildlife Management and Poverty Reduction*. Oxford: ZSL and Blackwell Science. pp. 74 - 91.

Kümpel, N. F., E.J., Milner-Gulland, G., Cowlshaw, and J.M., Rowcliffe. (2010). *Assessing sustainability at multiple scales in a rotational bushmeat hunting system*. Conservation Biology, 24, 861-871.

Ladele, A.A., K., Joseph, and O.T.O., Liaiya (1996). *Sensory quality ratings, consumption pattern and preference for some selected meat types in Nigeria*. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 47, 141-145.

Lahm, S.A. (E.). (1993). *Ecology and economics of human/wildlife interaction in Northeastern Gabon*. New York: New York University.

Lahm, S.A. (1994). *Hunting and wildlife in northeastern Gabon: why conservation should extend beyond protected areas*. Makokou, Gabon: Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET).

Lecocq, Y. (1997). *A European perspective on wild game meat and public health*. Rev sci tech Office International des Epizooties, 16, 579-585.

Lee, K., T., Iwata, A., Nakadai, T., Kato, S., Hayama, T., Taniquchi, and H., Hayachidani. (2011). *Prevalence of Salmonella, Yersinia and Campylobacter spp. in feral raccoons (Procyon lotor) and masked palm civets (Paguma larvata) in Japan*. Zoonoses and Public Health, 1-8.

Leendertz, F.H., S., Junglen, C., Boesch, P., Formenty, E., Couacy-Hymann, V., Courgnaud, G., Pauli, and H., Ellerbrok. (2004). *High variety of different simian T-cell leukemia virus type 1 strains in chimpanzees (Pan troglodytes verus) of the Tai National Park, Cote d'Ivoire*. Journal of Virology, 78, 4352-4356.

Leendertz, F. H., F., Lankester, P., Guislain, C., Néel, O., Driori, J. Dupain, S., Speede, P., Reed, N., Wolfe, S., Loul, E., Mpoudi-Ngole, M. Peeters, C., Boesh, G. Pauli, H., Ellerbrok, and E.M., Leroy. (2006). *Anthrax in Western and Central African great apes*. American Journal of Primatology, 68, 928-933.

Leendertz, S.A., J.S., Junglen, C., Hedemann, A., Goffe, S., Calvignac, C., Boesh, and F.H., Leendertz. (2010). *High prevalence, coinfection rate, and genetic diversity of retroviruses in wild red colobus monkeys (Piliocolobus badius badius) in Tai National Park, Cote d'Ivoire*. Journal of Virology, 84, 7427-7436.

Leroy, E. M., P., Rouquet, P., Formenty, S., Souquière, A. Kilbourne, J.M., Froment, M., Bermejo, S., Smit, W., Karesh, R. Swanepoel, S.R., Zaki, and P.E., Rollin. (2004). *Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife*. Science, 303, 387-390.

- Luber, P., S., Brynestad, D., Topsch, K. Scherer, and E., Bartelt. (2006). *Quantification of Campylobacter species cross-contamination during handling of contaminated fresh chicken parts in kitchens. Applied and Environmental Microbiology, 72, 66-70.*
- Mackey, B. M., and C.M., Derrick. (1979). *Contamination of the deep tissues of carcasses by bacteria present on the slaughter instruments or in the gut. Journal of Applied Microbiology, 46, 355-366.*
- Majowicz, S. E., J., Musto, J., E., Scallan, F.J., Angulo, M., Kirk, S.J., O'Brien, T.F., Jones, A., Fazil, R.M., Hoekstra, and the International Collaboration on Enteric Disease "Burden of Illness' Studies". (2010). *The Global Burden of Non-typhoidal Salmonella Gastroenteritis. Clinical Infectious Diseases, 50, 882-889.*
- Makosso-Vheiye, G., A., Massamba, J., Massamba, and T., Silou. (2008). *Influence du fumage sur la valeur nutritionnelle, les qualités microbiologiques et hygiéniques de la viande de brousse. Annales Africaine de Médecine. 2 , 46-53.*
- Mallia, J.G., B., Hunter, J.P., Vaillancourt, R., Irwin, C.A., Muckle, S.W., Martin, and E., McEwen. (2000). *Bacteriological and histological profile of turkeys condemned for cyanosis. Poultry Science, 79, 1194-1199.*
- Malonga, R. (1996). *Suivi du marché de viande de brousse à Brazzaville (République du Congo). Wildlife Conservation Society (WCS). Projet Nouabale-Ndoki, Congo. GEF-Congo, 48.*
- Mankoto, M., A., Dudu, and M., Colyn (1987). *Données sur l'exploitation du petit et moyen gibier des forêts ombrophiles du Zaïre. Symposium International : Gestion de la Faune en Afrique Subsaharienne, Harare, Zimbabwe. Paris, France, Unesco 109-146.*

