



HAL
open science

**EVALUATION DE LA SECURITE SANITAIRE A
SALMONELLA DANS LA FILIERE AVICOLE ET DE
L'IMPLICATION DE SOUCHES AVIAIRES DANS
LES DIARRHEES HUMAINES A ABIDJAN, COTE
D'IVOIRE; AUTEUR: KOFFI Ahua René**

Ahua René Koffi

► **To cite this version:**

Ahua René Koffi. EVALUATION DE LA SECURITE SANITAIRE A SALMONELLA DANS LA FILIERE AVICOLE ET DE L'IMPLICATION DE SOUCHES AVIAIRES DANS LES DIARRHEES HUMAINES A ABIDJAN, COTE D'IVOIRE; AUTEUR: KOFFI Ahua René. Sciences du Vivant [q-bio]. UNIVERSITE NANGUI ABROGOUA, 2015. Français. NNT : 2015UNA258 . tel-01567325

HAL Id: tel-01567325

<https://hal.science/tel-01567325>

Submitted on 28 Sep 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



République de Côte d'Ivoire
Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique



UFR des Sciences et
Technologies des Aliments

Année Universitaire

2014-2015

Numéro d'ordre

258/2015

Soutenue publiquement

Le 04 Août 2015

THESE

**Pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences et Technologies
des Aliments de l'Université NANGUI ABROGOUA**

Spécialité: Microbiologie et Sécurité Alimentaire

Présentée par:

KOFFI Ahua René

THEME:

**EVALUATION DE LA SECURITE SANITAIRE A
SALMONELLA DANS LA FILIERE AVICOLE ET
DE L'IMPLICATION DE SOUCHES AVIAIRES
DANS LES DIARRHEES HUMAINES A ABIDJAN,
COTE D'IVOIRE**

Membres du Jury

Président:

M. TANO Yao, Professeur Titulaire, UNA

Co-directeurs:

M. DADIE Adjéhi Thomas, Maître de Conférences, UNA

M. MENAN Eby Ignace-Hervé, Professeur Titulaire, UFHB

Rapporteurs

Mme. NEVRY-KOFFI Rose, Professeur Titulaire, UNA

Mme. KOUASSI M'Bengue Alphonsine, Maître de Conférences, UFHB

Examineurs:

M. LOUKOU Yao Guillaume, Maître de Conférences UFHB

M. INWOLEY Kokou André, Maître de Conférences, UFHB

DEDICACE

Je dédie cette thèse à:

Mon Père KOFFI-SAN TANOH, à Papa KOUAO DJEDOU et à Maman KOUAKOU AFFOUA FOFIE MARTINE, pour leur soutien tout au long de ma vie scolaire et universitaire.

Mon épouse, YAO TANOH AMENAN AGNES, dont l'amour, le soutien, la compréhension et la patience, sont devenus une partie essentielle de ma vie; sans laquelle, je n'aurais pas pu terminer ce travail.

Ma fille KOFFI TANOBLA MARIE-CHRISTELLE, dont le sourire quotidien m'inspire au travail.

Enfin, je dédie cette thèse à tous ceux et celles qui croient en la richesse de la formation et de l'apprentissage.

IN MEMORIAM

*A ma mère KOFFI KIE N'DA, très tôt arrachée à notre affection,
à papa KOUAO DJEDOU AUGUSTIN, à papa KOFFI SANHOU
ANDRE, à papa KOFFI APPIA..., puisse votre passage terrestre
resté à jamais gravé dans nos mémoires.*

REMERCIEMENTS

Au Professeur TANO Yao, Président de l'UNA

Je vous remercie pour la promptitude avec laquelle vous avez accepté de présider cette thèse. Veuillez recevoir ma profonde gratitude.

Au Professeur MENAN Eby Ignace-Hervé et Docteur DADIE Adjéhi Thomas, mes Co-directeurs de thèse, respectivement Directeur du Centre de Diagnostic et de Recherche sur le SIDA et les maladies opportunistes (CeDReS) du CHU de Treichville et, Enseignant-chercheur à l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologiques des Aliments de l'Université NANGUI ABROGOUA. Je vous remercie pour avoir dirigé mes travaux et m'avoir guidé tout au long de cette période de recherche.

Je tiens à remercier particulièrement **Docteur OUASSA Timothée**, mon encadreur au laboratoire de bactériologie du CeDReS, pour m'avoir accueilli, soutenu et conseillé puis offert les conditions de réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier très sincèrement Professeur **DJE Koffi Marcelin**, grâce à qui j'ai pu m'inscrire en DEA puis en thèse à l'Université NANGUI ABROGOUA.

Au Docteur LOUKOU Yao Guillaume et au Docteur INWOLEY Kokou André

Je vous remercie infiniment d'avoir accepté de prendre part à ce jury et de juger ce travail. Vos recommandations m'aideront à améliorer ce mémoire de thèse. Professeurs, recevez l'expression de ma haute considération.

Au Professeur NEVRY-KOFFI Rose et au Docteur KOUASSI M'bengue Alphonsine

Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail. Vos recommandations m'ont aidé à améliorer cette thèse. Professeurs, recevez l'expression de ma haute considération. C'est également un honneur pour moi que vous ayez accepté de prendre part à ce jury. Soyez assurés chers Professeurs de mon estime et de ma profonde gratitude.

Je remercie **Docteur INWOLEY Kokou André**, grâce à qui j'ai pu intégrer le CeDReS sans omettre tous les membres de ce prestigieux centre de recherche, particulièrement **M AGUIA Ahoua** et **Mme KEITA Alimatou** qui ont contribué, avec beaucoup de compétence et de disponibilité, à la conduite technique de ce travail.

Je remercie également les Docteurs **BAKAYOKO Souleymane** et **COULIBALY Kalpy** du laboratoire des aliments de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, pour la précieuse aide qu'ils m'ont apportée.

Je remercie tous les éleveurs, les volaillers et les commerçants de même que toutes les personnes qui ont participé d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont enfin, à l'endroit de mes collègues et ami(e)s de l'Université NANGUI ABROGOUA, pour leur contribution à ce travail.

Que mon épouse **KOFFI Yao Agnès** et ma fille **KOFFI T. Marie-Christelle**, trouvent ici le témoignage de mon affection indéfectible.

Que mes parents, frères, sœurs, oncles, tantes, cousins et cousines trouvent ici un témoignage d'unité et d'affection. Que mes beaux-parents, beaux-frères et belles sœurs soient remerciés pour leur soutien moral et spirituel.

Je tiens aussi à rendre un vibrant hommage à la **famille KOUAO Djédou**, et particulièrement à maman **KOUAKOU Affoua Martine**, pour son soutien et ses prières.

Que le Seigneur soit le bonheur et la fierté de tous et de chacun.

RESUME

La majorité des activités de la filière avicole demeure informelle en Côte d'Ivoire; ce qui peut faire redouter un risque d'infection à *Salmonella*, à partir de ce milieu qui constitue, le réservoir naturel de ces agents pathogènes. L'étude avait pour objectif principal de contribuer à la réduction des risques de toxi-infections alimentaires liés à la consommation de produits aviaires contaminés par *Salmonella*. Une caractérisation des systèmes de production et de commercialisation de produits aviaires a été effectuée. Elle a porté sur 20 fermes, cinq abattoirs et cinq marchés à volaille. Cette étude a été réalisée d'une part avec 1860 échantillons d'origine aviaire dont 480 carcasses, 480 gésiers, 500 œufs de poulet et 400 eaux d'abreuvoir et d'autre part avec 630 échantillons de patients humains. Une enquête consommation pour la détermination des régimes alimentaires a été réalisée. Les souches de *Salmonella* isolées ont été caractérisées par antibiotype, sérotypage et par typage moléculaire par l'ERIC-PCR. Le niveau de biosécurité du système de production avicole des sites de l'étude a été évalué à 28,6% non conforme. La fréquence d'isolement de *Salmonella* a été de 6,8% dans les produits aviaires. Au niveau des gésiers, des carcasses et des œufs, elle était respectivement de 5,8%, 1,9% et 8,2%. La fréquence d'isolement de *Salmonella* dans les eaux d'abreuvoir était de 4,2%. Au niveau des selles diarrhéiques humaines, cette fréquence était de 11,9% dont 15% chez les enfants et 10% chez les adultes. Les diarrhées suspectées à *Salmonella* consécutives à la consommation de produits aviaires ont été globalement de 39,6%. Les isolats de *Salmonella* étaient au nombre de 170, repartis en 18 sérotypes différents; les plus fréquents ont été *S. Typhimurium* (27,6%), *S. Enteritidis* (20%) et *S. Hadar* (10,6%). Les isolats ont présenté une résistance à des β -lactamines estimée entre 70% et 83%. Des liens clonaux ont été identifiés entre les sérotypes de *S. Typhimurium* et *S. Heidelberg*, isolés à la fois dans les matrices aviaires et humaines. Bien que le taux de *Salmonella* (3/99) impliqué dans ces liens soit très faible, l'étude a montré que les produits aviaires insalubres pourraient être responsables des infections diarrhéiques à *Salmonella* chez l'homme; par conséquent, des dispositions préventives sont nécessaires pour une protection de la santé du consommateur.

Mots clés: Aviculture; *Salmonella*, Sérotype, antibiorésistance; ERIC-PCR.

ABSTRACT

The majority of the poultry sector remains informal activities in Côte d'Ivoire; which can make fear a risk of infection with *Salmonella* consecutive to the injection of poultry products in their natural reservoir. The study's main objective was to contribute to reducing the risk of food poisoning linked to the consumption of contaminated poultry products with *Salmonella* through consumer awareness, actors in the poultry industry and public authorities. A characterization of poultry products production and marketing systems was performed. It covered 20 farms, slaughterhouses and five poultry markets. This study was carried out firstly with 1860 samples with 480 avian carcasses, gizzard 480, 500 chicken eggs and 400 water troughs and the other with 630 samples of human patients. A consumer survey to determine the diets was performed. Isolates were characterized by antibiotype, serotyping and molecular typing with ERIC-PCR. The level of biosecurity in the poultry production system of the study sites was estimated to 28.6% non-compliant. *Salmonella* isolation rate was 6.8% in poultry products, 5.8% in the gizzard, 1.9% in the carcasses 8.2% in eggs and 4.2% in trough of water. Among diarrheal patients, the event rate was 11.9%, including 15% in children and 10% in adults. Diarrhea suspected to consecutive *Salmonella* to the consumption of poultry products were overall 39.6%. *Salmonella* isolates were among 170 across 18 different serotypes; the most frequent were *S. Typhimurium* (27.6%), *S. Enteritidis* (20%) and *S. Hadar* (10.6%). Isolates showed resistance to β -lactams estimated between 70% and 83%. Clonal relationships were identified between serotypes of *S. Typhimurium* and *S. Heidelberg* isolated in both avian and human matrices. Although the levels of *Salmonella* (3/99) involved in these links is very low, the study showed that unhealthy poultry products may be responsible for diarrheal *Salmonella* infections in humans; therefore, preventive measures are needed to protect the health of consumers.

Keywords: Aviculture; *Salmonella*, Serotype, antimicrobial resistance; ERIC-PCR

TABLE DES MATIERES

IN MEMORIAM	iv
REMERCIEMENTS	vi
RESUME	ix
TABLE DES MATIERES	xii
LISTE DES TABLEAUX	xviii
LISTE DES FIGURES	xxi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	xxii
Liste des publications	xxiv
INTRODUCTION	1
I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	6
1. AVICULTURE	7
1.1. Filière avicole	7
1.1.1. Aviculture dans le monde	7
1.1.2. Aviculture en Afrique	8
1.1.3. Aviculture en Côte d’Ivoire	11
1.1.4. Typologie du secteur avicole national	11
1.1.5. Productions nationales d’œuf et de viande de poulet.....	13
1.1.6. Nutrition et risque d’infection à <i>Salmonella</i> des volailles	14
1.1.7. Environnement et survie de <i>Salmonella</i>	14
1.1.8. Utilisation de l’antibiothérapie dans l’élevage des volailles	15
1.1.9. Normes et dispositions réglementaires dans la filière avicole	16
1.2. Hygiène et biosécurité dans la filière avicole	17
1.2.1. Biosécurité dans les installations avicoles	17
1.2.2. Préventions des maladies	18
1.2.3. Maladies dans la filière avicole.....	18
2. <i>SALMONELLA</i> ET SALMONELLOSES	19
2.1. <i>Salmonella</i>	19
2.1.1. Caractéristiques bactériologiques	20
2.1.2. Nomenclature et Taxonomie.....	22
2.1.3. Réservoirs	24
2.1.4. Voies de transmission	25

2.1.5. Dynamique de la contamination humaine	27
2.1.6. Facteurs de croissance	27
2.1.6.1. Température	27
2.1.6.2. pH et activité de l'eau (a_w)	28
2.2. Salmonelloses	29
2.2.1. Généralités	29
2.2.1.1. Salmonelloses non typhiques	30
2.2.1.2. Pathologies	30
2.2.2. Toxi-infections alimentaires à <i>Salmonella</i>	31
2.2.2.1. Enjeux sanitaires	31
2.2.2.2. Enjeux socio-économiques	36
2.2.3. Lutte contre <i>Salmonella</i>	38
2.2.3.1. Elevage	38
2.2.3.2. Abattage et transformation	39
2.2.3.3. Distribution	39
2.2.4. Consommation.....	39
II. MATERIEL ET METHODES	41
1. MATERIEL	42
1.1. Matériel biologique	42
1.1.1 Matériel d'étude	42
1.1.2. Souches de références	43
1.2. Matériel non biologique	43
2. METHODES.....	44
2.1. Caractérisation des systèmes de production de volailles	44
2.1.1. Type d'étude	44
2.1.2. Critères d'inclusion	45
2.1.3. Echantillonnage	46
2.1.3.1 Echantillonnage des communes	46
2.1.3.2 Echantillonnage des fermes.....	46
2.1.3.3 Echantillonnage des marchés et abattoirs	46
2.1.4. Déroulement de l'enquête	47
2.1.4.1. Au niveau des fermes	47
2.1.4.2. Au niveau des marchés et abattoirs	47

2.2. Détection et caractérisation de <i>Salmonella</i> des produits aviaires	48
2.2.1. Taille de l'échantillon de produits aviaires	48
2.2.2. Prélèvements des échantillons	50
2.2.3. Transport des échantillons	50
2.2.4. Isolement et identification de <i>Salmonella</i>	50
2.2.4.1. <i>Pré-enrichissement</i>	50
2.2.4.2. <i>Enrichissement sélectif</i>	51
2.2.4.3. <i>Isolement sélectif</i>	51
2.2.4.4. <i>Détermination des caractères morphologiques</i>	51
2.2.4.5. Recherche des enzymes respiratoires	52
2.2.4.6. Recherche de la β -D galactosidase	52
2.2.4.7. Recherche de l'uréase, d'indole et de Tryptophane désaminase	52
2.2.4.8. Recherche de l'utilisation du carbone du citrate	53
2.2.4.9. Recherche de l'utilisation du glucose, du lactose et production de gaz	53
2.2.4.10. Fermentation du mannitol et réduction des nitrates en nitrites	53
2.2.4.11. <i>Interprétation des résultats</i>	54
2.2.5 Identification biochimique par la Galerie API 20E	54
2.2.6. Antibiogramme	54
2.2.7. Sérotypage des souches de <i>Salmonella</i>	56
2.3. Détection et caractérisation de <i>Salmonella</i> chez l'homme	59
2.3.1. Enquête consommation de produits aviaires et coproculture	59
2.3.1.1. <i>Critères d'inclusion des patients</i>	59
2.3.1.2. <i>Taille de l'échantillon</i>	59
2.3.2. Recherche de <i>Salmonella</i> dans les selles	60
2.3.2.1. <i>Prélèvements et Transport</i>	60
2.3.2.2. <i>Isolement et identification des souches</i>	60
2.3.2.3. <i>Antibiogramme et sérotypage des souches</i>	61
2.4. Relation clonale entre souches de <i>Salmonella</i> isolées	61
2.4.1. Typage moléculaire des souches par ERIC-PCR	61
2.4.1.1 <i>Extraction de l'ADN</i>	61
2.4.1.2. <i>Amplification génique par PCR du gène ERIC</i>	62
2.4.2. Electrophorèse en gel d'agarose	62
2.4.2.1. <i>Migration électrophorétique et visualisation</i>	63

2.5. Analyses statistiques	63
III. RESULTATS ET DISCUSSION	64
1. Caractéristiques des systèmes de production de volailles	65
1.1. Caractéristiques des fermes avicoles (N=20)	65
1.1.1. Environnement des fermes	65
1.1.2. Caractéristiques des locaux de volailles dans les fermes	66
1.1.3. Dispositifs sanitaires	67
1.1.4. Mesures sanitaires	68
1.2. Hygiène du personnel des fermes	69
1.3. Niveau de Biosécurité des fermes à volailles	70
1.4. Caractéristiques des marchés à volailles	71
1.5. Caractéristiques des abattoirs à volailles	72
1.6. Discussion	74
Conclusion partielle.....	77
2. CARACTERISTIQUES DE <i>SALMONELLA</i> D'ORIGINE AVIAIRE	78
2.1. Proportion de produits aviaires contaminés par <i>Salmonella</i>.....	78
2.2. Fréquence d'isolement de <i>Salmonella</i> dans les produits aviaires au niveau des fermes et des abattoirs.....	79
2.3. Fréquence de <i>Salmonella</i> dans les produits aviaires du marché.....	80
(-) Absence de prélèvement	80
2.4. Répartition des souches de <i>Salmonella</i> d'origine aviaire	81
2.4.1. Répartition des souches de <i>Salmonella</i> issues des œufs, des gésiers et des carcasses de poulet	81
(-) Absence de prélèvement	81
2.4.2. Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés de produits aviaires	82
2.4.3. Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés des produits aviaires à Abobo	84
2.4.4. Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés des produits aviaires de la commune de Cocody	85
2.4.5. Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés des produits aviaires de la commune de Port-Bouët	86
2.4.6. Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés des produits aviaires à Yopougon	87
2.4.7. Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés des produits aviaires à Adjamé	88

2.5. Résistance des souches de <i>Salmonella</i> aux antibiotiques	89
2.6. Discussion	90
Conclusion partielle	92
3. CARACTERISTIQUES DE <i>SALMONELLA</i> D'ORIGINE HUMAINE.....	93
3.1. Fréquence d'isolement des souches de <i>Salmonella</i> d'origine humaine ...	93
3.2. Distribution des sérotypes de <i>Salmonella</i>	94
3.2.1. Répartition des isolats de <i>Salmonella</i> issus des selles d'origine humaine	94
3.2.2. <i>Salmonella</i> isolé des selles d'enfants.....	95
3.2.3. Souches de <i>Salmonella</i> isolées des selles d'adultes.....	96
3.3. Résistance des souches de <i>Salmonella</i> d'origine humaine aux antibiotiques	97
3.3.1. Taux de résistance de <i>Salmonella</i> isolé chez les enfants aux antibiotiques	97
3.3.2. Résistance de <i>Salmonella</i> aux antibiotiques chez les adultes	98
3.4. Aliments consommés et affections diarrhéiques	99
3.5. Relation possible entre aliments consommés et survenue de diarrhée à <i>Salmonella</i>	100
3.6. Discussion.....	101
Conclusion partielle	104
4. RELATION ECOLOGIQUE ET CLONALE ENTRE LES SOUCHES DE <i>SALMONELLA</i> ISOLEES	105
4.1. Souches de <i>Salmonella</i> isolées de différentes matrices	105
4.1.1. Fréquence d'isolement des souches de <i>Salmonella</i>	105
4.1.2. Fréquence d'isolement des souches de <i>Salmonella</i>	106
4.1.3. Fréquences d'isolement de <i>Salmonella</i> et matrices de l'étude	107
4.2. Profils génotypiques et relation clonale des souches de <i>Salmonella</i>	107
4.2.1. Profils des souches identiques présentes dans les différentes matrices	108
4.2.2. Classification des sérotypes présents à la fois dans les différentes matrices	109
4.3. Etude comparée des profils de <i>Salmonella</i>	109
4.3.1. Profil des souches de <i>Salmonella</i> de différentes matrices	109
4.3.2. Profils ERIC-PCR comparés entre des sérotypes d'origine aviaires, hydriques et humains.....	111

4.4. Souches aviaires et souches humaines impliquées dans les diarrhées humaines	112
4.5. Discussion	113
Conclusion partielle	117
CONCLUSION GENERALE	118
PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS	121
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	123
PUBLICATIONS	142
ANNEXES	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Principaux pays producteurs de viande de volailles dans le monde	7
Tableau 2: Caractéristiques des élevages avicoles en Afrique de l’Ouest selon les systèmes de classification de la FAO	10
Tableau 3: Production et consommation d’œuf et de viande de volaille de 2007 à 2013.	13
Tableau 4: Caractères généraux et classification des souches de <i>Salmonella</i>	21
Tableau 5: Formules antigéniques des sérovars de <i>Salmonella enterica</i> subsp <i>enterica</i> , les plus fréquemment isolés	24
Tableau 6: Facteurs de risques d’infections à <i>Salmonella</i> non typhique	26
Tableau 7: Symptomatologie des salmonelloses non typhiques	31
Tableau 8: Pathogènes responsables de TIAC en France en 2012	34
Tableau 9: Profil d’antibiorésistance après une infection à <i>Salmonella</i> Typhimurium au Danemark en 2004.	36
Tableau 10: Sources de salmonelloses (1997–2008)	40
Tableau 11: Répartition des échantillons selon la nature des sites de prélèvements	49
Tableau 12: Répartition des échantillons d’eau et de produits aviaires prélevés par commune	49
Tableau 13: Antibiotiques utilisés et leurs charges respectives	55
Tableau 14: Taille de l’échantillon de patients et leurs provenances respectives	60
Tableau 15: Séquences des amorces oligonucléotidiques utilisées	62
Tableau 16: Caractéristiques de l’environnement des fermes	65
Tableau 17: Caractéristiques des locaux dans les fermes avicoles	66
Tableau 18: Comparaison du dispositif sanitaire dans les fermes de taille 1 et 2	67
Tableau 19: Comparaison de la pratique des mesures sanitaires dans les fermes de taille 1 et 2	68
Tableau 20: Pratique du personnel dans les fermes	69
Tableau 21: Comparaison du niveau de biosécurité des fermes avicoles	70
Tableau 22: Caractéristiques des marchés à volailles	71