Mansfield, K., L., McElhinney, O., Hübschle, F., Mettler, C., Sabeta, L.H., Nel and A.R., Fooks. (2006). *A molecular epidemiological study of rabies epizootics in kudu (Tragelaphus strepsiceros) in Namibia*. BMC Veterinary Research, 2, 1-10.

Mao, Y., C., Zhu, and C.E., Boedeker. (2003). *Foodborne enteric infections*. Current Opinion in Gastroenterology, 19, 11-22.

Mbete, R.A., H., Banga-Mboko, P., Racey, A., Mfoukou-Ntsakala, I., Nganga, J.L., Doucet, J.L., Hornick, and P. Leroy. (2011). *Household bushmeat consumption in Brazzaville, the Republic of the Congo*. Tropical Conservation Science, 4, 187-202.

Mea, G.C., E.M., Barnes, and C.S., Impey. (1974). *Microbiological changes in the uneviscerated bird hung at 10°C with particular reference to the pheasant*. British Poultry Science, 15, 381-390.

Membre, J. M., M., Laroche, and C., Magras. (2011). *Assessment of levels of bacterial contamination of large wild game meat in Europe*. Food Microbiology, 28, 1072-1079.

Miller, M. A., B. A., Byrne, S.S., Jang, E.M., Dodd, E., Dorfmeier, M.D., Harris, J., Ames, D. Paradies, K., Worcester, D.A., Jessup, and W.A., Miller. (2010). *Enteric bacterial pathogen detection in southern sea otters (Enhydra lutris nereis) is associated with coastal urbanization and freshwater runoff*. Veterinary Research, 41, 1-13.

Milner-Gulland, E.J. and L., Clayton. (2002). *The trade in babirusas and wild pigs in North Sulawesi, Indonesia*. Ecological Economics, 42, 165-183.

Milner-Gulland, E. J., and E.L., Bennett. (2003). *Wild meat: the bigger picture*. Trends in Ecology & Evolution, 18, 351-357.

Montagnaro, S., S., Sasso, L., De Martino, M., Longo, V., Lovane, G., Ghiurmino, G., Pisanelli, D., Nava, L., Baldi, and U., Pagnini. (2010). *Prevalence of antibodies to selected viral and bacterial pathogens in wild Boar (Sus scrofa) in Campania region, Italy.* Journal of Wildlife Diseases, 46, 316-319.

Moreno, G., C.A., Lopes, E., Seabra, C. Pavan, and A. Correa. (1975). *Bacteriological study of the intestinal flora of bats (Desmodus rotundus).* Arquivos do Instituto Biologico, 42, 229-232.

Nasi, R., D., Brown, D., Wilkie, E., Benneth, C., Tutin, G., van Tol., and T., Christophersen. (2008). *Conservation and use of wildlife-based resources: the bushmeat crisis.* Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor.Indonesia.50 p.

Ndjoyi, W. (2010). *Situation de l'élevage et la nécessité de développement d'un système de contrôle de la surveillance vétérinaire de la santé animal au Gabon.* Udine, Italy Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST)

Nehring, J. R., M.F., Sheridan, W.F., Funk, and G.L., Alderson. (1971). *Studies in postmortem bacteriology. I. Necropsy sterility in three patients as long as thirty-five days postmortem.* American Journal of Clinical Pathology, 55, 12-16.

Newell, D.G., M., Koopmans, and L., Verhoef. (2010). *Food-borne diseases - The challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge.* International Journal of Food Microbiology, 139 (Supplement 1), S3-S15.

Niyogi, S. K. (2005). *Shigellosis*. Journal of Microbiology, 43, 133-143.

Nizeyi, J. B., R., Mwebe, A., Nanteza, M.R., Cranfield, G.R., Kalema, and T.K., Graczyk (1999). *Cryptosporidium sp. and Giardia sp. infections in mountain gorillas (Gorilla gorilla beringei) of the Bwindi Impenetrable National Park, Uganda*. Journal of Parasitology, 85, 1084-1088.

Nizeyi, J. B., R.B., Innocent, J., Erume, G.R., Kalema, M.R., Cranfield, and T.K., Graczyk. (2001). *Campylobacteriosis, salmonellosis, and shigellosis in free-ranging human-habituated mountain gorillas of Uganda*. Journal of Wildlife Diseases, 37, 239-244.

Nkogwe, C., J., Raletobana, A., Stewart-Johnson, S., Suepaul, and A., Adesiyun. (2011). *Frequency of Detection of Escherichia coli, Salmonella spp., and Campylobacter spp. in the Faeces of Wild Rats (Rattus spp.) in Trinidad and Tobago*. Veterinary Medicine International, Article ID 686923.

Oboegbulem, S., and I., Okoronkwo. (1990). *Salmonellae in the African great cane rat (Thryonomys swinderianus)*. Journal of Wildlife Diseases, 26, 119-121.

OIE. (2008). *Campylobacter jejuni and campylobacter coli*. OIE Terrestrial Manual. Chapter 2.9.3., pp. 1185-1191.

Okiwelu, S. N., N., Ewurum, and A.E., Noutcha. (2009). *Wildlife harvesting and bushmeat trade in rivers state, Nigeria: species composition, seasonal abundance and cost*. Scientia Africana, 8, 1-8.

Okura, H., N., Toft, N., Pozzato, A., Tondo, and S.S., Nielsen. (2011). *Apparent prevalence of beef carcasses contaminated with Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis sampled from danish slaughter cattle*. Veterinary Medicine International. Article ID 152687.

Oliviera, M., N.M., Pedroso, T., Sales-Luis, M., Santo-Reis, L., Tavares, and C.L., Vilela. (2010). *Antimicrobial-Resistant Salmonella Isolated from Eurasian Otters (Lutra lutra Linnaeus, 1758) in Portugal*. Journal of Wildlife Diseases, 46, 1257-1261.

Palmgren, H., T., Broman, J., Waldenstrom, P., Lindberg, A., Aspan, and B., Olsen. (2004). *Salmonella amager, Campylobacter jejuni, and Urease-positive Thermophilic Campylobacter found in free-flying peregrine falcons (Falco peregrinus) in Sweden*. Journal of Wildlife Diseases, 40, 583-587.

Paulsen, P., F., Hilbert, R., Winkelmayr, S., Mayhofer, P., Hofbauer, and F.J.M., Smulders. (2003). *Meat inspection of roe deer in a cutting plant*. Archiv für Lebensmittelhygiene, 54, 137-140.

Paulsen, P., and R., Winkelmayr. (2004). *Seasonal variation in the microbial contamination of game carcasses in an Austrian hunting area*. European Journal of Wildlife Research, 50, 157-159.

Paulsen, P., J., Nagy, P., Popelka, V., Ledecy, S., Marcincak, M., Pipova, F.J., Smulders, P., Hofbauer, P., P, Lazar, Z., Dicakova. (2008). *Influence of storage conditions and shotshell wounding on the hygienic condition of hunted, unviscerated pheasant (Phasianus colchicus)*. Poultry Science, 87, 191-195.

Peeters, M., V., Courgnaud, B., Abela, P., Auzel, X., Pourrut, F., Bibollet-Ruche S., Loul F., Liegeois, C., Butel, D., Koulagna, E., Mpoudi-Ngole E, G.M., Shaw, B.H., Hahn, and E., Delaporte. (2002). *Risk to human health from apethora of simian immunodeficiency viruses in primate bushmeat*. Emerging Infectious Diseases, 8, 451-457.

Pires, S.M., E.G., Evers, W., van Pelt, T, Ayers, E., Scallan., F.J., Angulo, A., Havelaar, T., Hald, and the Med-Vet-Net Workpackage 28 Working Group. (2009). *Attributing the human disease burden of foodborne infections to specific sources*. Foodborne Pathogens and Disease, 6, 417-424.