Tableau 23: Caractéristiques des abattoirs à volailles	73
Tableau 24: Fréquence de contamination par <i>Salmonella</i> selon la nature des produits aviaires	78
Tableau 25: Fréquence d'isolement de <i>Salmonella</i> des produits aviaires dans les fermes et abattoirs	79
Tableau 26: Fréquence de <i>Salmonella</i> dans les produits aviaires au niveau des marchés	80
Tableau 27: Répartition des isolats de <i>Salmonella</i> en fonction de la matrice aviaire, par site.....	81
Tableau 28: Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés de la matrice aviaire....	82
Tableau 29: Sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés selon l'origine géographique des échantillons.....	83
Tableau 30: Répartition des souches de <i>Salmonella</i> isolées des produits aviaires de la commune d'Abobo	84
Tableau 31: Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés dans la commune de Cocody	85
Tableau 32: Répartition des souches de <i>Salmonella</i> isolées des produits aviaires de la commune de Port-Bouët	86
Tableau 33: Répartition des souches de <i>Salmonella</i> isolées des produits aviaires de Yopougon.....	87
Tableau 34: Répartition des souches de <i>Salmonella</i> isolées des produits aviaires à Adjamé	88
Tableau 35: Fréquence d'isolement des souches de <i>Salmonella</i> chez l'homme.....	93
Tableau 36: Fréquence d'isolement des sérotypes de <i>Salmonella</i> dans les selles d'origine humaine.....	94
Tableau 37: Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> dans les selles d'enfants en fonction des protéines animales consommées	95
Tableau 38: Répartition de <i>Salmonella</i> dans les selles d'adultes en fonction des protéines animales consommées.....	96
Tableau 39: Taux de résistance de <i>Salmonella</i> isolé chez les enfants aux antibiotiques	97
Tableau 40: Résistance aux antibiotiques des souches de <i>Salmonella</i> chez les adultes	98

Tableau 41: Fréquence de consommation de certains aliments	99
Tableau 42: Régime alimentaire et taux de selles diarrhéiques	100
Tableau 43: Fréquence d'isolement des souches de <i>Salmonella</i> dans les différentes matrices	105
Tableau 44: Répartition des souches de <i>Salmonella</i> en fonction des sérotypes	106
Tableau 45: Distribution de <i>Salmonella</i> en fonction des matrices	107
Tableau 46: Répartition par matrice des sérotypes de <i>Salmonella</i> ayant servi à l'ERIC-PCR	109
Tableau 47: Comparaison des profils génotypiques des souches de <i>Salmonella</i>	110
Tableau 48: Souches de <i>Salmonella</i> d'origine aviaire impliquées dans les diarrhées humaines	112

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Production mondiale d'œufs de volaille en 2007	8
Figure 2: Schéma de production et de distribution de produits aviaires en Côte d'Ivoire	12
Figure 3: Représentation schématique de <i>Salmonella</i>	19
Figure 4: Détection de <i>Salmonella</i> dans les aliments selon ISO 6579: 2002	22
Figure 5: Pyramide du « burden of illness » ou fardeau de la maladie utilisé aux Etats-Unis pour évaluer des infections alimentaires	33
Figure 6: Produits alimentaires d'origine aviaire	42
Figure 7: Carte géographique du district d'Abidjan (Encarta, 2009)	45
Figure 8: Schéma de sérotypage des souches de <i>Salmonella</i> spp. par la recherche de l'antigène somatique «O».	57
Figure 9: Schéma de sérotypage des souches de <i>Salmonella</i> par la recherche de l'antigène flagellaire «H».	58
Figure 10: Résistance aux antibiotiques, des souches de <i>Salmonella</i> isolées de produits aviaires.....	89
Figure 11: Profils ERIC-PCR des souches de <i>Salmonella</i> isolées à la fois de différentes matrices	108
Figure 12: Profils comparés des souches de <i>Salmonella</i> d'origine aviaire, hydrique et humaine	111

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

- ACIA:** Agence Canadienne d'inspection des Aliments;
- ADN:** Acide Désoxyribonucléique;
- AFSSA:** Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments;
- ANAREV-CI:** Association Nationale des Revendeurs de Côte d'Ivoire;
- BASC:** British Society of Antimicrobial Chemotherapy of Britain;
- BET:** Bromure d'ETHidium;
- CA-SFM:** Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie;
- CeDRoS:** Centre de Diagnostic et de Recherche sur le Sida et les maladies opportunistes;
- CNRA:** Centre National de Recherche Agronomique;
- CNRSS:** Centre National de Recherche *Salmonella-Shigella*;
- EFSA:** European Food Safety Authority. La version française est l'autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESAs);
- EMB:** Eosine Bleu de Methylène;
- ENSEA:** Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Economie Appliquée;
- ERIC:** Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus;
- FAO:** Food and Agriculture Organisation of the United Nations ou Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture;
- FIRCA:** Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole;
- HACCP:** Hazard Analysis Critical Control Point ou Analyse des points /dangers critiques pour leur maîtrise;
- ICMSF:** International Commission on Microbiological Specifications for Foods;
- INTERAVI:** Association des Industriels de la filière avicole de Côte d'Ivoire;
- IPRAVI:** Inter Profession Avicole Ivoirienne;
- ISO:** International Organization for Standardization;
- ITAVI:** Institut Technique de l'Aviculture;
- LERQAP:** Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur la Qualité des Aliments et des Procédés agroalimentaires;
- LPS:** Lipo-polysaccharides;
- NCCLS:** National Committee of Clinical Laboratory Standards;
- OIE:** Office Internationale des Epizooties ou Organisation Mondiale de la Santé Animale;

OMA: Sérums anti-antigène somatique «O» mélanges A

OMB: Sérums anti-antigène somatique «O» mélanges B

OMC: Sérums anti-antigène somatique «O» mélanges C

OMS: Organisation Mondiale de la Santé;

ONPG: Ortho-Nitro-Phényl-Galactopyranoside;

PCR: Polymerase Chain Reaction ou Réaction de polymérisation en chaîne;

REP: Repetitive Extragenic Palindromic;

PFGE: Pulsed-Field Gel Electrophoresis ou Electrophorèse en Champ Pulsé

TBE1x: Tris Borate Ethylène Diamine Tétracétique Acide;

TDA: Tryptophane désaminase;

TIAC: Toxi-Infection Alimentaire Collective;

UACI: Union des Aviculteurs de Côte d'Ivoire;

UEMOA: Union Economique et Monétaire Ouest Africaine;

ZAC: Zone d'Accès Contrôlé;

ZAR: Zone d'Accès Restreint.

LISTE DES PUBLICATIONS

Koffi A.R., Dadié A., Ouassa T., Karou T., Djè K.M., Menan E.I., 2014. Serotypes and antibiotic resistance of *Salmonella spp.* isolated from poultry carcass and raw gizzard sold in markets and catering in Abidjan, Côte d'Ivoire. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* (2014) 3(6) 764-772.

Koffi A.R., Ouassa T., Dadié A., Karou T., Djè K.M., 2012. Sérotypes et profils d'antibio-résistance de *Salmonella* suspectées d'origine alimentaire et isolées chez des patients diarrhéiques à Abidjan, Côte d'Ivoire. *Médecine d'Afrique Noire*, 2012 vol 59 N° 6; 336-342.

INTRODUCTION

Les maladies d'origine alimentaire sont une cause importante de morbidité et de mortalité à travers le monde; de telle sorte que l'assurance de la sécurité alimentaire représente un enjeu majeur pour les pouvoirs publics, les consommateurs et les professionnels de produits destinés à la consommation humaine. L'OMS estime que deux millions de personnes meurent chaque année de diarrhées infectieuses consécutives à la consommation de denrées alimentaires (AFSSA, 2006). Des études antérieures indiquent que les micro-organismes pathogènes les plus fréquemment rencontrés dans les aliments sont *Salmonella*, *Clostridium*, *Staphylococcus* et *Escherichia coli* (FAO et OMS, 2005; Koffi-Nevry et al., 2012). Parmi ces agents, *Salmonella* est la principale cause apparente de gastro-entérites d'origine alimentaire chez l'homme (OMS/FAO, 2002). Ces microorganismes retrouvés dans les aliments constituent une grande préoccupation dans de nombreux pays. Les circuits de production, de commercialisation et de consommation des produits alimentaires d'origine animale, dans ces pays sont mobilisés pour lutter contre cette situation (Greig et Ravel, 2009).

Le contrôle de la contamination par *Salmonella* des produits alimentaires est devenu indispensable pour le consommateur et un argument économique pour les industriels (Carlier et al., 2001). Parmi ces produits, la viande de volaille et les œufs occupent une place importante comme facteurs de risque d'infections à *Salmonella*. Malgré les efforts des producteurs, le taux de contamination de la volaille par *Salmonella* reste toujours très élevé (Van Immerseel et al., 2005).

Par ailleurs, l'accroissement de la résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella*, accentue le problème de santé publique posé par les salmonelloses. En effet, dans plusieurs pays du monde, la multi-résistance des souches de *Salmonella* retrouvée chez l'homme est d'origine animale ou environnementale. Les gènes de résistance sont acquis en élevage avant leur transfert aux souches humaines via les aliments ou l'environnement (Ungemach et al., 2006; AFSSA, 2006; Moulin et al., 2008).

En Côte d'Ivoire, la filière avicole connaît depuis les années 90, un développement notable. Ce développement est soutenu par une politique incitative.

Des mesures d'hygiène ont été mises en place par les autorités ivoiriennes en référence au décret n° 96-206 du 7 mars 1996, portant création d'un comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (**Côte d'Ivoire, 1996**). Cette disposition réglementaire a permis à la Société Ivoirienne de Production Animale (SIPRA) d'initier entre autres, un projet d'assistance sanitaire au programme d'hygiène et d'assainissement des stands «braiseurs Coqivoire» en 2008, avec l'assistance technique de l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP). Cependant, les pratiques d'élevage et d'abattage accusent un retard technologique considérable en matière d'hygiène par rapport aux pays industrialisés; cela se répercute non seulement sur la productivité des ateliers avicoles, mais aussi et surtout sur la santé des populations (**Guezodjé, 2009**).

Les intoxications alimentaires liées aux produits de la filière avicole reste toujours tributaire des conditions d'élevage en général, et particulièrement de l'hygiène dans ces pratiques (**Kaci et al., 2001**). Bien qu'il existe une organisation progressive du secteur avicole moderne ivoirien, la grande masse de l'élevage avicole est traditionnelle. A ce niveau, il n'existe à ce jour, aucune organisation formelle au plan national. Cette absence d'organisation pourrait avoir pour conséquence, une insuffisance de bonnes pratiques de production, d'abattage, de transport, de stockage des produits et d'hygiène dans ces élevages. Les défaillances au niveau de la chaîne de production peuvent être sous estimées et affecter la santé des consommateurs. Les produits alimentaires constituent dans de telles conditions, de véritables véhicules de certains agents de zoonoses (**Flin et Van Duynhoven, 2005**).

En Côte d'Ivoire, des travaux antérieurs ont montré une expansion de *Salmonella*. C'est le cas de l'étude réalisée par **Coulibaly et al. (2010)**, ayant porté sur la résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées de poulets reformés. C'est aussi le cas des travaux effectués par **Karou et al. (2013)** sur la prévalence et la résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées des gésiers crus de poulets. Les travaux effectués par **Coulibaly et al. (2010)** avec du foie de poulets, ont montré une résistance aux aminopénicillines et à l'acide nalidixique. Le problème de l'antibiorésistance des souches de *Salmonella* isolées en

Côte d'Ivoire a suscité des essais de substance naturelle notamment, l'utilisation de *Thonningia sanguinea* dans le traitement de diarrhée induite par une souche multi-résistante de *Salmonella enterica* sérotype Enteritidis lysotype 6 (**Ouattara et al., 2007**).

En Côte d'Ivoire, les produits aviaires pourraient être considérés comme un réceptacle de *Salmonella*. En effet, d'après les travaux de **Karou et al. (2013)**, des prévalences de 52,8% et 3,3% de *Salmonella* ont été observées respectivement dans du gésier de poulet cru et cuit, vendus dans le district d'Abidjan.

Il résulte de ce qui précède que les données relatives à la situation écologique et épidémiologique de *Salmonella* dans la filière avicole sont très peu nombreuses de façon générale, en particulier dans la filière avicole. Très peu de données sont disponibles sur la capacité des fermes avicoles à véhiculer des souches de *Salmonella* à travers les carcasses de volaille et les œufs. Cependant, des liens épidémiologiques directs ou indirects existeraient entre la consommation de produits alimentaires d'origine animale et les affections diarrhéiques en Côte d'Ivoire (**Traoré, 2002**). Cela a besoin d'être élucidé. Ainsi, est-il nécessaire de réaliser des études et de mettre en œuvre des stratégies de surveillance intégrées et multisectorielles qui contribueront à répondre aux questions suscitées par la situation de *Salmonella* dans la filière avicole?

Les questions de recherches qui découlent du thème traité étaient: (i) Quels sont les facteurs de risques de contamination à *Salmonella* qui existent avec les produits aviaires en Côte d'Ivoire? (ii) Quels sont les sérotypes de *Salmonella* véhiculés par les produits aviaires? (iii) Quel est le lien clonal qui existe entre les sérotypes de *Salmonella* isolés de l'écosystème aviaire et ceux impliqués dans les diarrhées humaines?

De l'ensemble de ces questions, trois hypothèses ont été formulées. Ce sont (1) les conditions, les pratiques d'élevages et le traitement de la volaille de la ferme à la consommation, favorisent une contamination des produits aviaires par *Salmonella* comprenant des sérotypes épidémiques; (2) les sérotypes de *Salmonella*

issus de la filière aviaire sont identiques à ceux isolés des produits biologiques humains; (3) il existe des liens clonaux entre des souches de *Salmonella* isolées de la filière avicole et celles impliquées dans des diarrhées humaines à Abidjan.

L'objectif général de cette étude était de contribuer à la réduction des risques de toxi-infections alimentaires liés à la consommation de produits aviaires contaminés par *Salmonella*.

Les objectifs spécifiques étaient: (i) évaluer la situation sanitaire des systèmes de production de volailles; (ii) identifier les souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires et chez l'homme; (iii) Déterminer les caractéristiques phénotypiques et moléculaires des souches de *Salmonella* isolées; (iv) identifier les relations clonales possibles entre les sérotypes de *Salmonella* isolés à la fois dans les produits aviaires et chez l'homme.

I. REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. AVICULTURE

1.1. Filière avicole

1.1.1. Aviculture dans le monde

La production mondiale de viande de volaille en 2012 est estimée à 104,5 millions de tonnes. Les premiers producteurs mondiaux de viande de volailles sont les Etats-Unis avec plus de 19,8 millions de tonnes, suivis de la Chine (18,5 millions de tonnes) et de l'Union Européenne avec 12,2 millions de tonnes (Tableau 1). La production de l'UEMOA représente 0,3%, soit 230 705 tonnes (**Anonyme, 2013a**). Les barrières sanitaires et techniques sont des contraintes pour l'accès aux marchés internationaux. Comme pour la viande bovine, il existe un certain nombre de règles sanitaires au niveau international définies notamment dans le cadre de l'OIE. Pour les règles techniques, ces normes sont très strictes notamment en matière d'infrastructure de transformation et d'abattage. Or, la plupart des pays Africains ne répondent pas aujourd'hui à ces normes (**Anonyme, 2003**).

Tableau 1: Principaux pays producteurs de viande de volailles dans le monde

Pays	Production 2012 en MT*
Etats Unis	19,8
Chine	18,5
Brésil	13,1
UE à 27	12,2
Inde	2,5
Russie	3,3
Autres pays	35,1
Monde	104,5

(*) MT: Million de Tonne

(Source: **FAO, 2013**)

Selon les estimations de la FAO datées de septembre 2013, la production mondiale de viande de volaille a progressé de 2,4 % en 2012. Cette production est attendue en hausse de 1,8 % en 2013. La production mondiale d'œufs (Figure 1) est de 63MT, avec une croissance de 3% par an. La Chine est le 1^{er} producteur avec 40% de la production.

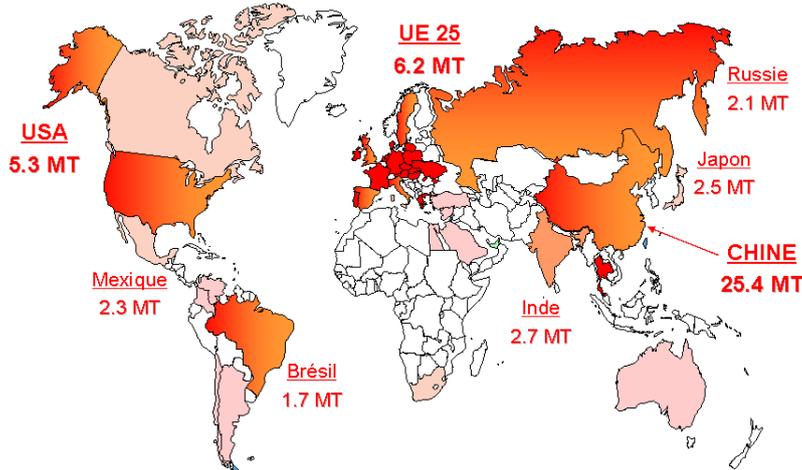


Figure 1: Production mondiale d'œufs de volaille en 2007

(Source: ITAVI, 2014)

1.1.2. Aviculture en Afrique

L'aviculture en Afrique de l'Ouest est une activité complexe dont l'importance varie d'un pays à l'autre. Au Bénin, pays de plus de 7 millions d'habitants, deux grands types d'aviculture sont pratiqués: l'aviculture villageoise, basée sur l'élevage de races locales suivant un système extensif, et l'aviculture moderne, basée sur l'élevage de races importées (**Guezodjé, 2009**). C'est le même schéma qui se retrouve dans la plupart des autres pays en Afrique de l'Ouest. L'aviculture moderne dans la sous-région Ouest Africaine est une filière qui se développe beaucoup plus rapidement dans les pays côtiers qui disposent d'un marché urbain important; les deux pays où cette aviculture connaît un essor important sont la Côte d'Ivoire et le Sénégal (**UEMOA, 2008**).

Tous les pays Ouest-Africains ont une réelle expérience en élevage de races améliorées, même si les niveaux de production sont différents. La majorité des élevages est plutôt de type 2 et 3, et les niveaux de biosécurité sont le plus souvent

faibles. Au fil des années, la production en œufs de consommation a pris le pas sur celle de la viande (FAO, 2013).

La filière avicole en Afrique et particulièrement en Afrique de l'Ouest se caractérise par un système d'élevage noté de 1 à 4, selon un ensemble de critères (FAO, 2004).

Systeme 1: Ce secteur est encore appelé système industriel intégré. Les élevages dans ce secteur ont un niveau de biosécurité élevé. La production est à but commerciale.

Systeme 2: Encore appelé système commercial à grande échelle, le secteur 2 est caractérisé par des élevages dont le niveau de biosécurité est modéré parfois élevé.

Systeme 3: Dans ce secteur le niveau de biosécurité est faible parfois minimal. L'essentiel de la production est vendue au niveau des marchés de volailles vivantes. Il correspond au système commercial à petite échelle.

Systeme 4: Elle correspond à l'aviculture familiale dont l'essentiel de la production est consommé localement. Le niveau de biosécurité dans ces élevages est minimal.

Ces critères sont basés sur le niveau de sécurité alimentaire, la race exploitée, les soins et conseils vétérinaires, le contact avec la faune et avec d'autres volailles domestiques, le mode d'élevage... (Tableau 2).

Tableau 2: Caractéristiques des élevages avicoles en Afrique de l'Ouest selon les systèmes de classification de la FAO

Critères de classification (Niveau de biosécurité)	Systèmes 1 (Elevé)	Systèmes 2 (Moyenne)	Systèmes 3 (Faible)	Systèmes 4 (Inexistant ou très Faible)
Destination des produits avicoles	Exportation, urbaine	Urbaine/Rurale	Urbaine/Rurale	Rurale / Urbaine
Importances des intrants	Elevée	Elevée	Elevée	Faible
Importance de la qualité des voies de communication	Elevée	Elevée	Elevée	Faible
Implantation	En périphérie des grandes villes	En périphérie des grandes villes	Villes moyennes ou zones rurales	Partout, essentiellement dans des zones éloignées ou enclavées
Mode d'élevage	Enfermées	Enfermées	Enfermées/semi divagation	Essentiellement en divagation
Bâtiment	Fermé	Fermé	Fermé/ouvert	Ouvert
Contact avec d'autres poules	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Contact avec les canards	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Contact avec la faune	Aucun	Aucun	Oui	Oui
Approvisionnement en vaccins	Marché (libéral)	Marché (libéral)	Marché (libéral)	Etat/Marché (libéral)
Soins et conseils vétérinaires	Internes	Externes	Externes	Irréguliers, dépendant des services vétérinaires publics
Race exploitée	Améliorée	Améliorée	Améliorée	Rustique +/- métissée
Niveau de sécurité alimentaire des producteurs	Elevé	Bonne	Bonne	Bonne ou faible

(Source: **FAO, 2004**)

1.1.3. Aviculture en Côte d'Ivoire

En Côte d'Ivoire, le développement de l'aviculture moderne a été impulsé par l'Etat à travers la Société de Développement des Productions Animales (SODEPRA), créée en 1972. A partir de l'année 1976, des structures privées ou d'économie mixte se sont installées pour suppléer l'Etat dans l'encadrement et la distribution des intrants. Par la suite, la disparition de la SODEPRA en 1992 a favorisé l'émergence des Organisations professionnelles Agricoles.

L'Interprofession Avicole Ivoirienne (IPRAVI) a été ainsi créée en 1995. Le secteur en amont compte un cheptel reproducteur de près de 280 mille têtes. L'accoupage est assuré par une douzaine de couvoirs qui ont produit 20 millions de poussins d'un jour en 2011, pour une capacité annuelle installée de 42 millions de poussins. Pour les exploitants individuels, ils sont au nombre de 1500 aviculteurs environ, dont 1000 éleveurs de poulets de chair et 500 producteurs d'œufs de consommation (**FIRCA, 2011**).

La typologie de l'aviculture ivoirienne, telle que décrite dans la littérature en Côte d'Ivoire, considère la taille des exploitations et la technologie utilisée. Elle se caractérise par une aviculture traditionnelle ou familiale et une aviculture moderne (**Koné, 2007**).

1.1.4. Typologie du secteur avicole national

La filière avicole nationale se caractérise par une organisation interne des professionnels de l'aviculture, de son circuit de production et de distribution. Elle est composée de l'IPRAVI qui regroupe les industriels, les producteurs et les revendeurs. Dans chacune des trois grandes composantes de la filière, il y a respectivement l'INTERAVI, l'UACI et l'ANAREV-CI.

La production et la distribution de produits aviaires obéissent à deux principaux axes en Côte d'Ivoire. L'un est traditionnel et l'autre est moderne. L'élevage traditionnel couvre l'ensemble du territoire national alors que l'élevage moderne est concentré autour de grandes villes. Au niveau traditionnel, c'est près de 24 700 000 têtes de volailles de races locales qui sont produites chaque année,

représentant ainsi 76 % de l'effectif total de volailles (IPRAVI, 2014). Au niveau de l'élevage moderne, la production est d'environ 7 600 000 têtes par an et représente 24% de l'effectif total. La filière avicole ivoirienne couvre 96% des besoins des populations ivoiriennes en volailles. Cependant, ce secteur nécessite une organisation et un système d'élevage plus performant au niveau traditionnel. Au niveau moderne, la contrainte majeure est liée à la qualité et au coût de l'aliment (CNRA, 2014). La figure 2 permet de suivre les différentes orientations de ces produits aviaires et leur distribution.