Pires, S.M., H., Vigre, P., Makela, and T., Hald. (2010). *Using outbreak data for source attribution of human salmonellosis and campylobacteriosis in Europe*. Foodborne Pathogens and Disease, 7, 1351-1361.

Pires, S. M., A.R., Vieira, E., Perez, D., Lo Fo Wong, and T., Hald. (2012). *Attributing human foodborne illness to food sources and water in Latin America and the Caribbean using data from outbreak investigations*. International Journal of Food Microbiology 152,129-138.

Pouedet, M. S., A.P., Zoli, V.L., Nguekam, E., Assana, N., Speybroek, D., Berkvens, P., Dorny, J., Brandt, and S., Geerts (2002). *Epidemiological survey of swine cysticercosis in two rural communities of West-Cameroon*. Veterinary Parasitology, 106, 45-54.

Poulsen, J. R., C.J., Clark, G., Mavah, and P.W., Elkan. (2009). *Bushmeat Supply and Consumption in a Tropical Logging Concession in Northern Congo*. Conservation Biology, 6, 1597-1608.

Pourrut, X., A., Délicat, P.E., Rollin, T.G., Ksiazek, J.P., Gonzalez, and E.M., Leroy. (2007). *Spatial and temporal patterns of Zaire ebolavirus antibody prevalence in the possible reservoir bat species*. Journal of Infectious Diseases, 196, 176-183.

Pourrut, X., J.L., Dikko, R.M., Somo, C.F., Bilong Bilong, E., Delaporte, M. Lebreton, and J.P., Gaonzalez. (2011) *Prevalence of gastrointestinal parasites in primate bushmeat and pets in Cameroon*. Veterinary Parasitology 175, 187-191.

Pozio, E., C. M., Foggin, T., Gelanew, G., Marucci, A., Hailu, P., Rossi, and M.A., Morales. (2007). *Trichinella zimbabwensis in wild reptiles of Zimbabwe and Mozambique and farmed reptiles of Ethiopia*. Veterinary Parasitology, 143, 305-310.

Puit, M. (2003). *Étude de la commercialisation de la viande de brousse dans la région continentale Rio Muni, en Guinée Equatoriale*. Liège, Belgique, Institut vétérinaire tropical, Université de Liège, 1-38.

Quinn, P. J.(1999). *Clinical Veterinary Microbiology*: Elsevier LTD

Ravel, A., J., Greig, C., Tinga, E., Todd, G., Campbell, M., Cassidy, B., Marshall, and F. Pollari. (2009). *Exploring historical Canadian foodborne outbreak data sets for human illness attribution*. Journal of Food Protection, 72, 1963-1976.

Riccardo, O., C., Banchi, V., Peracino, and L., Domenis. (2002). *First report of Trichinella britovi infection in the wild boar of Aosta Valley*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 48, 247-255.

Rieu L. (2005). *Etude du commerce et de la consommation de viande de brousse dans un centre urbain d'Afrique Centrale. Berbérati, République Centrafricaine*. Rapport de mission. Projet GEPAC. Bruxelles, Belgique.

Rieu, . et A., Binot. (2006). *Des agoutis entre les sapellis : Prendre en compte la faune sauvage dans la gestion durable des forêts d'Afrique Centrale. Dans : Exploitation et gestion durable des forêts en Afrique Centrale.* CIFOR-ITTO-CIRAD. Editions L'Harmattan, 267-298.

Roach, C. J., D.A., Elcock, R.C. Watson, and K. Douglas. (2010). *The prevalence of Salmonella and Shigella in Chlorocebus aethiops in Barbados.* Ministry of Agriculture, Barbados, 1-5.

Rodriguez-Osorio, M., J.M., Abad, T., de Haro, R., Villa-Real, and V., Gomez-Garcia. (1999). *Human trichinellosis in Sourthern Spain: serologic and epidemiologic study.* The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 61, 834-837.

Rouquet, P., JM., Froment, M., Bermejo, A., Kilbourn, W., Karesh, P., Reed, B., Kumulungui, P., Yaba, A., Délicat, P.E., Rollin, and E., Leroy. (2005) *Wild animal mortality monitoring and human Ebola outbreaks, Gabon and Republic of Congo, 2001–2003.* Emerging Infectious Diseases, 11, 283-290.

Samra, N., D., F., J., Ferran, S., Amidou, and P., Thompson. (2011). *The prevalence of Cryptosporidium spp. oocysts in wild mammals in the Kruger National Park, South Africa.* Veterinary Parasitology, 175, 155-159.

Schenck, M., E.N., Effa, M., Starkey, D., Wilkie, K., Abernathy, P., Telfer, R., Godoy, and A., Treves. (2006). *Why people eat bushmeat: results from two-choice, taste tests in Gabon, central Africa.* Human Ecology, 34, 433-445.

Scott, E. (1996). *Foodborne disease and other hygiene issues in the home.* Journal of Applied Bacteriology, 80, 5-9.

Scott, E. (2003). *Food safety and foodborne disease in 21st century homes*. Canadian Journal of Infectious Diseases, 14, 277-280.

Schlundt, J. (2002) *New directions in foodborne disease prevention*. International Journal of Food Microbiology 78, 3-17.

Shortridge, K. F. (2003). *Severe Acute Respiratory Syndrome and Influenza: Virus Incursions from Southern China*. American Journal of Respiratory and Critical Care Care Medicine, 168, 1416-1420.

Speedy, A.W. (2003). Animal source foods to improve micronutrient nutrition in developing countries. The Journal of Nutrition, Animal Production and Health Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy: pp. 4048S-4053S.

Steel, E. A. (1994). *Study of the value and volume of bushmeat commerce in Gabon*. Libreville: World Wildlife Fund.

Stoddard, R.A., W.G., Miller, J.E. Foley, J., Lawrence, F.M.D., Gulland, P.A., Conrad, and B.A., Byrne. (2007). *Campylobacter insulaenigrae isolates from northern elephant seals (*Mirounga angustirostris*) in California*. Applied Environmental Microbiology, 73, 1729-1735.

Tambi, N. E. (2001). *Analysis of household attitudes toward the purchase of livestock products and fish in Cameroon*. Agricultural Economics, 26, 135-147.

Tauxe, R.V. (1997). *Emerging foodborne diseases: an evolving public health challenge*. Emerging Infectious Diseases, 3, 425-434.

Taylor, L. H., S.M., Latham, and M.E., Woolhouse. (2001). *Risk factors for human disease emergence*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences, 356, 983-989.

Tei, S., N., Kitajima, K., Takahashi, and K.S., Mishiro. (2003). *Zoonotic transmission of hepatitis E virus from deer to human beings*. Lancet, 362, 371-373.

Thibault, M., and S., Blaney. (2003). *The oil industry as an underlying factor in the bushmeat crisis in Central Africa*. Conservation Biology, 17, 1807-1813.

Todd, E.C. (1997). *Epidemiology of foodborne diseases: a worldwide review*. World Health Statistics Quarterly, 50, 30-50.

Tompkins, D.S., M.J., Hudson, H.R., Smith, R.P., Eglin, J.G., Wheeler, M.M., Brett, R.J., Owen, J.S., Brazier, P., Cumberland, V., King, and P.E., Cook. (1999). *A study of infectious intestinal disease in England: microbiological findings in cases and controls*. Communicable Diseases and Public Health, 2, 108-113.

Tréfon, T., and P., de Maret. (1999). *Snack nature dans les villes d'Afrique centrale. L'homme et la forêt tropicale*. Société d'écologie humaine, 559-572.

Tropical Medicine. (2008). *Oxford Handbook of Tropical Medicine*. London, United Kingdom Oxford University Press.

Turner, M. (1996). *Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence*. British Ecological Society, 33, 200-209.

Van Dooren, S., M., Salemi, and A.M., Vandamme. (2001). *Dating the origin of the African human T-cell lymphotropic virus type-i (HTLV-I) subtypes*. Molecular Biology and Evolution, 18, 661-671.

Van Oosterhout, J.J., and W., Van der Hoek. (1994). *Infection with HIV, a risk factor for epidemic dysentery? A case-control study from Zambia*. AIDS, 8, 1512-1513.