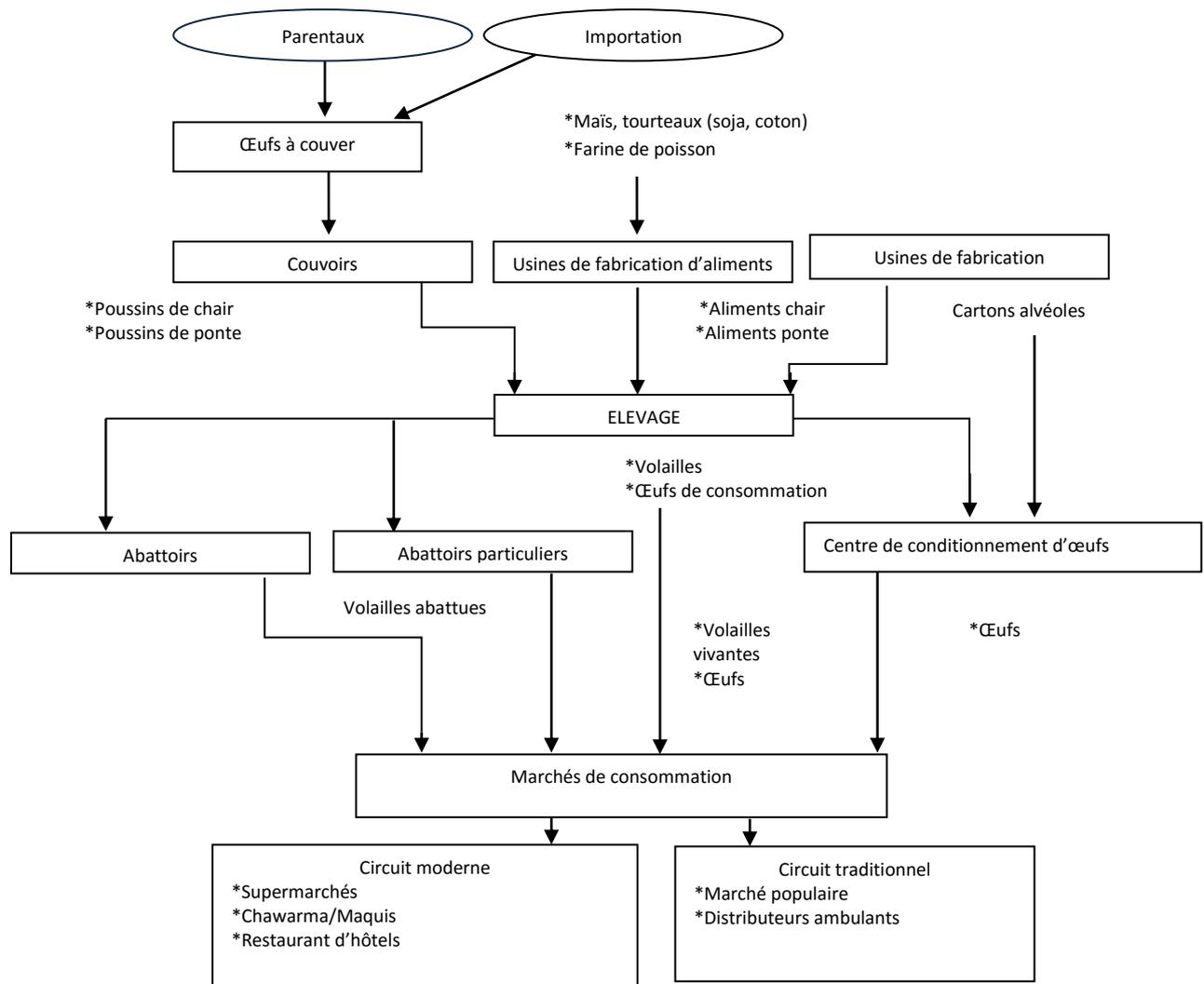


Figure 2: Schéma de production et de distribution de produits aviaires en Côte d'Ivoire

Source:(FAO, 2008)

1.1.5. Productions nationales d'œuf et de viande de poulet

La production nationale d'œuf de volaille connaît une nette évolution de 2007 à 2013. Il en est de même pour la production de viande de volaille. Cette évolution dans la production est aussi observée dans la consommation de ces produits; toutefois la quantité de viande consommée par habitant par an reste faible (Tableau 3).

Cette production s'effectue dans toutes les régions du pays, dans les zones périurbaines dans la région du Sud notamment à Abidjan et environs et principalement dans la région de l'Est où la ville d'Agnibilékrou est le centre de production.

Tableau 3: Production et consommation d'œuf et de viande de volaille de 2007 à 2013.

Production/ consommation	Unité	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Production d'œufs	M*	445	708	648	695	644	749	980
	Tec**	8943	13523	14396	18880	18406	27581	31196
Production de viande de volaille	Tec***	2729	4342	3970	4259	3948	4594	4944
	Tec total	11672	17866	18366	23140	22354	32175	36139
Consommation, de volailles locales	Kg/hab/an	0,55	0,84	0,86	1,08	1,05	1,47	1,61
Consommation, de volailles importées	Kg/hab/an	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,04	0,05
Consommation œufs	Nb/hab/an	21	33	30	33	30	34	44

Source: **IPRAVI, 2014**

(*) En million d'unité ; (**) Tec: Tonne Equivalent Carcasse de poulets de chair ; (***) Tec: Tonne Equivalent Carcasse de poule de réforme

1.1.6. Nutrition et risque d'infection à *Salmonella* des volailles

Les volailles peuvent être infectées lorsqu'elles sont nourries avec des aliments contaminés par *Salmonella*. Cela peut parfois occasionner une maladie clinique chez certaines volailles, mais la principale conséquence est qu'elles deviennent des porteurs asymptomatiques (EFSA, 2008). De plus, les volailles peuvent également être infectées par d'autres volailles infectées par *Salmonella*, directement ou par l'intermédiaire d'un environnement contaminé pour lequel la source initiale a pu être des aliments pour volailles contaminés.

L'importance relative des différentes sources d'infections par *Salmonella* chez les volailles est variable. Dans les régions ayant un statut de faible prévalence, où l'infection endémique est bien contrôlée ou absente, les aliments pour volailles contaminés par *Salmonella* constituent la principale source d'introduction de *Salmonella* dans la production de denrées alimentaires d'origine animale. Dans d'autres régions à forte prévalence, bien qu'elle soit difficile à quantifier, l'importance relative des aliments pour volailles par comparaison avec d'autres sources de *Salmonella* peut être plus faible. Bien que les sérotypes de *Salmonella* les plus fréquemment rencontrés chez l'homme se trouvent rarement dans les aliments pour volailles dans la plupart des pays, certains sérotypes trouvés dans les aliments pour volailles se rencontrent également chez l'homme (EFSA, 2008).

L'industrie des aliments pour volailles joue un rôle important dans la chaîne alimentaire. Afin d'assurer la production d'aliments sûrs destinés aux volailles, le règlement CE n° 1831/2003 indique que «les exploitants du secteur de l'alimentation animale mettent en place, appliquent et maintiennent une ou des procédures écrites permanentes fondées sur les principes HACCP» (EFSA, 2008).

1.1.7. Environnement et survie de *Salmonella*

Salmonella peut survivre dans différents environnements, ce qui favorise sa distribution mondiale. En effet, les souches de *Salmonella* peuvent se multiplier entre 7 et 45°C et bien survivre à la congélation et à la dessiccation (Griffith *et al.*, 2006). Elles peuvent persister des semaines, des mois, voire même des années dans un substrat organique qui leur est favorable.

Les souches de *Salmonella* sont inactivées aussi bien par la chaleur que par le phénol, le chlore et les désinfectants à base d'iode. La survie de *Salmonella* est plus courte en présence d'un pH inférieur à 5 (**Henry et al ., 1983**).

1.1.8. Utilisation de l'antibiothérapie dans l'élevage des volailles

Les outils d'ores et déjà mis en œuvre pour mesurer les usages des antibiotiques ont tous mis en lumière la variabilité des quantités utilisées entre élevages et lots d'animaux (**Moulin et al., 2008; Chauvin et al., 2008**). L'ensemble des observations suggère que l'usage des antibiotiques en aviculture est fortement lié à des déterminants non seulement sanitaires mais également socioéconomiques. L'usage des antibiotiques dans l'aviculture se fait généralement dans le cadre de l'alimentation. Une réglementation communautaire autorise l'utilisation d'antibiotique chez les animaux par les aliments dans deux cas, d'une part en tant qu'additif dans un aliment supplémenté pour un effet de croissance ou en vue d'une prophylaxie anticoccidienne chez certains groupes d'animaux. Cette pratique relève d'une observation qui date du début de l'utilisation des antibiotiques: si de faibles quantités d'antibiotiques étaient incorporées dans l'aliment pendant la période de croissance des animaux; une amélioration du gain obtenu pouvait être estimée entre 2 et 5%. Pour un traitement préventif ou curatif dans le cadre de la médecine vétérinaire, la voie d'administration la plus rapide pour traiter un grand nombre d'animaux est l'eau de boisson ou l'incorporation dans l'aliment. Cet aliment de traitement est alors préparé pour la durée du traitement et est considéré comme un médicament.

Les principales familles d'antibiotiques sont représentées mais le nombre de molécules est très restreint si l'on le compare avec celui des molécules à usage humain. L'utilisation des antibiotiques et des aliments médicamenteux est soumise à des règles précises quant aux modalités d'emploi, en particulier la durée d'utilisation et surtout le délai d'attente. Les animaux de rente sont destinataires d'environ 90% des quantités d'antibiotiques enregistrées, à l'exception des furanes. La voie d'administration des antibiotiques est majoritairement orale (**AFSSA, 2006**).

1.1.9. Normes et dispositions réglementaires dans la filière avicole

Il existe plusieurs normes et dispositions réglementaires dans la filière; entre autres, il y a les Directives pour la maîtrise de *Campylobacter* et de *Salmonella* dans la chair de poulet CAC/GL 78-2011. Ces normes se définissent en trois grandes sections. Chacune d'entre elles se décline en des objectifs bien précis.

Section 1 Gestion de l'accès

La section concerne les zones et points d'accès clairement identifiés; les indicateurs visuels en place pour délimiter la Zone d'Accès Contrôlé (ZAC) et la Zone d'Accès Restreint (ZAR); les personnes travaillant à l'exploitation connaissent et comprennent l'importance ainsi que la raison d'être de la ZAC et de la ZAR; l'accès à la ZAC et à la ZAR est contrôlé au moyen de mesures appropriées et de procédures courantes. Les outils, l'équipement et les installations nécessaires à l'accomplissement des procédures établies sont disponibles, fonctionnels et entretenus pour l'usage auquel ils sont destinés (ACIA, 2013).

Section 2 Gestion de la santé des animaux

Au niveau de cette section, la gestion de la santé de la volaille suit une planification appropriée. Elle s'effectue selon les mesures d'isolement ou de séparation nécessaires pour limiter l'introduction ou la propagation de maladies. Un vide sanitaire est optimisé dans chaque bâtiment réservé à l'élevage. Les mesures de biosécurité plus strictes sont mises en œuvre à l'échelle du bâtiment lorsque la planification des élevages rend difficile le vide sanitaire; la surveillance des oiseaux est assurée par des personnes qui savent comment faire le suivi de la santé des élevages, reconnaissent les signes de maladie et peuvent intervenir rapidement et efficacement. L'application des procédures quotidiennes d'observation et de mise à la réforme, a besoin d'un registre quotidien des mortalités tenu pour chaque élevage. Le fait de soupçonner la présence de maladies contagieuses, d'importance économique ou à déclaration obligatoire, déclenche un «plan d'intervention en cas de maladie» qui oriente les individus vers les procédures appropriées à suivre (ACIA, 2013).

Section 3 Gestion de l'exploitation

La gestion de l'exploitation nécessite une application de procédures quotidiennes relatives aux volailles mortes, y compris celles concernant leur collecte et leur sortie de la zone de production. Elle nécessite également l'utilisation d'un système d'entreposage des volailles mortes jusqu'à leur élimination, afin de protéger l'accès à tout animal (vermine, insectes et autres). L'élimination des carcasses par incinération, compostage et enfouissement doit s'effectuer conformément aux lignes directrices municipales. Si l'on fait appel à un service d'équarrissage, le ramassage aura lieu de façon à limiter tout risque pour la biosécurité. La manipulation et l'entreposage du fumier doit se faire de manière à éliminer le risque de transport d'agents pathogènes dans les élevages de volailles. Un programme de désinfection et d'entretien de l'exploitation, des bâtiments, de l'équipement et des véhicules doit être en place.

L'application d'un programme de gestion de l'eau pour la rendre potable et conforme aux lignes directrices locales sur la consommation par la volaille. L'obtention et l'entreposage des aliments doit se faire de manière à limiter le risque de contamination par les agents pathogènes. La litière est reçue et entreposée de manière à réduire le plus possible les risques de contamination par des agents pathogènes. L'application d'un programme de contrôle de la vermine doit être disponible opérationnel. La gestion de l'exploitation doit intégrer l'élimination efficace et sécuritaire des ordures. Enfin toutes les personnes travaillant à l'exploitation doivent être informées de la raison d'être et de l'importance de la biosécurité et des protocoles s'y rapportant. Elles sont également informées sur la biosécurité, selon les tâches qui leur sont attribuées (ACIA, 2013).

1.2. Hygiène et biosécurité dans la filière avicole

1.2.1. Biosécurité dans les installations avicoles

La biosécurité peut être définie comme étant un ensemble de procédés, qui lorsqu'ils sont appliqués, limitent la propagation d'un lieu à un autre des organismes qui causent les maladies. Les procédés de biosécurité sont joints à des procédures de désinfection et d'assainissement afin d'éliminer ou de réduire les agents pathogènes

à des niveaux non-infectieux. Des mesures préventives, telles que la vaccination et une surveillance sérologique aident aussi à assurer la bonne santé des animaux (OIE, 2010).

Par contre, une biosécurité inadéquate peut contribuer à causer des épidémies de maladies hautement pathogènes ou exotiques à la grandeur de l'industrie; ce qui pourrait résulter une mise en quarantaine ou à la destruction de groupes d'animaux. De même, des installations affectées par une infection endémique causée par un organisme non-virulent pourraient avoir un effet aussi dévastateur sur le plan économique. Il est très difficile et dispendieux de nettoyer, d'assainir et de désinfecter des installations avicoles, une fois qu'elles ont été contaminées par des agents pathogènes.

1.2.2. Préventions des maladies

La prévention des maladies dans une ferme avicole passe par l'application de mesures simples de biosécurité, qui se résume en quelques points: nettoyer et désinfecter les cages et véhicules ayant servis à transporter les volailles avant de retourner à la ferme; nettoyer et désinfecter souvent les marchés de volailles; nettoyer et désinfecter régulièrement tous les équipements du marché; garder les oiseaux dans des cages faciles à nettoyer et à désinfecter (cages en plastique ou en métal) et spacieuses; utiliser du matériel (abreuvoir, mangeoire, bac de saigné et d'échaudage, etc.) facile à désinfecter; donner à la volaille une alimentation et un abreuvement de qualité et en quantité suffisante; éviter les mélanges de volailles de différentes espèces et de différents âges.

1.2.3. Maladies dans la filière avicole

La menace de l'influenza aviaire hautement pathogène est aujourd'hui prise en compte. Chaque pays de l'Afrique de l'Ouest a élaboré un plan de prévention ou de lutte contre cette maladie. Ces plans prennent en compte les recommandations formulées par l'OIE, l'OMS et la FAO (FAO, 2006). Les maladies dans la filière peuvent naître de quatre façons: elles peuvent être introduites par des personnes

telles que les employés, les réparateurs, les conducteurs de camions, par les équipes de vaccination, les vétérinaires; elles peuvent être transmises par de nouvelles volailles (poussins, poulettes, mâles reproducteurs); elles peuvent prendre naissance dans les lieux où des équipements ayant déjà été contaminés dans le passé et qui n'auraient pas été convenablement nettoyés s'y trouvent. Elles peuvent enfin être introduites par des vecteurs tels que, les rongeurs, les oiseaux sauvages, les insectes, le vent ou l'eau.

2. SALMONELLA ET SALMONELLOSES

2.1. *Salmonella*

C'est en 1885, aux Etats-Unis, que Théobald Smith, sous la direction du Dr Daniel Elmer Salmon, travaillant sur l'efficacité d'un vaccin bactérien chez le porc découvre ce qu'il pensait être l'agent causal du choléra porcine. Ce fut une nouvelle espèce bactérienne dénommée: *Salmonella enterica* (Figure 3).

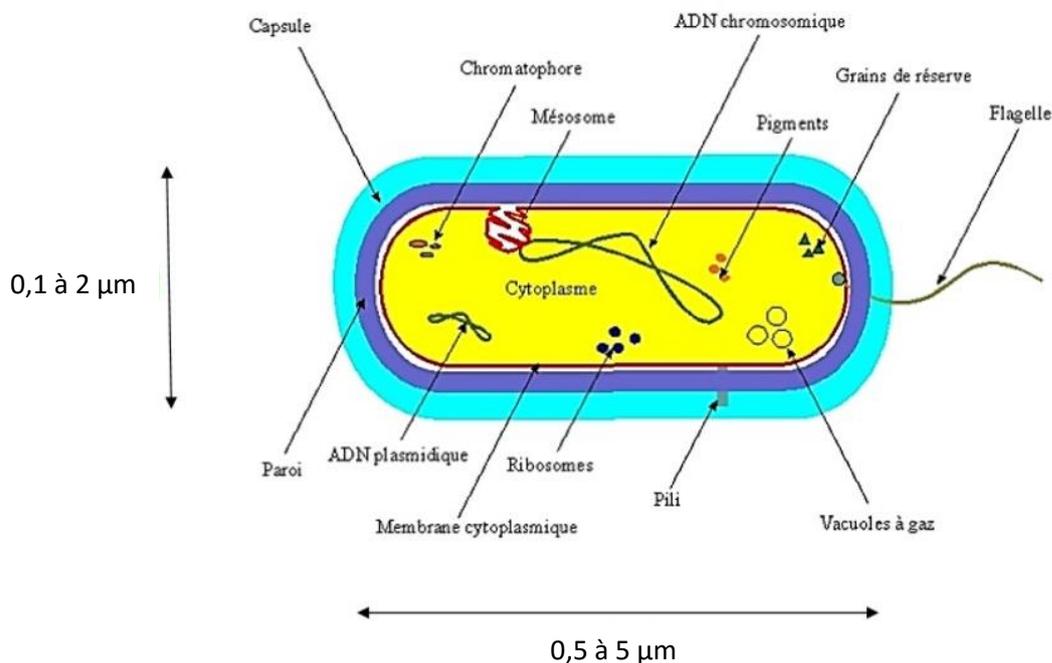


Figure 3: Représentation schématique de *Salmonella*

(Source: Anonyme, 2013a)

2.1.1. Caractéristiques bactériologiques

Le genre *Salmonella* est l'un des 32 genres de la famille des Enterobacteriaceae (**Bergeron, 2009**). *Salmonella* est un bacille Gram négatif non sporulant, dont la mobilité est assurée par des flagelles péritriches (à l'exception de *S. Gallinarum* qui n'en possède pas) et qui est de type aéro-anaérobie. Ces bâtonnets de 2 à 3 µm de long sont des bactéries mésophiles, peu exigeantes d'un point de vue nutritionnel. Leur développement est optimal pour des températures proches de la température corporelle des animaux à sang chaud, 35 à 37°C, et un pH de 6,5 à 7,5. Leur multiplication reste assurée pour des températures de 6,7 à 41°C. Ces bactéries sont capables de résister à un large spectre de températures (-20 à 60°C) et de pH (4,1 à 9). Elles sont également capables de survivre, à une activité de l'eau (a_w) de 0,94. Toutes ces caractéristiques font de ces bactéries, des organismes extrêmement résistants aux conditions environnementales parfois défavorables et expliquent leur caractère ubiquiste.

Les caractéristiques biochimiques de *Salmonella* sont la réduction du nitrate en nitrites; la possibilité d'utiliser le citrate comme source de carbone; la production de gaz à partir du glucose (sauf *S. Typhi*); la synthèse de H₂S en milieu triple sucre ou «Triple Sugar Iron» (TSI) et la réaction négative au test à l'oxydase qui traduit l'absence de l'enzyme phénylène diamine oxydase, spécifique aux bactéries Gram négatives. Les caractéristiques biochimiques des différentes espèces et sous-espèces 1 sont résumées dans le tableau 4 (**Korsak et al., 2004**).

L'isolement et la caractérisation de *Salmonella* se fait en quatre étapes : pré-enrichissement, enrichissement, isolement et enfin identification. La méthode est adaptée en fonction de la matrice à examiner à savoir un aliment ou un échantillon environnemental, etc. Il fait l'objet de normes en constante évolution. La méthode normalisée **NF ISO 6579:2002**, de détection dans les aliments est présentée à la figure 4.

Tableau 4: Caractères généraux et classification des souches de *Salmonella*

Propriétés et caractères biochimiques	<i>Salmonella enterica</i>						<i>S. bongori</i>
	<i>enterica</i>	<i>salamae</i>	<i>arizonae</i>	<i>diarizonae</i>	<i>houtenae</i>	<i>indiana</i>	
Sous-espèce							
Nombre de sérovars (2005)	1504	502	95	333	72	13	22
	Caractères biochimiques						
ONPG	-	-	+	+	-	d	+
Gélatinase à 36°C	-	+	+	+	+	+	-
β-glucuronidase	d	d	-	+	-	d	-
γ-glutamyl transférase	d	+	-	+	+	+	+
Culture sur KCN	-	-	-	-	+	-	+
Dulcitol	+	+	-	-	-	d	+
Malonate	-	+	+	+	-	-	-
Galacturonate	-	+	-	+	+	+	+
L(+)-tartrate	+	-	-	-	-	-	-
Salicine	-	-	-	-	+	-	-
Sorbitol	+	+	+	+	+	+	-

Source: (Le Minor et Popoff, 1986)

+ : positif pour 90 à 100% des souches;

- : négatifs pour 90 à 100% des souches;

d : variable selon les souches.