Van Vliet, N., and R., Nasi. (2008). *Hunting for livelihood in northeast Gabon: Patterns, evolution, and sustainability*. Ecology and Society, 13, 33.

Van Vliet, N., C, Nebesse, and R., Nasi. (2010). *Dynamics of bushmeat trade in the market of Kisangani, DRC*. Paper presented at the XXIII IUFRO Congress, 23rd-28th of August 2010, Seoul, South Korea.

Van Vliet, N., and P. Mbazzab. (2011). *Recognizing the multiple reasons for bushmeat consumption in urban areas: A necessary step toward the sustainable use of wildlife for food in Central Africa*. Human Dimensions of Wildlife, 16, 45-54.

Vermeulen, C., and J.L., Doucet. (2006). *Strategies nouvelles et recompositions sociales autour de la faune dans le Bassin du Congo*. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 10, 251-257.

Vo Witzke, H., and D., Kirschke. (2005). *The economics of reducing food-borne diseases in developing countries : the case of diarrhea in Rwanda*. German Journal of Agricultural Economics, 54, 314-319.

Wahlström, H., E. Tysén, E.O., Engvall, B., Brandstrom, E., Eriksson, T., Morner, and I., Vagsholm. (2003). *Survey of Campylobacter species, VTEC 01 57 and Salmonella species in Swedish wildlife*. Veterinary Record, 153, 74-80.

WCS. (2005). *Commercial bushmeat trade in Central Africa*. Policy position of the Wildlife Conservation Society. Wildlife Conservation Society.

Wheeler, J.G., D., Sethi, P., J.M., Cowden, P.G., Wall, L.C., Rodriguez, D.S., Tompkins, M.J., Hudson, and P.J., Roderick. (1999). *Study of infectious intestinal disease in England: rates in the community, presenting to general practice, and reported to national surveillance*. British Medical Journal, 318, 1046-1050.

Whittier, C.A., M.R., Cranfield, and M.K., Stoskopf. (2010). *Real-time PCR detection of Campylobacter spp. In free-ranging mountain gorillas (Gorilla beringei beringei)*. Journal of Wildlife Disease, 46, 791-802.

WHO. (2004). *Report of the WHO/FAO/OIE joint consultation on emerging zoonotic diseases*. Geneva, 65 p.

WHO. (2008) The Global Burden of Disease: 2004 update. Geneva. Available from: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf: accessed in August, 2011.

WHO. (2004). *Report of the WHO/FAO/OIE joint consultation on emerging zoonotic diseases*. Geneva, 65 p.

WHO. (2008a). *The global burden of disease. 2004 Update*. Geneva.

WHO. (2008b). *WHO initiative to estimate the global burden of foodborne diseases*. Geneva.

WHO. (2009). IC File : *10 Facts on Food Safety*.

http://www.who.int/features/factfiles/food_safety/en/index.html (Version current in October 2009).

WHO. (2010). *Initiative to estimate the global Burden of Foodborne Diseases*. http://www.who.int/foodsafety/foodborne_disease/ferg/en/index.html(Version current in December 2010).

WHO. (2011c). Initiative to estimate the Global Burden of Foodborne Diseases: Information and publications. Retrieved June 26, 2011, from http://www.who.int/foodsafety/foodborne_disease/ferg/en/index7.html

Wilkie, D. S., B., Curran, R., Tshombe, and G.A., Morelli. (1998). *Modeling the Sustainability of Subsistence Farming and Hunting in the Ituri Forest of Zaire*. Conservation Biology, 12, 137-147.

Wilkie, D., and J., Carpenter.(1999). *Bushmeat hunting in the Congo Basin: an assessment of impacts and options for mitigation*. Biodiversity and Conservation, 8, 927-955.

Wilkie, D. S., and R.A., Godoy. (2001). *Income and Price Elasticities of Bushmeat Demand in Lowland Amerindian Societies*. Conservation Biology, 15, 761-769.

Wilkie, D., M., Starkey, K., Abernethy, E., Nstame, P., Telfer, and R., Godoy. (2005). *Role of prices and wealth in consumer demand for bushmeat in Gabon, Central Africa*. Conservation Biology, 19, 268-274.

Willcox, B., and B., Ellis. (2006). *Forests and emerging infectious diseases of humans*. Unasylva, 54, 11-18.

Willcox, A. S., and D.M., Nambu. (2007). *Wildlife hunting practices and bushmeat dynamics of the Banyangi and Mbo people of Southwestern Cameroon*. Biological Conservation, 134, 251-261.

Wolfe, N.D., M.N., Eitel, J., Gockowski, P.K., Muchaal, C., Nolte, A.T., Prosser, J.N., Torimiro, S.F., Weise, and D.S., Burke (2000). *Deforestation, hunting and the ecology of microbial emergence*. Global Change and Human Health, 1, 10-25.

Wolfe, N.D., W.M., Switzer, J.K., Carr, V.B., Bhullar, V., Shanmugam, U., Tamoufe, A.T., Prosser, J.N., Torimiro, A., Wright, E., Mpoudi-Ngole, F.E., McCutchan, D.L., Birx, T.M., Folks, D.S., Burke, and W., Heneine. (2004). *Naturally acquired simian retrovirus infections in central African hunters*. Lancet, 363, 932-937.

Wolfe, N. D., W., Heneine, J.K., Carr, A.D., Garcia, V., Shanmugam, U., Tamoufe, J., Torimiro, A.T., Prosser, M. Lebreton, E, Mpoudi-Ngole, F.E., McCutchan, D.L., Birx, T.M., Folks, D.S., Burke, and W.M., Switzer. (2005). *Emergence of unique primate T-lymphotropic viruses among central African bushmeat hunters*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102, 7994-7999.

Wolfe, N.D. (2005 b). *Bushmeat hunting, deforestation, and prediction of zoonotic disease emergence*. Emerging Infectious Diseases, 11, 1822-1827.

Wolfe, N.D., C.P., Dunavan, and J., Diamond. (2007). *Origins of major human infectious diseases*. Nature, 447, 279-283.

Woolhouse, M.E., D.T., Haydon, and R., Antia. (2005). *Emerging pathogens: the epidemiology and evolution of species jumps*. Trends in Ecology and Evolution, 20, 238-244.

Woolhouse, M., and Gaunt, E. (2007). *Ecological origins of novel human pathogens*. Critical Reviews in Microbiology, 33, 231-242.

Wright, J., and N., Priston. (2010). *Hunting and trapping in Lebialem Division, Cameroon: bushmeat harvesting practices and human reliance*. Endangered Species Research, 11, 1-12.

Yildirim, I., and M., Ceylan.(2007). *A comparative assessment of urban and rural households' behaviors towards fresh red meat consumption: A case study in eastern part of Turkey*. Nutrition & Food Science, 37, 222-233.

Annexe I : Questionnaire

Questionnaire sur les Habitudes de Consommation de Viande (s) Dans les Habitations de Port-Gentil

À l'attention du Participant

Ce questionnaire s'adresse aux femmes âgées de 25 ans ou plus et responsables de la gestion d'un ménage (lieu d'habitation d'une famille). Cette étude est autorisée par le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST) de Libreville sous le permit N°Av AR0014/10/MEMESRSI/CENAREST/SCT/CSAR. L'étude vise à mieux comprendre, d'un point de vue de la santé publique, les consommateurs de tout type de viande. Cette étude pourra contribuer à l'amélioration de la santé publique par la meilleure compréhension des conditions de conservation, de préparation et de consommation de diverses viandes. Nous apprécions votre participation et vous offrirez gracieusement un jus à la fin de ce questionnaire en guise de remerciement. Toute information restera confidentielle et anonyme conformément au code éthique régité par le CENAREST.