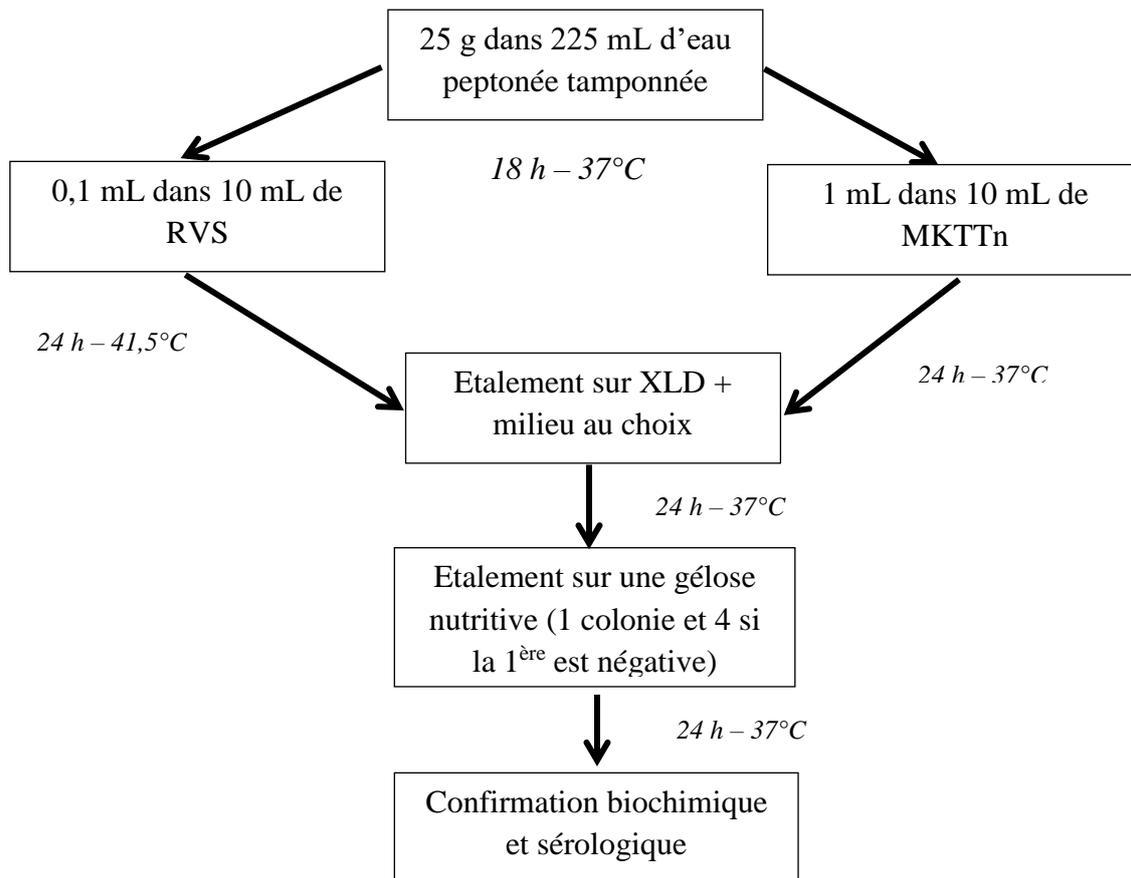


Figure 4: Détection de *Salmonella* dans les aliments selon ISO 6579: 2002 (RVS, MKTTn, XLD désignent des milieux de culture de composition spécifique)
Source: (Korsak *et al.*, 2004)

2.1.2. Nomenclature et Taxonomie

Salmonella est une entérobactérie de la famille des Enterobacteriaceae. Le genre *Salmonella* comporte trois espèces: *S. enterica*, *S. bongori* et *S. subterranea* (Le Minor et Popoff, 1987). L'espèce *S. enterica*, possède un spectre d'hôtes très large qui comprend six sous-espèces différenciées par leur biotype: *arizonae*, *diarizonae*, *enterica*, *houtenae*, *indica* et *salamae*. Les sous-espèces de *Salmonella* sont enfin subdivisées en sérovars selon leurs caractères antigéniques. La majeure partie des sérovars appartient à la sous-espèce *S. enterica* subsp. *enterica* (Tableau V). Les sérovars sont définis selon les antigènes: somatique O (nature polysaccharidique), flagellaire H (nature protéique), et capsulaire Vi. Ces derniers sont rares, ils n'ont été identifiés que chez trois sérovars, Typhi, Paratyphi C et Dublin.

Leurs formules simplifiées peuvent être trouvées dans le tableau de Kauffmann-White (**Le Minor et Popoff, 1987**). Les sérovars relatifs à la sous-espèce *enterica*, portent un nom correspondant usuellement au lieu de leur premier isolement et s'écrivent avec une majuscule et en caractère romain (pas en italique). Ainsi, le sérotype Typhimurium par exemple, s'écrit *Salmonella enterica* subsp. *enterica* sérovar Typhimurium ou de façon plus concise *Salmonella* Typhimurium ou *S.* Typhimurium. Un extrait du tableau de Kauffmann-White est présenté pour les sérotypes de la sous-espèce *enterica* les plus fréquemment isolés (Tableau 5).

L'adoption de cette nomenclature est le fruit d'un processus complexe, entre controverses et confusions, qui ont donné lieu à un avis de la Commission Judiciaire recommandant d'utiliser le nouveau système présenté ici. Ce système est basé sur les nomenclatures validement publiées par l'Opinion judiciaire n°80, couplées à l'interprétation taxonomique de **Le Minor et Popoff, (1987)**, de **Reeves et al., (1989)** et de **Tindall et Grimont, (2005)**. Le nombre de sérovars de *S. enterica* officiellement publiés dans la référence 2: Formules antigéniques des sérovars de *Salmonella* (2007), 9e édition est de 2579 (**CNRSS, 2007**).

La taxonomie se base aussi sur l'espèce génomique, qui est définie maintenant comme un groupe de souches reliées par un taux d'hybridation ADN-ADN supérieur à 70 % avec une instabilité thermique des hybrides inférieure à 5 °C (**Wayne et al., 1987**).

- Domaine: Bacteria
 - Phylum: Proteobacteria
 - Classe: Gamma proteobacteria
 - Ordre: Enterobacteriale
 - Famille: *Enterobacteriaceae*
 - ♣ Genre: *Salmonella*
 - ✓ Espèce: *Salmonella enterica*

Tableau 5: Formules antigéniques des sérovars de *Salmonella enterica* subsp *enterica*, les plus fréquemment isolés

Groupes	Sérotypes	Ag O	Ag H ₁	Ag H ₂
B (O:4)	Typhimurium	<u>1,4</u> ,[5],12	i	1,2
	Saintpaul	<u>1,4</u> ,[5],12	e,h	1,2
	Brandenburg	<u>1,4</u> ,[5],12, <u>27</u>	l,v	e,n,z ₁₅
	Derby	<u>1,4</u> ,[5],12	f,g	[1,2]
C1 (O: 6,7)	Infantis	6,7, <u>14</u>	r	1,5
C2 (O: 6,8)	Bovismorbificans	6,8, <u>20</u>	r, [i]	1,5
	Hadar	6,8	z ₁₀	e,n,x
D (O: 9)	Enteritidis	1,9,12	[f],g,m,[p]	-
	Dublin	1,9,12, [Vi]	g,p	-

Ag O : formule de l'antigène somatique O

Ag H₁ : formule de l'antigène flagellaire, 1^{ère} phase

Ag H₂ : formule de l'antigène flagellaire, 2^{ème} phase

Source: **Brisabois (2001)**

2.1.3. Réservoirs

Les souches de *Salmonella* sont des pathogènes intestinaux (**DuPont, 2007**), présentes dans les intestins de l'homme et des animaux qui constituent leur réservoir principal; elles peuvent suite à une contamination fécale, survivre dans l'environnement pendant plusieurs mois (**Korsak et al., 2004**). Leur ubiquité se traduit par un large spectre de réservoirs: humains (**Todd et Greig, 2008**) et animaux, mammifères (**Dechet et Scallan, 2006;**), volailles (**Hennessy et Cheng, 2004; Arsenault et Letellier, 2007**), reptiles (**De Jong, et Andersson, 2005**), crustacés (**Butt et Aldridge, 2004**). Leur capacité de survie leur permet également de persister dans des réservoirs secondaires comme les boues d'épuration (**De Jong et Ekdahl, 2006**), les aliments d'origine animale (**Haeghebaert et Sulem, 2003; Oliver et Jayarao, 2005**) ou végétale (**Kirk et McKay, 2008**), les fruits et légumes (**Brandl, 2006**).

Les sérotypes de *Salmonella* dits typhiques ne seront pas abordés dans ces travaux qui traiteront de la problématique des souches de *Salmonella* non typhiques dont l'origine est majoritairement alimentaire (**Korsak et al., 2004**). D'autres sérotypes sont spécifiques d'espèces animales, auxquelles ils sont étroitement adaptés et chez qui ils sont responsables de pathologies parfois graves (diarrhées,

avortements etc.). Il est possible de citer ici *Abortus ovis* chez les ovins, *Abortus equi* chez les équidés, *Gallinarum* chez les volailles, *Dublin* chez les bovins et *Choleraesuis* et *Typhisuis* chez les porcins. Bien que fortement liés aux espèces citées, ces sérotypes sont transmissibles à l'homme pour qui, ils peuvent être pathogènes, voire hautement pathogènes (**Weill, 2008**).

Enfin, la majorité des souches de *Salmonella* sont ubiquistes. Elles franchissent la barrière d'espèce et peuvent se transmettre de l'animal à l'homme et réciproquement. Elles sont potentiellement pathogènes pour l'homme, à différents degrés (**Jones et Ingram, 2008**) et font la plupart du temps l'objet d'un portage sain chez l'animal voire d'une infection subclinique (**Korsak et al., 2004**). Ainsi, dans la plupart des cas, l'infection à *Salmonella* d'un animal est silencieuse. La détection de la contamination nécessitera; soit une recherche bactériologique sur prélèvement, soit une recherche sérologique. Ainsi, les souches de *Salmonella* non typhiques sont des pathogènes zoonotiques, c'est-à-dire transmissibles de l'animal à l'homme et vice-versa.

2.1.4. Voies de transmission

La principale voie de contamination pour l'homme est alimentaire (**D'Aoust, 1994; Angulo et Johnson, 2000**). En effet, à titre d'exemple, l'alimentation est aux Etats-Unis, la cause de 95% des infections à *Salmonella* (**Mead et Slutsker, 1999**). L'infection résulte alors de la consommation d'aliments contaminés. Selon **Rabsch et Tschäpe, (2001)**, la contamination peut être intrinsèque, comme cela peut être le cas pour les œufs; elle peut être secondaire, suite au contact avec des matières fécales. La contamination peut provenir d'une surface contaminée, d'un aliment contaminé lors de sa préparation. Enfin cette contamination peut provenir de la transformation des denrées alimentaires; on parle alors de contamination croisée.

La synthèse des facteurs de risques d'infection à *Salmonella* les plus fréquemment évoqués dans la littérature selon le sérotype est consignée dans le tableau 6; comme le mentionne ce tableau, certains sérotypes sont plus particulièrement présents chez certains hôtes, ils peuvent être ainsi classés selon l'espèce animale cible (**Korsak et al., 2004**). Un premier groupe de sérotypes particulièrement pathogènes n'est exclusivement isolé que chez l'homme, il est

responsable de la fièvre typhoïde et paratyphoïde. A ce jour, il n'existe pas de réservoir animal à *S. Typhi*, *S. Paratyphi* et *S. Sendai*.

Cependant, la contamination peut également avoir lieu par contact avec des animaux infectés, notamment des animaux de compagnie (**De Jong et Andersson, 2005; Swanson et Snider, 2007**). Une équipe américaine a aussi attiré l'attention sur la nécessité de tenir compte de ces voies de transmission non alimentaires dont l'importance serait sous-estimée (**Barber et Miller, 2003**).

Tableau 6: Facteurs de risques d'infections à *Salmonella* non typhique

Sérotype de <i>Salmonella enterica</i>	Facteurs de risque
<i>S. Typhimurium</i>	Consommation de viande ou de bœuf haché, de produits laitiers, et en particulier des œufs;
<i>S. Enteritidis</i>	Consommation d'œufs, surtout à l'extérieur de la maison, voyage international ;
<i>S. Newport</i>	Antibiotiques avant l'exposition, consommation de viande de bœuf crue ou bœuf haché, Omelette préparée à la maison ;
<i>S. Heidelberg</i>	Consommation de volailles ou d'œufs, consommation d'œufs à l'extérieur de la maison;
Tous les sérotypes de <i>Salmonella</i>	Consommation de légumes crus, acquisition nosocomiale de germes, exposition aux reptiles (lézards, serpents et tortues) amphibiens (grenouilles et salamandre) volaille et animaux domestiques, aliments crus, et d'autres aliments d'origine animale.
Antibio résistance des souches de <i>Salmonella</i>	Antibiothérapie chez les animaux, la réception d'antibiotiques avant l'exposition

Source: (DuPont, 2007)

2.1.5. Dynamique de la contamination humaine

Les souches de *Salmonella* sont à l'origine soit d'infections dites sporadiques, soit de phénomènes épidémiques: cas groupés ou foyers appelés encore toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), définies comme au moins deux cas d'infection d'une même maladie survenant chez des personnes ayant partagé le même repas (**Sabrina et al., 2012**). Les TIAC ont évolué de 1995 à 2005 avec l'industrialisation et la globalisation des approvisionnements. Les foyers de TIAC sont passés d'un petit groupe de personnes à des centaines de cas, qui impliquent plusieurs pays (**Ammon et Tauxe, 2007**). Ces épidémies sont liées à une plus faible contamination d'aliments largement distribués.

Différents facteurs jouent sur la contamination humaine : dose ingérée (**Bollaerts et Aerts, 2008**), susceptibilité de la personne (degré d'immunité), mais également virulence et pathogénicité de la souche ingérée qui dépend notamment du sérotype (**Foley et Lynne, 2008; Jones et Ingram, 2008**). Ainsi, la contamination d'un aliment seule ne suffit pas à prédire les infections qui vont résulter de sa consommation. Et ceci d'autant moins que tous les aliments ne vont pas avoir la même capacité à véhiculer les souches de *Salmonella* ; celle-ci varie selon leurs propriétés physico-chimiques, selon le processus de fabrication mais aussi selon le mode de consommation (**D'Aoust, 1989**). Ainsi, une mayonnaise à base d'œufs crus sera potentiellement plus contaminante qu'un morceau de bœuf consommé en ragoût. Globalement la relation dose-réponse en termes d'infections, sera à considérer pour un couple sérotype-aliment (**Bollaerts et al., 2008**).

2.1.6. Facteurs de croissance

2.1.6.1. Température

Salmonella est une bactérie mésophile: son optimale de croissance est proche de la température corporelle des animaux à sang chaud (35-43°C). La limite de croissance inférieure se situe aux environs de 5°C; il est toutefois généralement admis que la plupart des sérotypes ne croissent qu'à partir de 7°C (**ICMSF, 2006**). Ceci indique qu'un contrôle efficace de la chaîne du froid en entreprises agroalimentaires est un des éléments essentiels afin d'éviter une croissance de

Salmonella dans les aliments. La congélation ou la surgélation a peu d'effet sur la population des souches de *Salmonella* dans un aliment. Elle ne garantit en aucune manière la destruction d'un nombre suffisant de bactéries viables. Les gammes de températures comprises entre 0 et -10°C paraissent plus délétères envers *Salmonella* que les intervalles compris entre -17°C et -20°C (Grimont *et al.*, 2000). En définitive, les processus de congélation entraînent l'émergence de bactéries stressées qui devront, pour croître à nouveau, se réadapter aux nouvelles conditions régnant dans le milieu après décongélation.

Les souches de *Salmonella* sont réputées être peu thermorésistantes puisqu'elles sont tuées rapidement lorsque la température dépasse 70°C comme dans le processus de pasteurisation habituellement appliqué dans les entreprises agro-alimentaires. La thermo résistance des micro-organismes est habituellement définie par deux facteurs essentiels. La valeur D indique le temps nécessaire (en minutes) pour obtenir une réduction de 90 % du nombre de micro-organismes viables présents avant le traitement. Cette valeur va dépendre de plusieurs facteurs: le micro-organisme, le milieu dans lequel la bactérie se trouve, la température, le pH, le sérotype et l'activité de l'eau (mesure de l'eau libre contenue dans une denrée alimentaire, cette eau libre est nécessaire à la croissance des micro-organismes). Un deuxième facteur utile à connaître est le paramètre z. Il s'agit d'une valeur, exprimée en degrés Celsius, permettant de connaître l'effet de l'augmentation de la température sur l'augmentation de la destruction des bactéries par la chaleur. Pour *Salmonella*, cette valeur est proche de 5° C (Wang et Slavik, 1998). Elle correspond à l'augmentation de température qu'il faudrait appliquer pour diminuer la valeur D d'un facteur 10.

2.1.6.2. pH et activité de l'eau (a_w)

En dehors de la température, les deux autres facteurs pouvant substantiellement influencer la multiplication de *Salmonella*, sont le pH et l' a_w .

L'optimum de croissance pour ces deux paramètres est 7,2 et 0,99, respectivement. La croissance est stoppée à des pH extrêmes (< 3,8 ou > 9,5) et à une valeur d' a_w inférieure à 0,94. Le degré d'acidité d'un produit peut donc constituer un facteur de protection au niveau de sa sécurité (ICMSF, 2006). L'ionisation des

denrées alimentaires est un autre traitement qui peut avoir une influence sur la survie des souches de *Salmonella* dans un aliment. Cette technique est très souvent utilisée aux Etats Unis pour différentes applications, dont le contrôle des micro-organismes pathogènes dans les aliments. La *Food and Drug Administration* (FDA) a en effet autorisé l'ionisation des viandes rouges et des viandes de volaille. Enfin, il est à signaler que les agents conservateurs ont une efficacité limitée et variable pour contrôler le risque des souches de *Salmonella* dans un aliment.

2.2. Salmonelloses

2.2.1. Généralités

Les salmonelloses sont une zoonose majeure en raison de leur fréquence, des charges importantes qu'elles représentent pour la santé publique et le coût considérable pour la société de nombreux pays (Weill, 2008). Elles sont provoquées par des entérobactéries du genre *Salmonella*. La période entre la contamination et l'apparition des premiers signes est courte, de 12 à 72 heures. Puis, les symptômes de gastro-entérite aiguë apparaissent de façon assez brutale: une diarrhée, des douleurs abdominales, des nausées, des vomissements, une fièvre souvent élevée avec une température entre 38 et 40°C. Des céphalées complètent parfois ce tableau. Les selles sont liquides, jaunâtres, contiennent parfois du mucus et du pus ou du sang.

Le risque de déshydratation lié à la diarrhée est particulièrement important chez les enfants, mais aussi chez les personnes âgées (Anonyme, 2014a). Les salmonelloses se répartissent en deux catégories:

- Les salmonelloses humaines ou encore les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes due à *S. Typhi*, *S. Paratyphi A*, *B* et *C*.
- Les salmonelloses d'origine animale ou non typhiques: Elles se présentent sous deux formes : la gastro-entérite à *Salmonella* dont la forme constitue un risque zoonotique et une TIAC

Les salmonelloses sont l'une des principales causes des maladies d'origine alimentaire, les œufs et les volailles étant des véhicules importants. L'émergence des salmonelloses humaines dans de nombreux pays a été attribuée à l'aptitude inhabituelle de ces bactéries à coloniser le tissu ovarien des poules et à être présent dans le contenu d'œufs en coquille intacts.

2.2.1.1. Salmonelloses non typhiques

Les souches de *Salmonella* non typhiques sont chez l'homme, des pathogènes intracellulaires facultatifs, principalement d'origine alimentaire (**Mead et Slutsker, 1999**).

2.2.1.2. Pathologies

Les souches de *Salmonella* non typhiques peuvent causer des gastroentérites aiguës avec céphalées, douleurs abdominales, nausées, vomissements, fièvre, dont l'évolution est le plus souvent favorable en quelques jours (**InVS, 2004**) (Tableau 7).

On distingue d'un point de vue pathologique:

- **les salmonelloses majeures**: Ce sont les fièvres typhoïdes à *Salmonella typhi* mais aussi les fièvres paratyphoïdes à *Salmonella paratyphi* A, B et C (**Euzeby, 1996**). Ces fièvres sont graves, souvent mortelles si elles ne sont pas traitées; c'est l'antigène somatique (Ag O) qui est responsable du syndrome typhique par choc endotoxique (**Euzeby, 1996**).

- **les salmonelloses mineures** dites aussi ubiquitaires ou ubiquistes et plus souvent non typhoïdiques: toutes les souches de *Salmonella* sont potentiellement pathogènes mais la gravité de l'affection provoquée est fonction de la souche et de la quantité de bactéries ingérées (10^5 à 10^8 germes).

Chez les personnes fragiles, l'infection à *Salmonella* peut se traduire par une infection systémique sévère, usuellement de type intestinal, qui peut évoluer en infection extra-intestinale, notamment chez les patients immunodéprimés (**Hohmann, 2001**). Les sérotypes *S. Enteritidis* et *S. Typhimurium* sont responsables de la majeure partie de ces infections particulièrement sévères (respectivement 26% et 50%). Dans le cas des infections extra-intestinales, le taux de décès est plus élevé, de l'ordre de 9% pour les enfants et de 17% pour les immunodéprimés (**Ruiz et al., 2003**).

Pour les formes les plus courantes, l'excrétion après infection dure moins d'un an et dans la plupart des cas moins de trois mois. Cependant, il existe des porteurs chroniques (moins de 1% des infections), pour lesquels l'excrétion peut durer au-delà

d'un an. Les souches de *Salmonella* peuvent alors se nicher dans les schistosomes ou dans des anomalies structurelles des systèmes urinaires et biliaires.

Tableau 7: Symptomatologie des salmonelloses non typhiques

Symptômes	Salmonellose non typhique
Période d'incubation	8-72 heures
Diarrhée	+++ (liquide)
Douleurs abdominales	+++
Fièvre	+ (<48h)
Infection systémique	Rare (<i>S. Choleraesuis</i> , <i>S. Dublin</i>)
Durée	≤5 jours

Source: **Julie (2009)**

2.2.2. Toxi-infections alimentaires à *Salmonella*

2.2.2.1. Enjeux sanitaires

Un certain nombre d'éléments liés à la consommation des aliments concourent à favoriser la persistance de ces infections (**DuPont, 2007; Sofos, 2008**). L'évolution des habitudes alimentaires favorise l'exposition aux pathogènes alimentaires, en s'orientant vers la consommation de produits crus ou peu cuits et la restauration hors-foyer qui est un facteur de risque connu, notamment pour les infections à *Salmonella* (**Hennessy et Cheng, 2004**).

Les modes de production industriels des aliments et la globalisation de l'approvisionnement conduisent en cas de contamination à une large diffusion des aliments contaminés; de même, l'augmentation de la population à risque (personnes âgées et enfants), telles que les malades du virus de l'immunodéficience humaine, sont des facteurs qui favorisent la persistance de l'infection dans le milieu.

L'importance des toxi-infections alimentaires est estimée en millions de cas annuels, quel que soit le pays concerné (**Flint et Van Duynhoven, 2005**). Elles sont estimées à plusieurs dizaines de millions le nombre de cas recensés chez l'homme chaque année dans le monde, et la maladie entraîne plus de cent mille décès par an

(OMS, 2013). Ces chiffres restent élevés malgré les mesures de prévention et de lutte mises en place. Les salmonelloses non typhiques comptent parmi les principaux pathogènes responsables des TIAC dans le monde. Elles sont la deuxième cause bactérienne de gastro-entérites, après *Campylobacter*, en Europe (Anonyme, 2009), mais occupent la première place aux Etats-Unis. En Australie, *Salmonella* apparaît au deuxième rang des cas sporadiques et au premier rang des foyers épidémiques pour un total estimé à 5,4 millions de cas chaque année (Flint et Van Duynhoven, 2005). En France, l'Institut de Veille Sanitaire a évalué le nombre annuel de cas confirmés en 2004. Ce nombre se situe entre 30 600 et 41 140 cas dont 92 à 535 décès, avec un taux de mortalité de 0,3 à 1,3% (InVS, 2004). En Afrique subsaharienne, où cohabitent malnutrition, paludisme et sida, est apparue en 2012, une forme rapidement invasive de la salmonellose non typhique, liée à la contamination de l'eau et des aliments par les selles, qui aboutit au décès de 22 à 45% des personnes infectées (Effoudou, 2012).

En effet, les cas confirmés correspondent à des malades ayant consulté un médecin pour la gastro-entérite, auxquels a été prescrite une recherche de *Salmonella*, dont les résultats ont été enregistrés dans l'une des sources ayant servi à l'estimation faite par l'InVS. Si l'on se réfère à la pyramide décrivant la surveillance des infections d'origine alimentaire (Figure 5), la surveillance basée sur les laboratoires, tels que c'est le cas en France, ne touche que la pointe de la pyramide, menant à une probable forte sous-estimation du nombre réel de cas correspondants.

En s'intéressant aux cas groupés, plus particulièrement en Côte d'Ivoire, les données sont insuffisantes pour situer la place de *Salmonella* dans le classement des agents infectieux responsables de TIAC. Cependant, en France, *Salmonella* vient au premier rang des agents confirmés lors de TIAC (Delmas et al., 2007), pour la période 1996-2005 (Tableau 8).

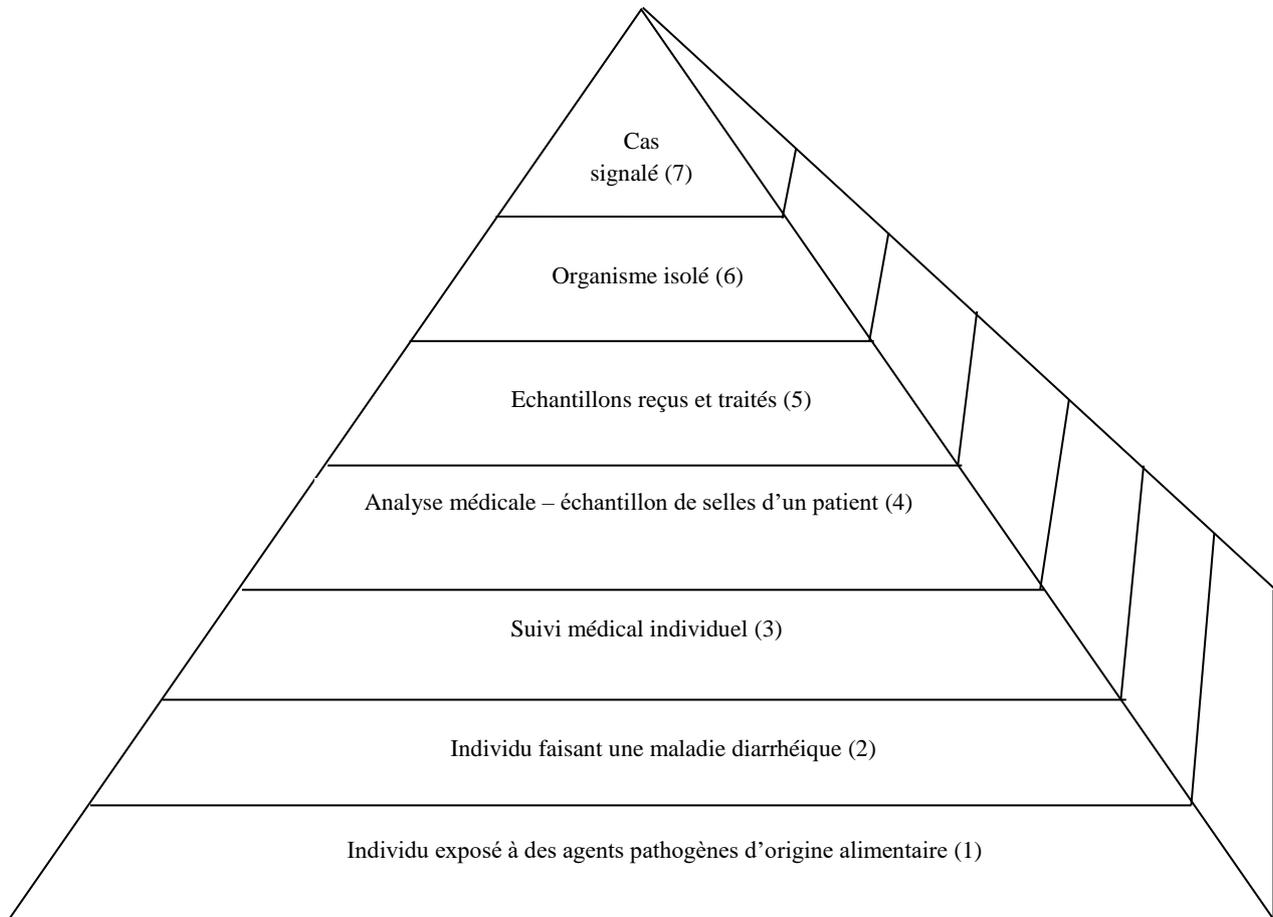


Figure 5: Pyramide du « burden of illness » ou fardeau de la maladie utilisé aux Etats-Unis pour évaluer des infections alimentaires

Source: **Allos et Moore (2004)**

La pyramide du fardeau de la maladie est un modèle pour comprendre la déclaration des maladies d'origine alimentaire. Cela illustre les étapes de surveillance qui doivent se produire pour un épisode de la maladie dans la population. En partant du bas de la pyramide, 1) des membres de la population en général sont exposés à un organisme; 2) certaines de ces personnes exposées tombent malades; 3) certaines de ces personnes malades cherchent des soins médicaux; 4) un échantillon est obtenu à partir de certaines de ces personnes et soumis à un laboratoire clinique; 5) un laboratoire teste certains de ces spécimens pour un pathogène donné; 6) le laboratoire identifie l'agent causal dans certains de ces échantillons testés et confirme le cas; 7) le cas confirmé en laboratoire est rapporté à un service de santé local ou national.

Salmonella est un danger en constante évolution, doté d'une forte capacité adaptative (Velge, *et al.*, 2005). Dans les années 80, émerge aux Etats-Unis et en Europe le sérotype *S. Enteritidis* qui est particulièrement associé aux espèces aviaires et à la capacité de provoquer une infection trans-ovarienne et par conséquent de contaminer les œufs. C'est également le sérotype le plus souvent identifié lors de cas de foyers épidémiques (Delmas *et al.*, 2007; Greig et Ravel, 2009). C'est le cas des TIAC enregistrés en France en 2012 (Tableau 8). *Salmonella* a acquis le statut de risque émergent par l'acquisition de résistances aux antibiotiques (Sofos, 2008; Le Hello *et al.*, 2013).

Tableau 8: Pathogènes responsables de TIAC en France en 2012

Agents	Foyers		Cas		Hospitalisations		Décès	
	N	%DS	N	%DS	N	%DS	N	%DS
Agents confirmés (1)								
<i>Salmonella</i>	107	49,50%	691	29,30%	132	69,50%	1	0,14%
<i>S. Enteritidis</i>	22	20,60%	161	23,30%	53	40,20%	-	-
<i>S. Typhimurium</i>	25	23,40%	198	28,70%	38	28,80%	1	-
Autres sérotypes *	27	25,20%	133	19,20%	14	10,60%	-	0,51%
Sérotypes indéterminés	33	30,80%	199	28,80%	27	20,50%	-	-
<i>Clostridium perfringens</i>	23	10,60%	708	30,00%	4	2,10%	-	-
<i>Shigella</i> spp	2	0,90%	45	1,90%	5	2,60%	-	-
<i>Campylobacter</i> spp	6	2,80%	16	0,70%	3	1,60%	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	2,30%	67	2,80%	5	2,60%	-	-
<i>Bacillus cereus</i>	20	9,30%	349	14,80%	11	5,80%	-	-
Virus	13	6,00%	278	11,80%	10	5,30%	1	0,36%
Autres pathogènes (2)	27	12,50%	146	6,20%	14	7,40%	-	-
Total agents confirmés	216	16,80%	2362	23,10%	190	26,80%	2	0,08%

Source: InVS (2012)

* *S. arizonae* (1 foyer, 12 cas, 2 hospitalisations), *S. Dublin* (10F, 56C, 5H), *S. Infantis* (3F, 6C, 0H), variant monophasique de *S. Typhimurium* (1F, 4C, 1H), *S. Newport* (1F, 3C, 3H), *S. Oranienburg* (10F, 37C, 2H), *S. Thompson* (1F, 5C, 1H). DS pour les différents agents et sérotypes de *Salmonella*, % du total des DS déterminés. (1) Foyers dans lesquels un agent pathogène est isolé dans un échantillon d'origine humaine (selles, sang, vomissement) et/ou dans les aliments consommés par les malades. (2) Ciguatera (10 foyers), *E. coli* (5F), toxine diarrhéique (2F),

Salmonella représente un danger en constante mutation. L'incidence des salmonelloses et l'émergence de la multi-résistance et de la résistance à des antibiotiques critiques en thérapeutique humaine, en font un enjeu sanitaire de premier ordre (**Sabuncu et David, 2009**). Les raisons de l'émergence de ce sérotype ne sont pas actuellement connues. Il reste que ce sérotype particulièrement pathogène demeure le plus représenté parmi les cas humains avec *S. Typhimurium* dans la majorité des pays occidentaux (**Galanis et Lo Fo Wong, 2006; Kirk et McKay, 2008**).

Deux points sont ici en cause: d'une part la multi-résistance, et d'autre part l'émergence et la diffusion de résistances aux quinolones et aux céphalosporines de troisième génération (C3G) (**Miriagou et Tassios, 2004**), classes d'antibiotiques critiques pour les traitements thérapeutiques chez les populations à risques et notamment les enfants (**DuPont, 2007**). En effet, outre le risque d'échec thérapeutique en cas de résistance, il a été montré que la multi-résistance et/ou les résistances aux quinolones et C3G sont associées chez *Salmonella* à une morbidité et une mortalité accrues (Tableau 9) (**Helms, et Vastrup, 2002 ; Helms et Simonsen, 2004; Martin et Fyfe, 2004**). L'importance de l'incidence des salmonelloses ainsi que l'émergence de la multi-résistance et des résistances à des antibiotiques critiques en thérapeutique humaine, dans un contexte où le danger de l'antibiorésistance fait l'objet de toutes les attentions, en font un enjeu sanitaire de premier ordre (**Sabuncu et al., 2009**).

Tableau 9: Profil d'antibiorésistance après une infection à *Salmonella* Typhimurium au Danemark en 2004.

Profil de résistance	Nombre de patients	Comparaison de la mortalité relative à la population générale (95% IC)
Profil sauvage	953	2,3 [1,5 -3,5]
ACSSuT	283	4,8 [2,2-10,2]
NA	83	10,3 [2,8-37,8]
ACSSuTNA	40	13,1 [3,3-51,9]

Source: (Molbak, 2005)

Le premier geste thérapeutique consiste à rétablir l'équilibre hydro-électrolytique et acido-basique. L'antibiothérapie est à éviter dans les formes simples car elle prolonge le portage intestinal de *Salmonella* (Cezard et Chouraqui, 2002). Dans les formes sévères ou chez les animaux fragiles, il faut administrer des antibiotiques. Le chloramphénicol qui a été longtemps l'antibiotique de choix a été remplacé par les fluoroquinolones et cotrimoxazole (AFSSA, 2006).

La plupart des souches sont sensibles à la céphalosporine de 1^{ère} génération (céfalotine), à la polymyxine, aux aminosides (apramycine, gentamicine, néomycine), aux quinolones (fluméquine), et aux nitrofuranes (nitrofurantoïne). Dans tous les cas, il est conseillé de procéder à un antibiogramme. Selon des Chercheurs Népalais et Britanniques, la gatifloxacine, un nouvel antibiotique, (fluoroquinolone) va permettre de mieux lutter contre la fièvre typhoïde (Kaldy, 2007; Effa *et al.*, 2011).

Le meilleur moyen de lutte contre les salmonelloses reste cependant le lavage des mains pour éviter la transmission oro-fécale. La prévention des salmonelloses se fait aussi par le biais des vaccins. Le vaccin Typhim Vi qui se fait par injection, et le vaccin TY21 qui est un vaccin oral (Kaldy, 2007 ; OMS, 2014).

2.2.2.2. Enjeux socio-économiques

L'importance économique des salmonelloses se traduit en termes de perte considérable de productivité liée aux arrêts de travail pour cause de maladie, à

l'absentéisme, à la diminution de la réussite scolaire et aux coûts de santé (**Teleu et Ngatchou, 2006**). Ainsi, des études américaines intégrant à la fois les coûts médicaux et les pertes de productivité estiment le coût annuel lié aux infections à *Salmonella* non typhiques entre 500 millions et 3,5 milliards de dollars par an (**Julie, 2009**).

En Australie, chaque année, 1,2 millions de visites chez un médecin, 300 000 prescriptions d'antibiotiques et 2,1 millions de jours de congé maladie sont associés aux TIAC, dont les salmonelloses pour un coût annuel de 1,2 milliards de dollars (**Kirk et McKay, 2008**). En Europe, les coûts annuels liés aux salmonelloses d'origine alimentaire sont estimés entre 560 millions et 2,8 milliards d'euros. Ces estimations sont basées sur un coût par cas de 24 euros à 3,8 millions pour un décès (**Anonyme, 2001**). Le bilan coût bénéfique de la lutte contre *Salmonella* est remarquable. En effet, certains pays ont mis en place des mesures de lutte contre les souches de *Salmonella* afin de diminuer le nombre de cas de salmonelloses. Les coûts économiques liés aux salmonelloses évalués à 15,5 millions en 2001 auraient en effet été de 41 millions d'euros en l'absence d'intervention (**Wegener et al., 2003**).

En raison de l'obligation réglementaire d'absence de *Salmonella* dans certains aliments, dont les produits d'origine animale (Règlement 2073/2005/EC), la détection d'une contamination se traduit par le retrait de l'aliment incriminé. Par ailleurs, les critères de contamination microbiologique peuvent donner lieu à des restrictions concernant les importations. Ainsi, la Commission Européenne a mis en place une politique de lutte contre les agents zoonotiques, dont *Salmonella*, qui lui permettra d'exiger des pays tiers qu'ils fournissent des denrées présentant des garanties sanitaires équivalentes à celles exigées dans l'Union Européenne (**Beloil, 2007**).

La Suède, précurseur en matière de lutte contre *Salmonella* en élevage, bénéficie d'ores et déjà d'un statut « *Salmonella free* » qui lui permet d'imposer des tests supplémentaires sur les denrées d'origine animale importées. En France, les enjeux commerciaux relatifs à la problématique *Salmonella* sont importants car les filières avicoles sont assujetties aux mesures préventives de lutte contre les salmonelloses. En effet, ces mesures sont à mettre en place tout au long de la chaîne alimentaire, de l'élevage à la distribution afin de limiter le risque à *Salmonella*. Ces

mesures ont un coût qui se répercute sur le prix de production et sur la compétitivité des filières (Wegener *et al.*, 2003).

2.2.3. Lutte contre *Salmonella*

La bactérie du genre *Salmonella* comme souligné précédemment, est un pathogène zoonotique ubiquitaire, présent tout au long de la chaîne alimentaire, de l'élevage à l'assiette. De nombreux pays ont mis en place des plans de lutte contre ce pathogène, avec un certain succès (Edel, 1994; Wegener *et al.*, 2003; Gillespie *et Elson*, 2005; Rostagno *et Hurd*, 2005; Poirier *et Watier*, 2008). En Côte d'Ivoire, des dispositions sont prises pour une meilleure productivité du secteur avicole par le ministère de l'agriculture (Côte d'Ivoire, 2013) à travers la lutte contre les pathogènes émergents dans les fermes avicoles. Cependant, des dispositions spécifiques n'existent pas pour la lutte contre *Salmonella*. Les plans de lutte visent divers points du continuum de la chaîne alimentaire.

Il existe ainsi des mesures de contrôle et de prévention potentielles à chaque point de la chaîne alimentaire. Nombre d'auteurs soulignent l'importance de stratégies intégrées, consistant à agir de façon coordonnée à toutes les étapes de la transmission de *Salmonella*, de la fourche à la fourchette (DuPont, 2007; Sofos, 2008). Cela suppose l'implication de l'ensemble des acteurs, institutions nationales voire supra-nationales, professionnels (éleveurs, abatteurs, industries agro-alimentaires, distributeurs), mais également des consommateurs (Allard, 2002), et la mise en place d'une réglementation adaptée (Sofos, 2008). Un point essentiel dans la conception d'une stratégie de lutte globale et coordonnée sera de pouvoir identifier les points d'interventions potentielles (Figure 6), de les hiérarchiser en fonction d'un bilan coût-efficacité et enfin de pouvoir évaluer leur impact.

2.2.3.1. Elevage

Les mesures viseront ici à réduire le niveau de contamination des troupeaux, c'est-à-dire le portage de *Salmonella* par les animaux. Cela peut reposer sur une démarche d'assainissement des élevages situés en amont des filières organisées, par

l'abattage systématique des reproducteurs contaminés afin de limiter la contamination verticale des filières (**Wegener et al., 2003; Poirier et Watier, 2008**). Au niveau des troupeaux de production, les mesures prises pourront concerner le contrôle de la contamination des aliments. Les mesures à utiliser seront: (1) l'acidification des aliments et la vaccination des animaux (**Denagamage et al., 2007**). (2) Le traitement spécifique des troupeaux contaminés (**Wegener et al., 2003**). (3) Une action sur tous les facteurs de risques spécifiques identifiés en production primaire, avec une diminution du stress au cours du transport (**Rostagno et al., 2006**). (4) Le nettoyage et la désinfection des bâtiments suivis du vide sanitaire entre bandes etc.

2.2.3.2. Abattage et transformation

A ce niveau, la mise en œuvre du système HACCP permet de détecter et contrôler d'éventuelles contaminations en combinaison avec les bonnes pratiques d'hygiène (**Edel, 1994**).

En ce qui concerne spécifiquement l'abattoir, agir au niveau de l'ordre d'abattage en traitant les animaux contaminés en dernier, peut permettre de limiter les contaminations croisées (**Wegener et al., 2003**). Celles-ci sont en effet imputables au transfert, via la chaîne, des contaminants digestifs libérés lors de l'éviscération. Une étape de décontamination des carcasses en fin de chaîne peut se révéler efficace (**EFSA, 2008**)

2.2.3.3. Distribution

Il est possible d'évoquer ici deux points importants: le respect de la chaîne du froid qui permet de limiter le développement de *Salmonella* en cas de contamination des aliments et la mise en application des bonnes pratiques d'hygiène. Enfin, il convient de noter l'initiative danoise qui consiste à labelliser les produits issus d'animaux indemnes «*Salmonella free* » (**Wegener et al., 2003**).

2.2.4. Consommation

Les aliments jouent un rôle important comme véhicules des souches de *Salmonella*, notamment ceux contenant des farines d'os, de viande ou de poisson, des

tourteaux de soja et des tourteaux de tournesol (**Carlier *et al.*, 2001; Van Immerseel *et al.*, 2005**). **Amgar (2012)** présente dans le tableau 10, une série d'alimentation représentant des facteurs de risque ou des véhicules potentiels de *Salmonella*. Deux points sont ici essentiels dans la lutte contre les salmonelloses: il y a d'une part, la détection et l'investigation des foyers épidémiques, qui visent à identifier et à procéder au retrait de l'aliment responsable des cas de salmonellose groupés (**Haeghebaert et Sulem, 2003**); d'autre part, il est essentiel d'éduquer les populations aux bonnes pratiques d'hygiène et de préparation des aliments (**Kohl et Rietberg, 2002**).

Tableau 10: Sources de salmonelloses (1997–2008)

Sources	Taux de survenue (%)
Viandes	24
Œufs	20
Fruits et légumes	17
Contact avec les animaux	8
Produits laitiers	7
Déjeuner varié	6
Autres sources	6
Aliments manipulés	4
Boulangerie et céréales	3
Fruits de mer	3
Eau	2

(Source: **Amgar, 2012**)

II. MATERIEL ET METHODES

1. MATERIEL

1.1. Matériel biologique

1.1.1 Matériel d'étude

Le matériel biologique utilisé pour la recherche de *Salmonella* est constitué de gésiers, d'œufs, de carcasses de poulets (*Gallus gallus*) frais, et d'eau d'abreuvoir. Pour la détermination de la relation entre les souches d'origine aviaire et celles impliquées dans des diarrhées humaines, des échantillons de selles diarrhéiques humaines ont été utilisés. La figure 7 est l'illustration du matériel biologique d'origine aviaire utilisé.

**A****B****C**

Figure 6: Produits alimentaires d'origine aviaire

(A: Gésiers de poulets, B: Œufs de poule et C: Carcasse de poulet)

1.1.2. Souches de références

Les souches de référence qui ont été utilisées sont *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028 et *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076. Elles ont été utilisées respectivement comme témoin positif pour le sérotypage et comme marqueur positif pour l'ERIC-PCR.

1.2. Matériel non biologique

Le matériel non biologique a été essentiellement constitué d'une part, de matériel d'analyse couramment en usage dans les laboratoires de bactériologie et de biologie moléculaire (annexes I et II) notamment, les milieux de culture et les réactifs et d'autre part, de fiches d'enquête qui ont servi de support pour évaluer les caractéristiques sanitaires et les pratiques dans les élevages de volailles, les abattoirs et leur environnement (annexe III). Les fiches d'enquête ont aussi permis de recueillir des données sur le type de repas (ou aliment) consommé par certains patients avant la survenue d'une diarrhée infectieuse (annexe IV).

2. METHODES

2.1. Caractérisation des systèmes de production de volailles

La caractérisation des systèmes de production de volailles a été réalisée à partir d'une enquête qui a eu pour cible, les élevages de volailles, les marchés, les abattoirs et leur environnement, ainsi que le personnel chez qui, les pratiques à risque ont été décrites.

2.1.1. Type et sites d'étude

C'est une étude transversale effectuée de janvier 2007 à octobre 2010, dans le district d'Abidjan. Abidjan est la capitale économique de la Côte d'Ivoire. La ville est située au bord de l'océan atlantique (Golf de Guinée) entre le 5°00' et 5°30' de latitudes Nord et entre 3°50' et 4°10' de longitudes ouest. C'est la ville la plus peuplée de l'Afrique de l'Ouest francophone avec une population de 4.707.000 d'habitants en 2014 (**Anonyme, 2014e**). Le choix du district d'Abidjan comme cadre de cette étude a été motivé par deux raisons essentielles.