Réservé à l'enquêteur

Numéro du Questionnaire :

Nom de l'Enquêteur: _____

Date: _____

Quartier (POG) : _____

Information Démographique

Âge: _____

Quartier d'habitat : _____

Lieu de naissance (Nationalité/Ville) : _____

Ethnie : _____

Nombre d'années sur Port-Gentil : _____

Profession : _____

Partie I :

Question 1 : Combien de personnes habitent dans votre ménage? Pouvez-vous identifier leur âge et leur sexe? (Définition du « ménage » : Logement où les occupants habitent en permanence sur toute l'année)

| Personne | Âge | Sexe | Gagne un salaire ? | |
|----------|-----|------|--------------------|-----|
| 1 | | | OUI | NON |
| 2 | | | OUI | NON |
| 3 | | | OUI | NON |
| 4 | | | OUI | NON |
| 5 | | | OUI | NON |
| 6 | | | OUI | NON |
| 7 | | | OUI | NON |
| 8 | | | OUI | NON |
| 9 | | | OUI | NON |
| 10 | | | OUI | NON |

Question 2 : Quel est le revenu total brute dans votre ménage par mois :

- 1-100,000 CFA
 101,000 – 200,000 CFA
 201,000 – 300,000 CFA
 301,000 FCFA – 400,000 CFA
 401,000 – 500,000 CFA
 500,000 CFA +

Question 3 : Combien de repas par jour y-t-ils eu dans votre habitation durant les 5 derniers

jrs?

- 1
 2
 3

Question 4 : Durant les 5 derniers jours, avez-vous consommé dans votre habitation de la / du :

- | | | | | |
|------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| a. La volaille | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| b. Le bœuf; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| c. Le porc; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| d. Le poisson; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| e. La gazelle; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| f. L'antilope; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| g. Le singe; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| h. Le sanglier; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| i. Le porc-épic; | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| j. Autre gibier? | | | | |
-

Question 5 : Pour chacun des repas constitué de viande durant les 5 derniers jours, pouvez-

vous spécifier (l'enquêteur inscrit les réponses dans le tableau);

- Le type de viande consommé ;
- Le Lieu d'achat de la viande;
- La date du ravitaillement, nombre de kilos ravitaillé et le prix de la viande;
- La méthode de conservation de la viande au niveau du lieu d'achat;
- La méthode de conservation de la viande au niveau de l'habitation;
- Le nombre d'heure(s) entre le ravitaillement de la viande et sa consommation;
- Mode de consommation de la viande.

Partie II :

| Synthèse des Résultats du Questionnaire (Page 1 de 2) | | | | | | | | |
|---|------|---|--|---|---|--|---|---|
| Repas | Jour | Viande Consommée | Date du Ravitaillement, # de Kg et Prix | Lieu d'achat | Méthode de Conservation de la Viande Ravitaillée | Temps entre le ravitaillement et la consommation | Méthode de Conservation de la viande ds l'habitation | Mode de Consommation |
| | | Poulet Boeuf Porc Poisson Gazelle Antilope Singe Sanglier Porc-Epic Autres | Date: _____ Nb. Kg: _____ Prix: _____ | Boirot Balise Bornave Autre marché local Supermarché Maquis/Cafette Resto | Aucune Au frais Congelée Fumée Salée Cuite Emballée | moins de 12 hrs entre 12 - 24 hrs plus de 24 hrs | Aucune Au frais Congelée Fumée Salée Cuite Emballée | Grillée (Bbq) Bouillie Braisée Frie Crue - Frais Crue-vieilli |
| Jour 5 Soir | | | | | | | | |
| Jour 5 Midi | | | | | | | | |
| Jour 5 Matin | | | | | | | | |
| Jour 4 Soir | | | | | | | | |
| Jour 4 Midi | | | | | | | | |
| Jour 4 Matin | | | | | | | | |

Synthèse des Résultats du Questionnaire (Page 2 de 2)

| Repas | Jour | Viande Consommée | Date du Ravitaillement, # de Kg et Prix | Lieu d'achat | Méthode de Conservation de la Viande Ravitaillée | Temps entre le ravitaillement et la consommation | Méthode de Conservation de la viande ds l'habitation | Mode de Consommation |
|-------------------------|------|---------------------|---|--------------|--|--|---|-------------------------|
| Jour 3 Soir | | | | | | | | |
| Jour 3 Midi | | | | | | | | |
| Jour 3 Matin | | | | | | | | |
| Jour 2 Soir | | | | | | | | |
| Jour 2 Midi | | | | | | | | |
| Jour 2 Matin | | | | | | | | |
| Jour 1 Soir | | | | | | | | |
| Jour 1 Midi | | | | | | | | |
| Jour 1 Matin | | | | | | | | |