La première est le développement particulier de l'aviculture qui se traduit par une multiplicité de fermes avicoles. En effet, selon **Essoh (2006)**, Abidjan englobe plus de 80% des exploitations avicoles modernes du pays. La deuxième raison est que le district d'Abidjan constitue le principal débouché des produits avicoles commercialisés en Côte d'Ivoire, avec plus de 54 marchés de volailles provenant de plusieurs horizons et même des pays frontaliers par le biais du réseau ferroviaire Abidjan-Ouagadougou (**Kallo, 2007**).

Le choix des sites d'étude obéit d'une part, à des observations faites au cours d'une prospection en mars 2007 et d'autre part, à des critères de choix, à partir des données de la littérature (**Bourgeois et al., 1990; FAO, 2004a; Norme Corpen, volailles, 2006**).

Les différents sites concernés sont matérialisés sur la carte géographique du district, à la figure 9. Pour chaque commune, quatre fermes, un marché et un abattoir ont été retenus pour l'étude par choix raisonné.

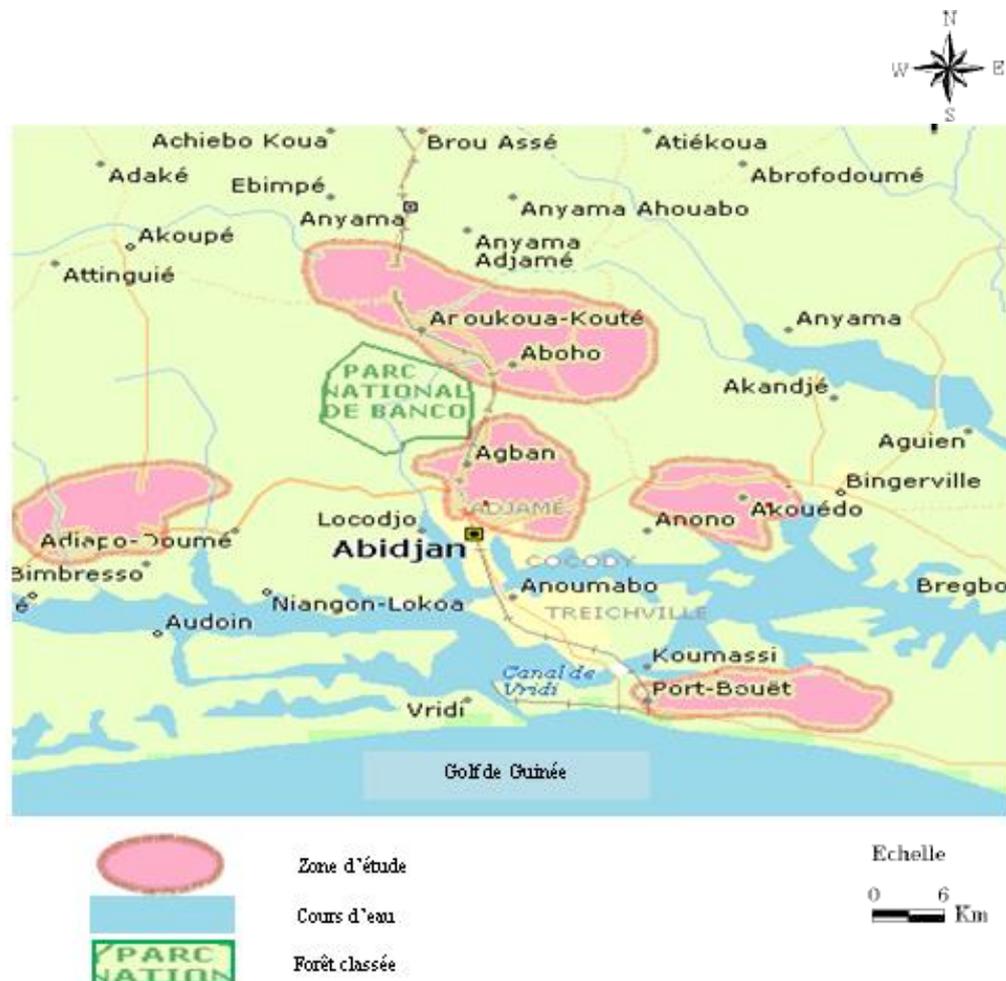


Figure 7: Carte géographique du district d'Abidjan (Encarta, 2009)

Zones couvertes par l'étude comprenant la localisation des sites d'enquête

2.1.2. Critères d'inclusion

Les fermes ont été sélectionnées selon qu'elles sont de type moderne ou traditionnel, qu'elles aient une taille ou un cheptel d'au moins 500 têtes et qu'elles livrent régulièrement des produits aviaires sur les marchés de la commune où elles sont situées. Les marchés à volailles et abattoirs, qui reçoivent régulièrement des produits aviaires des fermes identifiées ont été retenus pour l'étude.

2.1.3. Echantillonnage

2.1.3.1 Echantillonnage des communes

Le choix des communes a été motivé par la présence de fermes avicoles sur le territoire communal. Ainsi à Abidjan sur les dix communes, celles d'Abobo, de Cocody, de Port-Bouët, de Yopougon et d'Adjamé ont été sélectionnés. Les observations faites dans les communes sont basées sur des conditions sanitaires généralement précaires des marchés, de certains lieux de vente informels et de sites de restauration publique à hygiène déficient. Les critères de choix basés sur des recommandations techniques concernent: les conditions d'hygiène liées à l'élevage, la forte concentration de population humaine, le flux de transport, de distribution et d'abattage des volailles et le nombre élevé de lieux de vente et de consommation de produits aviaires dans les communes.

2.1.3.2 Echantillonnage des fermes

La méthode de l'échantillonnage aléatoire stratifiée (**Casley et Kumar, 1988**) a été utilisée pour choisir les fermes selon les zones géographiques et à intervalle de cinq fermes l'une de l'autre pour celles qui ont été sélectionnées. Particulièrement à Adjamé, toutes les fermes visitées ont été retenues pour l'enquête, compte tenu du nombre réduit de fermes liées à la position centrale de la commune. Les fermes choisies ont été numérotées de F1 à F20. Les identifiants de F1 à F4 correspondent aux fermes situées à Abobo; ceux de F5 à F8 correspondent aux fermes de Cocody, ceux de F9 à F12 aux fermes de Port-Bouët, F13 à F16 sont les fermes de Yopougon et enfin F17 à F20 correspondent aux fermes d'Adjamé.

2.1.3.3 Echantillonnage des marchés et abattoirs

L'échantillonnage des marchés et abattoirs s'est fait par choix raisonné. Ainsi, dans chaque commune choisie, le marché principal et un abattoir ont été sélectionnés. Les marchés ont été numérotés de M1 à M5 avec respectivement M1, M2, M3, M4 et M5 pour Abobo, Cocody, Port-Bouët, Yopougon et Adjamé. La numérotation des abattoirs suit le même ordre que celui des marchés. M est remplacé ici par A (annexe V).

Au total, 30 sites ont été retenus pour la réalisation de l'enquête dont 20 fermes, cinq marchés et cinq abattoirs. Dans chaque commune, quatre fermes, un abattoir et un marché ont été sélectionnés.

2.1.4. Déroulement de l'enquête

2.1.4.1. Au niveau des fermes

Au cours de l'enquête sur les sites, un questionnaire était remis à chaque fermier avec son consentement et après lui avoir expliqué le but de la visite. Le questionnaire a ainsi été rempli par le fermier ou par l'enquêteur, en présence de ce dernier.

Au total 20 fermiers ont accepté de répondre au questionnaire, dans les communes d'Abobo, de Cocody, de Port-Bouët, de Yopougon et d'Adjamé. Le fermier était soit le gérant, soit le propriétaire de la ferme. Le questionnaire destiné aux fermes avicoles a porté sur cinq points essentiels à savoir, le type d'élevage, l'environnement, les infrastructures et les équipements, l'alimentation et l'hygiène (annexe VI), le personnel et l'utilisation d'antibiotique.

2.1.4.2. Au niveau des marchés et abattoirs

Au niveau des marchés à volailles et des abattoirs, la stratégie a été essentiellement basée sur l'observation et des prises de vue. L'enquête avait pour cible l'emplacement des sites, leur proximité avec des dépôts transitoires de déchets, l'état sanitaire des lieux de ventes ou d'abattages, l'hygiène corporelle des acteurs. Les prises de vue ont été faites à la suite d'autorisations verbales des abatteurs de volailles. L'appréciation du niveau sanitaire des systèmes de production avicole a été basée sur les critères de classification de la biosécurité en Afrique de l'Ouest, qui se décline en niveaux 1 à 4, selon la **FAO (2004)**.

2.2. Détection et caractérisation de *Salmonella* des produits aviaires

2.2.1. Taille de l'échantillon de produits aviaires

L'échantillonnage a été réalisé selon un modèle probabiliste dans notre environnement où la prévalence de *Salmonella* dans les produits cibles est inconnue; par conséquent, la taille de l'échantillon a été estimée selon l'équation (1) de l'OMS (1991); pour un intervalle de confiance de 95% avec une précision (d) de 5%.

$$N = \varepsilon^2 pq/d^2 \quad (1)$$

N: taille de l'échantillon

p : proportion ou prévalence

q = 1-p

$\varepsilon = 1,96$ (écart réduit) pour $\alpha = 5\%$

d: précision comprise entre 1 et 10% (on considère d=5%)

La prévalence de *Salmonella* dans les œufs, les gésiers, les carcasses de poulet et dans les eaux d'abreuvoir étant inconnue pour la plupart des matrices en Côte d'Ivoire, les valeurs de p et q ont été fixées de telle sorte que p=50% et q=50%. Dans ce cas, la taille minimale calculée pour un échantillon représentatif est de 384. Dans le cadre de cette étude, les échantillons prélevés sont de 400 pour l'eau d'abreuvoir; 480 pour les carcasses, 480 pour les gésiers de poulet et 500 pour les œufs de poule. Un total de 1860 échantillons aviaires a été prélevé. La taille de chaque échantillon est consignée dans le tableau 11 selon la nature des lieux de prélèvement ou le tableau 12, selon la situation géographique (commune) d'origine.

Tableau 11: Répartition des échantillons selon la nature des sites de prélèvements

Sites de prélèvement	Eau*	Carcasses	Gésiers	Œufs	Total
Marchés	0	80	80	100	260
Fermes	400	320	320	400	1440
Abattoirs	0	80	80	0	160
Total	400	480	480	500	1860

*Eau d'abreuvoir

Tableau 12: Répartition des échantillons d'eau et de produits aviaires prélevés par commune

communes	Eau *	Gésiers	Carcasses	Œufs	Total
Abobo	80	96	96	100	372
Cocody	80	96	96	100	372
Port-Bouët	80	96	96	100	372
Yopougon	80	96	96	100	372
Adjamé	80	96	96	100	372
Total	400	480	480	500	1860

*Eau d'abreuvoir

2.2.2. Prélèvements des échantillons

Les échantillons ont été prélevés par achat, pour les gésiers, les œufs, et les carcasses de poulet. Les prélèvements de gésiers de poulet ont été réalisés dans les marchés, les fermes et les abattoirs à raison de 25 g par échantillon (une unité de gésier entier). Les prélèvements d'eau d'abreuvoir ont été réalisés dans chacune des fermes. Un échantillon correspondait à 100 mL d'eau d'abreuvoir. Avant chaque prélèvement, l'eau a été agitée afin d'obtenir un mélange homogène et cinq échantillons de 100 mL ont été prélevés. Les œufs ont été prélevés en l'état; un œuf correspondant à un échantillon. Les prélèvements ont été réalisés durant six mois (de juin à novembre 2007) et analysés au laboratoire de bactériologie du CeDReS (annexe VII).

2.2.3. Transport des échantillons

Les échantillons de carcasse de poulet, de gésier, d'œuf et d'eau d'abreuvoir prélevés, ont été transportés dans une glacière contenant des accumulateurs de froid à 4°C et acheminés au laboratoire pour analyse dans un délai de moins de 2 heures, conformément au Guide de Bonne Exécution des Analyses (GBEA) et la Norme NF EN ISO 15189, version 2012.

2.2.4. Isolement et identification de *Salmonella*

L'analyse bactériologique des échantillons pour la recherche de *Salmonella* s'est faite en quatre étapes, suivant la norme ISO 6579 (2002): le pré-enrichissement, l'enrichissement, l'isolement et l'identification.

2.2.4.1. Pré-enrichissement

Un échantillon de carcasse de poulet ou de gésier de poulet de 25 g a été prélevé aseptiquement et ajouté à 225 mL d'eau Peptonée Tamponnée stérile (EPT) (Difco, le Pont de Claix, France). L'ensemble a été incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures. Dans le cas de l'eau d'abreuvoir, 25 mL d'eau ont été introduits dans 225 mL d'eau Peptonée Tamponnée et le mélange a été incubé à 37°C pendant 6h. Pour l'œuf, l'échantillon a été nettoyé préalablement avec de l'alcool (70°) et a été cassé de façon aseptique, avec un couteau de table en inox. Le contenu de l'œuf a été

recueilli dans une burette stérile homogénéisé, puis 10 mL ont été prélevés à l'aide d'une pipette graduée (stérile) et additionnés à 90 mL d'eau Peptonée Tamponnée. Le mélange a été incubé à 37°C pendant 18 à 24h.

2.2.4.2. Enrichissement sélectif

A partir du milieu de pré-enrichissement, 1 mL et 0,1 mL de culture ont été respectivement transférés pour enrichissement dans 10 mL de bouillon de Mueller-Kaufmann au Tétrathionate et Novobiocine (Merck, Darmstadt, Allemagne) et 10 mL de bouillon Rappaport-Vassiliadis modifié au peptone de soja/chlorure de magnésium/vert malachite (bouillon RVS) (Biokar Diagnostics, Beauvais, France) et incubés respectivement à 37 °C et 42 °C pendant 24 h.

2.2.4.3. Isolement sélectif

L'isolement des souches recherchées a été réalisé sur géloses *Salmonella-Shigella* ou SS (Biokar Paris, France) et Hecktoen (Bio-Rad, Beauvais, France). Les cultures ont été incubées à 37°C pendant 24 heures (**Le Minor et Popoff, 1986**). Dans le cas de l'eau d'abreuvoir, 250 mL du mélange issu du pré-enrichissement ont été filtrés sur une membrane millipore (HA) de 0,45µm de porosité. Le filtre est déposé à la surface d'une gélose Hektoen et l'ensemble de la préparation a été incubée à 37°C pendant 18 à 24 heures (**Le Minor et Popoff, 1986**). Les cultures sur SS et Hektoen en boîtes de Pétri ont ensuite été examinées. Deux à trois colonies caractéristiques: colonies à contours réguliers, vertes à nuances bleuâtres et/ou non à centres noirs sur Hektoen ont été prélevées et réensemencées sur une gélose nutritive en vue d'obtenir des cultures pures. Les colonies caractéristiques sur SS ont aussi été prélevées et réensemencées sur une gélose nutritive. L'incubation a été réalisée à 37°C pendant 24 h.

2.2.4.4. Détermination des caractères morphologiques

Les caractères morphologiques des bactéries ont été déterminés à l'état frais par lecture de préparation entre lame et lamelle au microscope optique à l'objectif X40 (Olympus CH2, France). Une coloration de Gram a ensuite été réalisée. Pour la coloration de Gram, un frottis de culture sur lame a été coloré selon la procédure

classique de Gram et une lecture a été effectuée au microscope à immersion à l'objectif X100.

La description des caractères morphologiques, caractéristique des bactéries suspectes a été réalisée. Ces bactéries se présentent sous forme de bâtonnets aux bouts arrondis et colorés en rose (Gram -).

2.2.4.5. Recherche des enzymes respiratoires

La technique a consisté en la mise en évidence à partir de colonies suspectes, de cytochrome C oxydase et de la catalase. Pour l'oxydase, une colonie pure de souches suspectes a été prélevée mis en contact avec un disque d'oxydase, imprégné de N, N, N', N'-Tetraméthyl-p-phenylenediamine dihydrochloride. L'apparition d'une coloration brun-violet traduit la présence de cytochrome C oxydase.

Pour la mise en évidence de la catalase, une goutte d'eau oxygénée à 3% a été déposée sur une lame porte-objet, propre et sèche, puis un inoculum de souches présomptives y a été mélangé. L'apparition de bulles et le dégagement gazeux de dioxygène indiquent une réaction positive à la catalase.

2.2.4.6. Recherche de la β -D galactosidase

Un disque imprégné d'Ortho-Nitro-Phényl- β -D Galactopyranoside (ONPG) a été introduit dans un tube à hémolyse contenant 0,5 mL d'une suspension dense de bactéries en eau physiologique (tamponnée à pH 7,2). La suspension a été additionnée de deux gouttes de toluène. L'incubation a été réalisée à 37°C pendant 24 heures. Les bactéries produisant une β -D-glucosidase ont donné une coloration jaune au milieu.

2.2.4.7. Recherche de l'uréase, d'indole et de Tryptophane désaminase

La recherche de l'uréase, d'indole et du tryptophane désaminase s'est effectuée par culture de souche dans le milieu urée-indole de Fergusson selon **Le Minor et Richard (1993)**. Le milieu urée-indole a étéensemencé à partir de colonie isolée sur gélose nutritive et incubé à 37°C pendant 24h. Un virage du milieu du jaune-orangé au rouge traduit la production d'uréase. La révélation de la production d'indole s'est faite par addition à la culture de 24h, du réactif de Kovacs.

L'apparition d'un anneau rouge en surface traduit une réaction positive. L'addition de perchlorure de fer au milieu de culture de 24h a permis la mise en évidence de tryptophane désaminase (TDA). Un virage du milieu au rouge brun traduit une réaction positive.

2.2.4.8. Recherche de l'utilisation du carbone du citrate

Le milieu Citrate de Simmons a été ensemencé par une strie longitudinale, à partir d'une colonie de 24h sur gélose nutritive, puis la culture a été incubée pendant 24 heures à 37°C. Lorsqu'il y a une croissance de souche et/ ou un virage de l'indicateur du pH du vert au bleu, cela traduit une réaction positive.

2.2.4.9. Recherche de l'utilisation du glucose, du lactose et production de gaz

Le milieu de Kligler-Hajna (BioRad, Paris, France) a été ensemencé à partir d'une colonie pure. L'incubation a été réalisée à 37°C pendant 18 à 24 h. Le milieu de Kligler-Hajna est initialement rouge. La métabolisation du glucose et du lactose se traduit respectivement par un virage du rouge-orangé au jaune du milieu dans la partie culot et pente. A partir du sulfate ferreux (FeSO₄) contenu dans le milieu, le sulfure d'hydrogène réagit avec les ions fer III (Fe³⁺) pour former un précipité noir de sulfure d'hydrogène (H₂S+). La production de gaz (H₂, CO₂), résulte de la fermentation, qui se traduit par l'apparition de bulles ou par la fragmentation de la gélose.

2.2.4.10. Fermentation du mannitol et réduction des nitrates en nitrites

Le milieu mannitol-mobilité-nitrate (BioRad, Paris, France) a été ensemencé par piqûre centrale à partir d'une colonie pure prélevée sur gélose nutritive. La fermentation du mannitol se traduit par le virage du milieu, du rouge au jaune. La réduction des nitrates est visualisée après avoir additionné des réactifs de nitrite 1 et 2. La mobilité a été observée à travers un milieu trouble qui signifie une migration des bactéries de la piqure centrale vers la périphérie du tube.

2.2.4.11. Interprétation des résultats

Les souches qui ont présenté les caractères suivants: Bacille à Gram négatif à ciliatures péritriches, catalase+, oxydase-, nitrate réductase+, Glucose + avec gaz, lactose-, ONPG -, LDC +, H₂S +, citrate de Simmons +, indole -, urée-, TDA-, Mannitol+, ont été considérées comme des souches de *Salmonella*.

2.2.5 Identification biochimique par la Galerie API 20E

L'identification des souches de *Salmonella* a été confirmée par la galerie API 20 E. Pour la réalisation de l'identification par la galerie API 20 E, des colonies de 24 heures obtenues sur gélose Nutritive (BioRad, Paris, France) ont été utilisées. Une suspension a été préparée et les cupules du système API 20 E ont été ensemencées selon les instructions du fabricant. Après culture, la plaque API 20 E a été incubée à 37°C pendant 24 heures. La lecture et l'interprétation ont été faites en se référant au catalogue analytique API 20 E (BioRad, Paris, France).

2.2.6. Antibiogramme

La détermination de la résistance des souches aux antibiotiques a été réalisée en utilisant la méthode de diffusion en milieu gélosé Mueller-Hinton (Bio-Rad, Marnes-la-Coquette, France), selon les recommandations du Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM, 2013).

L'inoculum a été préparé à partir d'une culture de 18 à 24 heures sur milieu gélosé nutritive (Bio-Rad, Marnes-la-Coquette, France). La suspension bactérienne a été préparée en bouillon Mueller-Hinton de densité équivalente au standard Mc Farland 0,5 (~ 10⁸ UFC/mL) (CA-SFM, 2013). Les antibiotiques utilisés sont présentés dans le tableau 13. La lecture a été effectuée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (mm) après 18 à 24 heures d'incubation à 37°C et l'interprétation de la résistance des souches bactériennes en catégories sensibles (S) ou résistant (R) a été réalisée suivant les recommandations du CA-SFM (2013). Les diamètres critiques des différents antibiotiques se trouvent en annexe VIII.

Tableau 13: Antibiotiques utilisés et leurs charges respectives

Familles	Sous-familles	Antibiotiques	Abréviations	Charges (µg)
β-lactamines	Aminopénicilline	Ampicilline	AM	10
	Aminopénicilline + inhibiteur de β-lactamases	Amoxicilline + Acide clavulanic,	AMC	20 +10
	Carboxypénicillines	Ticarcilline	TIC	75
	Céphalosporines 1ère Génération	Céfalotine	CF	30
	Céphalosporines 3ème Génération	Cefotaxime Cefoxitine	CTX FOX	30 30
	Carbapénème	Imipénème	IPM	10
	Monobactam	Aztréonam	ATM	30
	Aminosides		Kanamycine Gentamicine	K GM
Phenicolés		Chloramphénicol	C	30
Cyclines		Tétracycline	TE	30
Polypeptides		Colistine	CS	50
Quinolones	1ère génération	Acide nalidixique	NA	30
	Fluoroquinolones: 2ème génération	Pefloxacine	PEF	5
	Fluoroquinolones: 3ème génération	Ciprofloxacine	CIP	5
Trimetoprim		Triméthoprim + Sulfaméthoxazole	SXT	1,25 + 23,75

(Source, CA-SFM, 2013)

2.2.7. Sérotypage des souches de *Salmonella*

Le sérotypage des souches de *Salmonella* a été réalisé selon le schéma défini par Kaufmann et White, puis revu par Le Minor (**Le Minor et Popoff, 1987 et 1997**). Un test d'auto-agglutination a été réalisé avec de l'eau physiologique, en vue de s'assurer que les souches ne sont pas en phase rugueuse ou auto agglutinable. La recherche des sérogroupes a été réalisée en utilisant les sérums polyvalents OMA, OMB, OMC. Les sérotypes ont ensuite été déterminés en utilisant les sérums monovalents anti O (Bio-Rad, France) pour l'antigène somatique et enfin les sérums anti H, soit HMA, HMB, HMC et H1 (Bio-Rad, France) pour l'antigène flagellaire.

La recherche de l'antigène flagellaire a été faite en deux étapes. La 1^{ère} étape a été réalisée directement après la détermination de l'antigène somatique, puis la deuxième phase flagellaire a été réalisée à partir de la gélose Sven-Gard (Bio-Rad, France) additionnée de l'anti sérum de la 1^{ère} phase flagellaire. La démarche du sérotypage a été réalisée suivant les schémas des Figures 8 et 9, respectivement pour l'antigène somatique «O» et pour l'antigène flagellaire «H».

Le tableau de Kaufmann-White (**CNRSS, 2007**) a été utilisé pour la détermination de la formule antigénique, qui permet de nommer la souche. Lorsque la formule antigénique de la souche est incomplète, aucun nom de sérotype ne peut être attribué à la souche (**Le Minor et Popoff, 1997; Patrick et al., 2007**).

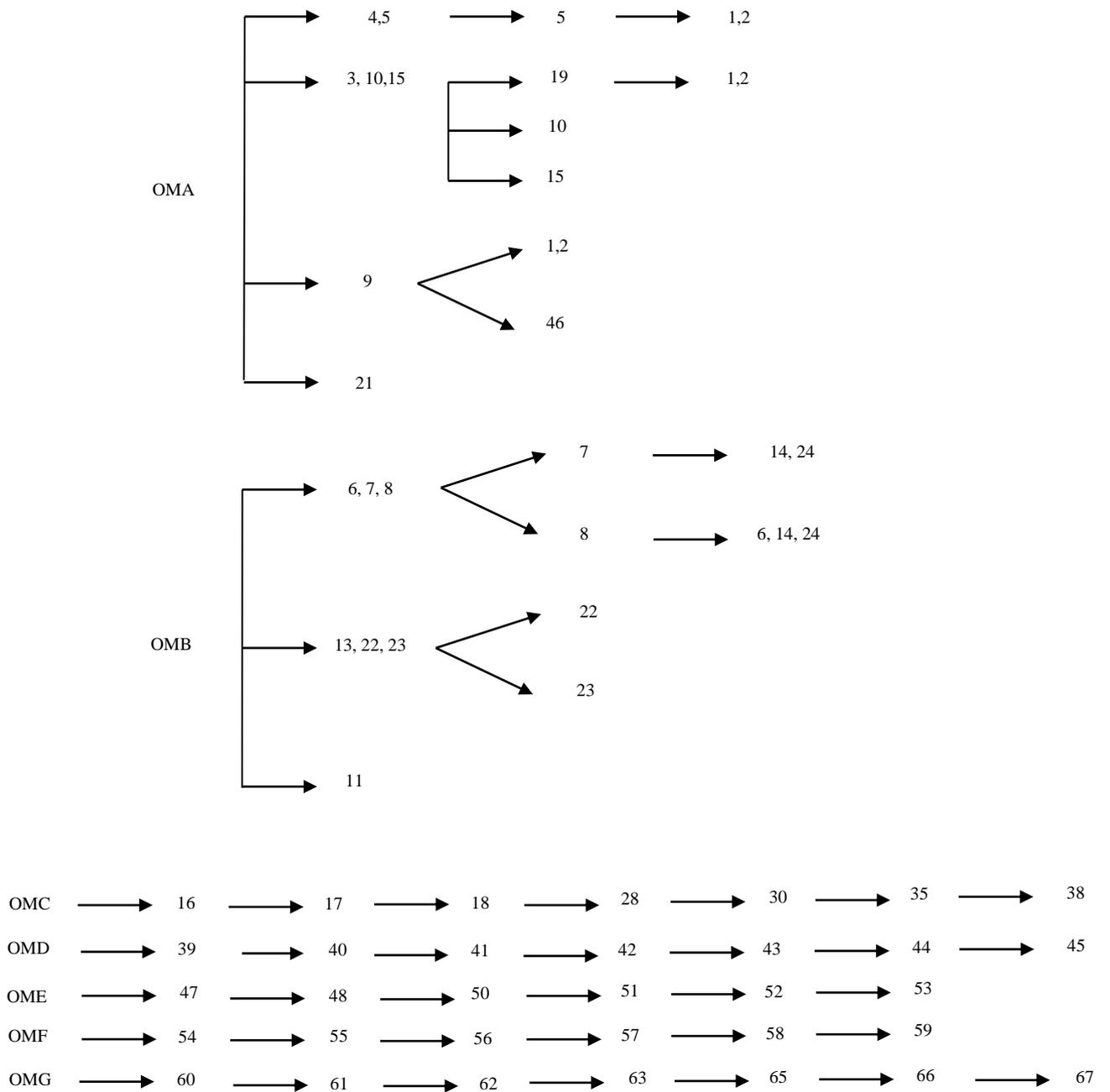


Figure 8: Schéma de sérotypage des souches de *Salmonella* spp. par la recherche de l'antigène somatique «O».

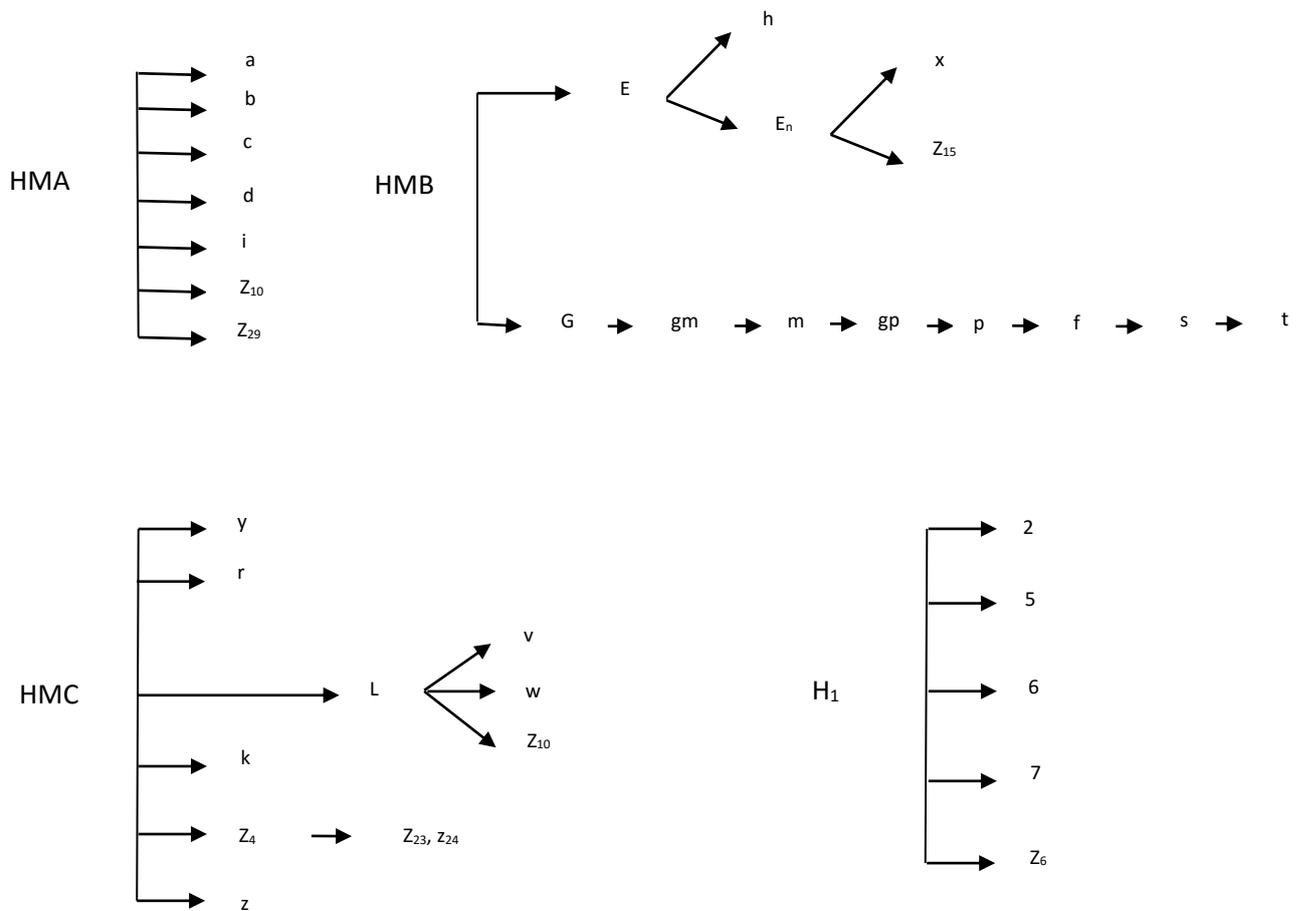


Figure 9: Schéma de sérotypage des souches de *Salmonella* par la recherche de l'antigène flagellaire «H».

2.3. Détection et caractérisation de *Salmonella* chez l'homme

2.3.1. Enquête consommation de produits aviaires et coproculture

Au cours de l'étude, un questionnaire préalablement élaboré a été renseigné par les patients, avec leur consentement. Il a porté sur le dernier repas pris avant la survenue de la diarrhée ou des embarras gastriques.

Les prélèvements d'échantillons biologiques constitués de selles humaines pour la recherche de *Salmonella* ont été précédés d'une enquête, faite de renseignements relatifs au dernier repas consommé avant la survenue de diarrhée.

2.3.1.1. Critères d'inclusion des patients

Les patients inclus dans cette étude présentaient le profil suivant: (1) Il s'agit des enfants âgés d'au moins trois ans et des adultes de dix-huit ans et plus; (2) ils provenaient de l'une des communes Abobo, Cocody, Port-Bouët, Yopougon et Adjamé; (3) Ils ont été reçus au laboratoire de bactériologie du CeDReS pour un examen bactériologique de selles consécutif à une diarrhée suspectée d'être infectieuse; (4) la fiche d'enquête-consommation sur le dernier repas pris avant la survenue de troubles digestifs chez ces patients a été régulièrement renseignée.

2.3.1.2. Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon N est déterminée suivant la formule précédente (1) et en tenant compte de travaux précédents relatifs à la prévalence de *Salmonella* dans les gastro-entérites en Côte d'Ivoire. En effet selon les travaux de **Dosso et al. (1998)**, 5% des échantillons de selles diarrhéiques en Côte d'Ivoire, contenaient des souches de *Salmonella*. En se basant sur cette prévalence, l'estimation de la taille minimale de l'échantillon est égale à 580. Dans le cas de cette étude, un total de 630 échantillons a été prélevé, en raison d'un échantillon par patient. La répartition de la population interrogée ou des échantillons prélevés a été consignée dans le tableau 14.

Tableau 14: Taille de l'échantillon de patients et leurs provenances respectives

Communes d'origine	Enfants (3-17 ans)	Adultes (≥ 18 ans)	Total
Abobo	81	41	122
Cocody	27	94	121
Port-Bouët	15	89	104
Yopougon	45	73	118
Adjamé	59	106	165
Total	227	403	630

2.3.2. Recherche de *Salmonella* dans les selles

2.3.2.1. Prélèvements et Transport

Les échantillons de selles ont été obtenus des prélèvements effectués par les patients eux-mêmes. Les selles ont été conditionnées dans des flacons (ou pots) stériles de 50 mL. Après recueil des prélèvements, les échantillons de selles ont été acheminés à l'unité de bactériologie du laboratoire pour analyse dans un délai qui n'excédait pas 2 heures.

2.3.2.2. Isolement et identification des souches

Les échantillons de selles, ont étéensemencés sur la gélose Hektoen (Biokar, Beauvais, France) et sur la gélose *Salmonella-Shigella* SS (Biokar Diagnostics, France). Une suspension de l'échantillon a été réalisée dans un bouillon EPS (Difco, le Pont de Claix, France) et incubée à 37°C pendant 24 heures pour réaliser un enrichissement. Au terme du temps d'incubation, une culture a été effectuée sur la gélose Hektoen et sur la gélose SS, à partir de la suspension de 24 heures.

L'ensemble a été incubé à 37°C pendant 24 heures. L'identification des colonies caractéristiques a été réalisée suivant la méthode décrite précédemment. La confirmation de l'identification des souches suspectées de *Salmonella* a été effectuée en utilisant la galerie API 20 E.

2.3.2.3. Antibiogramme et sérotypage des souches

La réalisation de l'antibiogramme et du sérotypage des souches de *Salmonella* isolées des échantillons de selles a été effectuée selon la méthode décrite précédemment.

2.4. Relation clonale entre souches de *Salmonella* isolées

La relation clonale recherchée a consisté à une analyse comparative du profil moléculaire par ERIC-PCR des souches de *Salmonella* de même sérotype. Le lien entre les souches provenant d'écosystèmes aviaires et celles isolées au cours de diarrhées infectieuses a été particulièrement recherché.

2.4.1. Typage moléculaire des souches par ERIC-PCR

Les différents isolats ont été caractérisés par ERIC-PCR selon la méthode de **Versalovic *et al.* (1991)**. Le principe de cette méthode est de révéler la variabilité de l'ensemble du génome bactérien par la position de la séquence ERIC sur l'Acide désoxyribonucléique (ADN) selon les espèces (**Hulton *et al.*, 1991**). Il s'agit d'analyser le génome des bactéries appartenant à des groupes proches ou éloignés et de rendre compte de la position des séquences ERIC, caractéristique de chaque espèce bactérienne (**Wei *et al.*, 2004**).

2.4.1.1 Extraction de l'ADN

L'ADN de toutes les souches de *Salmonella* a été extrait par la méthode décrite par **Torres *et al.* (1996)**. La concentration de l'ADN a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (Nano Drop Technologies, USA).

2.4.1.2. Amplification génique par PCR du gène ERIC

Une réaction de polymérisation en chaîne (PCR) visant l'amplification de gène cible sur l'ADN a été réalisée selon la méthode décrite par **Asensio (2007)**. Un milieu réactionnel de 50µL a été préparé pour chaque souche-test et pour la souche de référence utilisée comme témoin positif. Le milieu réactionnel était composé de 30,5µL d'eau PCR (Analar NORMAPUR; PROLABO, France), 4µL de dNTP (EUROBIO, France), de 4 µL de Mgcl₂, de 5 µL de tampon TBE, de 1 µL d'amorce ERIC 1R et ERIC 2 (SIGMA-Aldrich, Canada), de 0,5 µL de Taq polymérase (EUROBIOTAQ ADN Polymerase, France) et de 5µL d'ADN matrice.

Le couple d'amorce utilisé dans cette étude a été défini à partir des séquences connues et répétées du génome de *Salmonella* (**Versalovic et al., 1991**). Il est présenté dans le tableau 15. Le volume réactionnel de 50µL obtenu, a été homogénéisé par vortex et la préparation a été introduite dans un Thermocycleur (PTC-200 de MJ Research, USA). Le programme d'amplification se composait d'une dénaturation initiale de 3min à 95°C, d'un ensemble de 35 cycles composé de réactions de dénaturation (1min à 95°C), d'hybridation (1min à 64°C) et une élongation (2 min à 72°C). Une dernière phase d'élongation terminale a été effectuée pendant 5 min à 72°C.

Tableau 15: Séquences des amorces oligonucléotidiques utilisées

Amorces	Séquences oligonucléotides 5' →3'	Taille des fragments (pb)	Source
ERIC 1R	ATGTAAGCTCCTGGGGATTAC	210 pb	Versalovic
ERIC 2	AAGTAAGTGACTGGGGTGAGCG	325 pb	et al., 1991

pb: paire de bases

2.4.2. Electrophorèse en gel d'agarose

Les produits de la PCR ont été séparés par électrophorèse en gel d'agarose à 2 % contenant du Bromure d'ETHidium (BET) (Bio-Rad, France) à la concentration finale de 1g/mL, et tamponnés avec du TBE 1X (**Westermeier, 1997**). L'agarose a été préparé à la concentration finale de 0,5 µg/mL. Le gel obtenu a été coulé dans un

support à gel. Un peigne pour la formation des puits a été disposé et laissé jusqu'à opacification homogène du gel à l'abri de la lumière pendant 30 minutes. Le support à gel a été placé dans une cuve d'électrophorèse et le réservoir a été rempli avec du tampon TAE 1 X (Bio-Rad, France) en quantité suffisante pour immerger le gel. Pour chaque produit d'amplification, un mélange de 15 μ L composé de 10 μ L d'amplifiât et de 5 μ L de colorant (bleu) de dépôt a été déposé dans chaque puits pour la migration électrophorétique.

2.4.2.1. Migration électrophorétique et visualisation

La migration électrophorétique des produits d'amplification a été effectuée sous une tension de 120V, à 200mA, pendant 2h. Au terme de la migration électrophorétique, le gel a été visualisé sur un transilluminateur à caméra relié (AlpaDigiDocTM RT surmonté d'un numérique OLYMPUS) à un ordinateur qui capte l'image. La taille des amplicons a été déterminée par comparaison à la taille des marqueurs de poids moléculaires standards (marqueurs EZ Load TM moléculaire 150 à 1500pb, Bio-Rad, Marnes la Coquette, France). L'évaluation de la taille des bandes sur le gel d'électrophorèse a été réalisée à partir de la co-migration avec un marqueur de poids moléculaire (Marqueur VIII: DNA Molecular Weight Marker VIII. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Allemagne). Une vue des équipements techniques qui ont été utilisés dans le laboratoire pour l'électrophorèse se trouve en annexe IX.

2.5. Analyses statistiques

Les données ont été saisies avec le logiciel IBM SPSS version 20.0 (Chicago, IL; USA) et transférées sur Excel. Le masque de saisie a été réalisé pour les différentes données. Quatre bases de données ont été créées : l'enquête dans le système de production de volaille et sur la consommation d'aliments, la recherche de *Salmonella* dans des produits aviaires et dans les selles humaines. Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel XLSTAT 2014.1. Les statistiques descriptives (Fréquence, moyenne Ecart-type) ont été utilisées pour les variables quantitatives. Le test de Khi 2 a été utilisé pour tester les relations entre les différentes variables notamment la présence de *Salmonella* par matrice, par patient, par site et par commune. La différence entre les variables a été considérée comme significative (pour $P < 0,05$) avec un seuil $\alpha = 0,05$.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES DE PRODUCTION DE VOLAILLES

1.1. Caractéristiques des fermes avicoles (N=20)

1.1.1. Environnement des fermes

Les caractéristiques de l'environnement des fermes sont réparties entre deux groupes de fermes: celles dont la taille est inférieure à 3000 têtes (taille 1) et celles dont la taille est supérieure à 3000 têtes (taille 2). Les fermes se caractérisent en général par une présence de rongeurs (rats, souris...), d'insectes et de reptiles, aussi appelés animaux nuisibles (60%). Ces fermes sont situées en général non loin des habitations (55%). Parmi les fermes étudiées, certaines étaient à proximité de voies à circulation (20%), d'une décharge (15%) ou d'un abattoir (10%). Les fermes de la commune d'Adjamé sont plus proche des habitations (20) que celles des communes de Cocody et de Yopougon (Tableau 16).

Tableau 16: Caractéristiques de l'environnement des fermes

Indicateurs	Fermes concernées par commune N (%)					Total N (%)
	Abobo	Cocody	Port- Bouët	Yopougon	Adjamé	
Près d'habitation	3 (15)	1 (5)	2 (10)	1 (5)	4 (20)	11 (55)
Cours d'eau	0 (0)	2 (10)	2 (10)	1 (5)	0 (0)	5 (25)
Accès d'animaux nuisibles	3 (15)	2 (10)	2 (10)	2 (10)	3 (15)	12 (60)
Animaux en divagation	2 (10)	2 (10)	1 (5)	2 (10)	1 (5)	8 (40)
Elevage en couverture totale	3 (15)	3 (15)	2 (10)	3 (15)	3 (15)	14 (70)
Proximité de voie à grande circulation	1 (5)	0 (0)	0 (0)	1 (5)	2 (10)	4 (20)
Près d'une décharge	0 (0)	2 (10)	0 (0)	0 (0)	1 (5)	3 (15)
Près d'abattoir	1 (5)	0 (0)	1 (5)	0 (0)	0 (0)	2 (10)

1.1.2. Caractéristiques des locaux de volailles dans les fermes

Les installations qui abritent la volaille sont telles que dans la majorité des fermes et surtout celles de taille 1, il n'y a qu'un seul bâtiment (55%). Le sol est fait en béton dans 70% des cas et la litière est faite de copeaux de bois (85%). Les fermes de taille 2 utilisent tous une litière faite de copeaux de bois. Très peu d'installations sont protégées par une clôture (25%); au niveau des fermes de taille 1, aucune ferme ne possède une clôture (Tableau 17).

Tableau 17: Caractéristiques des locaux dans les fermes avicoles

Indicateurs de qualité	Fermes de taille 1 N (%)	Fermes de taille 2 N (%)	Total de fermes N (%)
Nombre de bâtiments			
1 bâtiment	11 (55)	1 (5)	12 (60)
2 bâtiments et plus	3 (15)	5 (25)	8 (40)
Sol			
Béton	9 (45)	5 (25)	14 (70)
Terre battue	5 (25)	1 (5)	6 (30)
Litière			
Copeaux de bois	11(55)	6 (30)	17 (85)
Son de riz	3 (15)	0 (0)	3 (15)
Clôture			
Présence	0 (0)	5 (25)	5 (25)
Absence	14 (70)	1 (5)	15 (75)

1.1.3. Dispositifs sanitaires

Les mauvaises conditions d'hygiène et de sécurité sanitaire observées dans les fermes nécessitent la présence d'un minimum d'installations et d'instruments. Dans l'ensemble, 55% des fermes possèdent des désinfectants et 60% des détergents. Cette observation montre que des fermes accordent plus d'importance au détergent et moins aux désinfectants. Toutefois, certaines fermes manquent de lavabos (55%) et de toilettes (75%) (Tableau 18).

Tableau 18: Comparaison du dispositif sanitaire dans les fermes de taille 1 et 2

Indicateurs	Fermes T1 N (%)	Fermes T2 N (%)	Total N (%)
Toilettes	9 (45)	6 (30)	15 (75)
Lavabos	7 (35)	4 (20)	11 (55)
Détergent	7 (35)	5 (25)	12 (60)
Désinfectant	8 (40)	3 (15)	11 (55)

T1: Ferme de taille 1; T2: Ferme de taille T2

1.1.4. Mesures sanitaires

L'application des mesures sanitaires concernant le nettoyage de l'environnement. Elle est assurée dans la grande majorité des fermes (80%). Cependant, plusieurs exploitations (40%) se caractérisent par une densité de la volaille au-delà de 11 poulets par m² et aucune visite de vétérinaire n'est enregistrée dans 55% des fermes (tableau 19). Les mesures sanitaires sont de façon générale moins suivies, aussi bien dans les fermes de taille 2 que celles de taille 1.

Tableau 19: Comparaison de la pratique des mesures sanitaires dans les fermes de taille 1 et 2

Indicateurs de qualité	Fermes de taille 1 N (%)	Fermes de taille 2 N (%)	Total N (%)
Nettoyage de l'environnement			
Effectué	12 (60,0)	4 (20,0)	16 (80,0)
Non effectué	2 (20,0)	2 (10,0)	4 (20,0)
Densité de la volaille			
8 à 10/m ²	8 (40,0)	4(20,0)	12 (60,0)
≥11/m ²	6 (30,0)	2(10,0)	8 (40,0)
Suivi vétérinaire			
Aucune visite	8 (40,0)	3 (15,0)	11 (55,0)
Au moins une visite	6 (30,0)	3 (15,0)	9 (45,0)

1.2. Hygiène du personnel des fermes

Dans la plupart des fermes (80%), qu'elles soient de taille 1 ou 2, le nombre d'employés n'excède pas deux. Le changement de vêtement et de bottes interviennent au moins une fois dans la semaine dans la majorité des fermes (60%). Le personnel ne se lave pas les mains de façon hygiénique (50%) après usage des toilettes (Tableau 20).

Tableau 20: Pratique du personnel dans les fermes

Personnel et pratiques	Elevage de taille T1	Elevage de taille T2	Total N(%)
Nombre d'employés			
1 à 2	9 (45,0)	7 (35,0)	16 (80)
3 et plus	1 (5,0)	3 (15,0)	4 (20,0)
Vêtements			
Changés tous les jours	0 (0,0)	2(10,0)	2 (10,0)
Changés 1 à 3 fois par semaine	9 (45,0)	3 (15,0)	12 (60,0)
Changés 1 fois par mois	4 (20,0)	1(5,0)	6 (25,0)
Autre (conserve les mêmes vêtements)	1 (5,0)	0 (0,0)	1 (5,0)
Bottes			
Désinfectées tous les jours	0 (0,0)	2 (4,0)	2 (4,0)
Désinfectées 1 à 3 fois par semaine	13 (26,0)	15 (30,0)	28 (56,0)
Désinfectées 1 fois par mois	5 (10,0)	14 (28,0)	19 (38,0)
Autre (pas de désinfection)	1 (2,0)	0 (0,0)	1 (2,0)
Toilettes			
Pas de lavage des mains après usage	3 (6,0)	2 (4,0)	5 (10,0)
Lavage des mains sans savon après usage	10 (20,0)	15 (30,0)	25 (50,0)
Lavage des mains avec du savon	3 (6,0)	10 (20,0)	13 (26,0)
Utilisation de désinfectant	1 (2,0)	6 (12,0)	7 (14,0)

N= 20

1.3. Niveau de Biosécurité des fermes à volailles

Le niveau de biosécurité des fermes a été classé selon **FAO (2004)** en quatre systèmes, allant du niveau 1 au niveau 4. Les fermes étudiées sont classées à 55% au niveau du système 2 qui correspond à un niveau moyen de biosécurité. 28,6% des fermes ont présenté un niveau de biosécurité faible, selon le référentiel de la FAO (Tableau 21).

Tableau 21: Comparaison du niveau de biosécurité des fermes avicoles

Critères de classification de biosécurité (BS)	Effectifs des fermes par système de BS (%)			
	Système 1 (+++)	Système 2 (++)	Système 3 (+)	Système 4 (+/-)
Destination des produits avicoles	10,0	50,0	40,0	0,0
Importances des intrants	15,0	50,0	35,0	0,0
Implantation	35,0	15,0	50,0	0,0
Mode d'élevage	10,0	60,0	30,0	0,0
Bâtiment	10,0	75,0	15,0	0,0
Contact avec d'autres volailles	25,0	60,0	15,0	0,0
Contact avec la faune	10,0	75,0	15,0	0,0
Total N (%)	3 (16,4)	11 (55,0)	6 (28,6)	0,0

(BS: Biosécurité; +++ élevé; ++ moyennement élevé; + faible; +/- faible ou inexistant)

1.4. Caractéristiques des marchés à volailles

L'étude fait ressortir que les marchés sont tous ouverts tous les jours de la semaine. Les lieux de vente de la volaille sont généralement provisoires (80%). Ces marchés se caractérisent par des installations qui ne répondent pas aux normes de sécurité sanitaire. Les marchés sont également marqués par la présence de rats, de souris, d'insectes et de reptiles appelés animaux nuisibles (60%), et de volaille en divagation (60%). Ces marchés servent souvent de site d'élevage de volailles (60%). Deux marchés à volailles, parmi ceux visités, sont situés à proximité de décharges à ordures des lieux de vente (Tableau 22).

Tableau 22: Caractéristiques des marchés à volailles

Indicateurs	Nombre de Marché (N)	(%)
Ouverture du marché 7/7 jours	5	100
Animaux nuisibles	3	60
Site provisoire	4	80
Animaux en divagation	3	60
Elevage d'animaux	3	60
Près d'habitation	2	40
Sol nu	2	40
Absence de vestiaires	1	20
Circulation à proximité	2	40
Près d'une décharge à ordures	2	40
**Nettoyage du marché	0	0

*L'étude a porté sur N marchés, N= 5

**le nettoyage des cages et des espaces de vente se fait de façon individuelle et intervient une fois par semaine.

1.5. Caractéristiques des abattoirs à volailles

Les abattoirs visités peuvent être classés en trois groupes, en fonction du type d'infrastructure, d'équipement présent et des animaux abattus par jour puis de l'hygiène des lieux. Ainsi, l'abattage des volailles dans ces lieux se fait à 80% à ciel ouvert. L'eau d'échaudage se renouvelle à 20% une seule fois par jour (Tableau 22).

Le groupe I se caractérise, par l'existence de locaux aménagés, de salles avec sol et murs plus ou moins carrelés, avec plumeuses de fabrication artisanale, des bacs en plastique et en aluminium respectivement pour la saignée et l'échaudage des animaux et une table de découpe. Pour le groupe II, il s'agit de volailles abattues à ciel ouvert et le lieu d'abattage plus ou moins cimenté, dont le matériel de travail est très diversifié et de fabrication artisanale. Le groupe III se caractérise par le fait que l'abattage des volailles se fait sur un sol nu dans 40% des cas, avec les mêmes équipements et les mêmes conditions de préparation des volailles que celles du groupe II. 40% de ces abattoirs ont une capacité de production inférieure à 150 animaux par jour (Tableau 23).

Tableau 23: Caractéristiques des abattoirs à volailles

Caractéristiques des abattoirs	Effectif des abattoirs par caractéristiques et par groupe			Total N(%)
	Groupe I	Groupe II	Groupe III	
<i>Construction</i>				
Bâtiment couvert	1	0	0	1 (20,0)
Installation à ciel ouvert	0	2	2	4 (80,0)
Sol et mur carrelés	1	2	0	3 (60,0)
Sol nu	0	1	1	2 (40,0)
<i>Equipements</i>				
Paillasse de découpe	1	3	1	5(100,0)
Plumeuse mécanique artisanale	1	0	0	1 (20,0)
Bac de saignée	1	2	1	4 (80,0)
Bac d'échaudage	1	2	2	5 (100,0)
<i>Production</i>				
Animaux abattus par jour entre 170 et 200	1	0	0	1 (20,0)
Animaux abattus par jour entre 150 et 170	0	2	0	2 (40,0)
Animaux abattus par jour inférieur à 150	0	0	2	2 (40,0)
<i>Hygiène des lieux</i>				
Renouvellement de l'eau d'échaudage 1 fois par jour	0	0	1	1 (20,0)
Renouvellement de l'eau d'échaudage 2 fois par jour	0	1	1	2 (40,0)
Renouvellement de l'eau d'échaudage 3 fois ou plus par jour	2	0	0	2 (40,0)
Nettoyage des surfaces (paillasse, sol, mur...)	1	1	0	2 (40,0)

1.6. Discussion

L'enquête auprès des fermes a montré une accessibilité des animaux indésirables tels que les souris, les margouillats et les rongeurs à ces installations. Il est pourtant connu que ces animaux peuvent véhiculer des agents pathogènes comme *Salmonella* (EFSA, 2008). La proximité des élevages avec les habitations est aussi un problème que rencontre la filière avicole dans 55% des cas. Cela a pour conséquence, l'influence négative de certaines activités humaines sur ces fermes, telles que le rejet des eaux usées et de tout autre produit issu des ménages. La cohabitation de l'homme avec ces animaux peut comporter le risque d'accroître la possibilité de contamination humaine, comme indiqué par la FAO (2004c).

Le nettoyage des fermes est un moyen efficace pour réduire et même éliminer certains microorganismes pathogènes. Or dans 30% des fermes, le sol est constitué de terre battue, dont le nettoyage n'offre pas de garantie dans la réduction des pathogènes. Le sol en terre battue peut offrir des conditions de température et d'humidité favorables au développement des entérobactéries dont *Salmonella*. Selon Cogan *et al.* (1999), les sols en béton sont faciles à nettoyer et à désinfecter et ne sont pas favorables à la survie et à la multiplication des bactéries.

L'absence de clôture dans 25% des installations donne libre accès à la ferme, aux animaux extérieurs tels que les bovins, ovins, dinde, chiens et chats. Cette absence de clôture au niveau des élevages peut constituer un facteur de dégradation de l'hygiène dans ces fermes. En conséquence, il pourrait avoir une incidence négative sur la production d'une part et d'autre part, représenter des causes possibles de transmission de certaines zoonoses aux volailles (Van Immerseel *et al.*, 2005; EFSA, 2008). Selon ces mêmes auteurs, un accès facile des installations avicoles aux bovins, ovins, chiens, chats, reptiles, insectes et rongeurs augmente significativement le risque de contamination. Le rôle de ces animaux dans la transmission d'entérobactéries et en particulier du genre *Salmonella* est connu et documenté (Rose *et al.*, 1999; Van Immerseel *et al.*, 2005; Arsenault et Letellier, 2007).

Il a été observé dans cette étude que malgré l'absence de clôture, des élevages ne présentaient pas de sujets contaminés. Plusieurs fermes présentaient une densité

de volaille au-dessus des taux réglementaires, mais parmi celles-ci, la fréquence de *Salmonella* dans les produits était plus faible que dans certaines fermes où la densité en volaille était faible. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de certains auteurs qui ont rapporté que la forte densité est un facteur de risque de contamination et favorise la croissance de certaines bactéries (**Kaci et al., 2001; Heyndrix et al., 2002**). Par ailleurs, **Kaci et al., (2001) et Anonyme, 2014c** ont également montré que la promiscuité est un facteur essentiel d'introduction de pathogènes dans un milieu.

Les fermes visitées ont permis de ressortir le nombre de structure dont les pratiques sont susceptibles de favoriser l'introduction de certains pathogènes comme *Salmonella* dans les fermes. La connaissance de ces pratiques permet de réduire au préalable les risques (**Arsenault et Letellier, 2007**). C'est le cas de l'hygiène corporelle. Lorsque 34% des travailleurs exercent leurs activités sans changer leur vêtement de travail, cela constitue un risque sanitaire aussi bien pour eux que pour les animaux de la ferme. Mieux, ils deviennent des sources d'entrée pour les pathogènes dans leur milieu de travail. Après un passage dans les toilettes, 10% des travailleurs n'observent pas le lavage systématique des mains. Par ailleurs, le stress et la déprime immunitaire, favoriseraient l'installation de *Salmonella* (**Gradel et Rattenborg, 2003; Letellier et al., 2006; Arsenault et Letellier, 2007**).

Le personnel doit systématiquement se laver les mains après chaque passage dans les toilettes or cette pratique n'est pas respectée dans 25% des fermes étudiées. De même, l'absence de toilette constatée est un signe d'insalubrité. Cela a pour conséquence, la genèse et la croissance de certains indicateurs d'insalubrité tels que *Shigella* et *Salmonella*. Lorsque les mains ne sont pas correctement lavées après utilisation des toilettes, elles sont susceptibles de contaminer les aliments. Elles sont ainsi, à l'origine des maladies dites du "péril fécal" ou encore appelés «maladies des mains sales» ; c'est la raison pour laquelle, **Dadié et al., (2013)** recommandent le lavage hygiénique des mains avant et après chaque activité susceptible de véhiculer un agent pathogène.

Selon **FAO, (1997)** et **Anonyme (2012)**, les souches de *Salmonella* sont des bactéries à fort pouvoir pathogène et la présence d'une seule souche de *Salmonella* dans un produit alimentaire conduit à déclarer cet aliment impropre à la

consommation. C'est pourquoi des mesures sanitaires doivent être prises pour protéger tous les produits destinés à la consommation humaine.

L'absence du suivi vétérinaire observée dans 55 % des fermes est de nature à diminuer la qualité marchande et alimentaire de la production. En effet, lors de la survenue d'une zoonose, la détection peut être tardive et le taux d'expansion de la maladie peut ne pas être maîtrisable. La santé du consommateur et son rendement au travail peuvent être affectés. Par ailleurs, le recours massif à l'usage des produits vétérinaires, considérés par des éleveurs comme une panacée face aux zoonoses, ne fait qu'augmenter le taux déjà élevé de résistance bactérienne (**Velge et al., 2005; AFSSA, 2006**).

Les fermes visitées sont classées selon **FAO, (2004)** en moyenne dans les systèmes de niveau 3 et de niveau 4. Globalement 55% des fermes sont de niveau 2. Cela montre que la filière avicole ivoirienne se modernise d'avantage. Ces constats sont étayés par les mesures prises par le ministère ivoirien de la production animale qui a placé ce secteur dans ces priorités en 2013 (**Côte d'Ivoire, 2013**).

Les marchés à volailles visités présentent généralement les mêmes caractères. Ils sont animés tous les jours, et sont majoritairement approvisionnés par des animaux venant des fermes locales. Certains animaux de ces marchés sont importés de différentes localités du pays et même de l'extérieur. Ce constat est aussi fait par **Boka, (2009)**. Ces marchés sont inondés par différentes espèces de volailles. Malheureusement, les points de ventes sont rarement ou peu aménagés selon les normes d'hygiène et de salubrité. C'est le constat qui a été fait **Koné (2007)**, dans son étude sur la contribution à l'évaluation de l'incidence socio-économique de la grippe aviaire en Côte d'Ivoire. Les volailles concernées sont les poulets de chair, les coquelets et les poulets Africains. Ils sont vendus vivants ou tués, mais dans la plupart des cas, les animaux sont vivants, c'est le même constat fait par **Essoh (2006)**, qui montre que 95,5% des animaux vendus sur les marchés sont vivants. Une des caractéristiques communes à ces marchés est la présence d'animaux nuisibles tels que les souris.

Les marchés à volailles étudiés sont à 79,2% situés sur des sites provisoires, et sont également mal entretenus et très peu aménagés. Ces marchés sont situés proches

de décharges (26,4%); souvent ils sont situés non loin des habitations, ce qui pourrait constituer une source d'insalubrité et de pollution pour les populations à cause des odeurs de fientes et des rejets de gaz dans l'atmosphère (**Norme Corpen, 2006**). Cette situation est d'autant plus préoccupante qu'elle se rencontre dans presque toutes les villes des pays de l'Afrique de l'Ouest. A l'exception du marché de gros de poissons de Dakar au Sénégal et de celui du marché de gros de Bouaké, le commerce de gros des produits alimentaires, et particulièrement des produits périssables, ne disposent ni d'aménagements spécifiques ni d'installations appropriées dans nos villes. C'est le même constat fait par **Wilhelm (1997)** à travers son étude sur l'approvisionnement et la distribution des produits alimentaires en Afrique francophone.

Conclusion partielle

Les structures de production de volailles dans les communes étudiées présentent les mêmes caractéristiques, à quelques exceptions près. Ces systèmes de production montrent bien une insuffisance de mesures de sécurité sanitaire dans les installations. Les facteurs de risques d'infection à *Salmonella* dans les produits aviaires sont réels et se résument entre autres, aux caractères précaires des installations et au non-respect des règles d'hygiène de certains acteurs de la filière. Ces fermes pourraient ainsi devenir des sources potentielles de zoonoses dont principalement les salmonelloses.

2. CARACTERISTIQUES DE *SALMONELLA* D'ORIGINE AVIAIRE

2.1. Proportion de produits aviaires contaminés par *Salmonella*

La fréquence de contamination des produits aviaires par *Salmonella* est de 15,9%. Les valeurs obtenues au niveau des gésiers, des carcasses et des œufs sont respectivement de 5,8%; 1,9% et 8,2% (Tableau 24). Les carcasses de poulet ont enregistré la plus faible fréquence de contamination qui est de 1,9%.

Tableau 24: Fréquence de contamination par *Salmonella* selon la nature des produits aviaires

Nature du produit aviaire prélevé	Nombre d'échantillons analysés	Produits contaminés	Fréquence de contamination
Œuf	500	41	8,2
Carcasse	480	9	1,9
Gésier	480	28	5,8
Total	1460	78	15,9

2.2. Fréquence d'isolement de *Salmonella* dans les produits aviaires au niveau des fermes et des abattoirs

Les souches de *Salmonella* isolées dans les fermes ont une fréquence globale faible. Cette fréquence est inférieure à celle des isolats de *Salmonella* dans les produits aviaires issus des abattoirs (5%). Cependant la taille des échantillons de produits aviaires prélevés dans les fermes est supérieure à celle des abattoirs. La fréquence de gésiers contaminés dans les abattoirs (6,3%) est supérieure à celle des gésiers contaminés (0,3%) dans les fermes (Tableau 25). Dans les abattoirs, aucun échantillon d'eau et d'œuf n'a été prélevé. Malgré la petite taille des échantillons de carcasses de poulet dans les abattoirs par rapport à celle des fermes, la fréquence isolement de *Salmonella* dans les abattoirs a été plus importante (3,8%) que celle des fermes (1,3%).

Tableau 25: Fréquence d'isolement de *Salmonella* des produits aviaires dans les fermes et abattoirs

Paramètres	Eau	Carcasses	Gésiers	Œufs	Total
Taille de l'échantillon des fermes (N)	400	320	320	400	1440
Nombre d'isolats de <i>Salmonella</i>	17	4	10	22	53
Fréquence (%)	4,3	1,3	0,3	5,5	11,4
Taille de l'échantillon des abattoirs (N)	-	80	80	-	160
Nombre d'isolats de <i>Salmonella</i>	-	3	5	-	8
Fréquence (%)	-	3,8	6,3	-	10,1

(-) Absence de prélèvement

2.3. Fréquence de *Salmonella* dans les produits aviaires du marché

L'ensemble des prélèvements effectués donne une fréquence de *Salmonella* de 19% dans les œufs, 16,3% dans les gésiers et 2,5% dans les carcasses de poulet. En comparant les différents produits, il ressort que la fréquence d'isolement de *Salmonella* dans les œufs est supérieure à celle des autres produits (Tableau 26).

Tableau 26: Fréquence de *Salmonella* dans les produits aviaires au niveau des marchés

Paramètres	Eau	Carcasses	Gésiers	Œufs	Total
Taille de l'échantillon des marchés (N)	-	80	80	100	260
Nombre d'isolats de <i>Salmonella</i>	-	2	13	19	34
Fréquence (%)	-	2,5	16,3	19,0	13,1

(-) Absence de prélèvement

2.4. Répartition des souches de *Salmonella* d'origine aviaire

2.4.1. Répartition des souches de *Salmonella* issues des œufs, des gésiers et des carcasses de poulet

Le taux de positivité des souches bactériennes en fonction de la matrice et des sites indique que les couples œuf-fermes (23,2%) et gésier-marchés (13,6%), sont les plus importants (Tableau 27).

Tableau 27: Répartition des isolats de *Salmonella* en fonction de la matrice aviaire, par site.

Matrices	Sites			
	5 Marchés	20 Fermes	5 Abattoirs	Total
Œuf	19 (20,0)	22 (23,2)	-	41 (43,2)
carcasse	2 (2,1)	4 (4,2)	3 (3,2)	9 (9,5)
gésier	13 (13,6)	10 (10,5)	5 (5,4)	28 (29,5)
Eau abreuvoir	-	17 (17,8)	-	17 (17,8)
Total	34 (35,7)	53 (55,7)	8 (8,6)	95 (100,0)

(-) Absence de prélèvement

2.4.2. Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés de produits aviaires

Les sérotypes de *Salmonella* isolés étaient au nombre de 17. Ils variaient d'une matrice à une autre. Les sérotypes régulièrement rencontrés étaient: *S. Hadar*, *S. Virchow*, *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis*, et *S. Gallinarum*. Le sérotype le plus observé a été *S. Hadar* avec un taux de 19,2%. L'œuf est la matrice aviaire qui a enregistré le plus d'isolats (52,6%) (Tableaux 28). Les souches de *Salmonella* ont été isolées dans toutes les communes. L'analyse statistique des résultats montre que l'isolement de *Salmonella* est dépendant de la matrice mais indépendante des communes (Tableau 29).

Tableau 28: Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés de la matrice aviaire

Sérotypes	Nombre de souches de <i>Salmonella</i> par matrice			Nombre total de souches N (%)
	Carcasse de poulet	Œuf	Gésier de poulet	
<i>S. Agona</i>	1	1	0	2 (2,6)
<i>S. Albany</i>	0	1	1	2 (2,6)
<i>S. Dublin</i>	0	1	0	1 (1,3)
<i>S. Enteritidis</i>	1	7	2	10 (12,8)
<i>S. Farmsen</i>	0	1	0	1 (1,3)
<i>S. Gallinarum</i>	1	4	2	7 (9,0)
<i>S. Hadar</i>	2	4	9	15 (19,2)
<i>S. Heidelberg</i>	0	2	2	4 (5,1)
<i>S. Infantis</i>	1	0	1	2 (2,6)
<i>S. Kentucky</i>	0	3	3	6 (7,7)
<i>S. Lagos</i>	0	2	0	2 (2,6)
<i>S. Montevideo</i>	0	1	1	2 (2,6)
<i>S. Rissen</i>	0	0	1	1 (1,3)
<i>S. Saintpaul</i>	0	0	1	1 (1,3)
<i>S. Takoradi</i>	0	1	0	1 (1,3)
<i>S. Typhimurium</i>	1	7	2	10 (12,8)
<i>S. Virchow</i>	2	6	3	11 (14,1)
TOTAL	9 (11,5)	41 (52,6)	28 (35,9)	78 (100)

P = 0,002; P < 0,05

Tableau 29: Sérotypes de *Salmonella* isolés selon l'origine géographique des échantillons

Sérotypes	Communes					Total
	Abobo	Adjamé	Yopougon	Cocody	Port-Bouët	
<i>S. Agona</i>	2	0	0	0	0	2
<i>S. Albany</i>	0	0	0	2	0	2
<i>S. Dublin</i>	0	0	1	0	4	5
<i>S. Enteritidis</i>	1	2	3	1	0	7
<i>S. Farmsen</i>	1	0	0	0	0	1
<i>S. Gallinarum</i>	1	2	1	2	5	11
<i>S. Hadar</i>	2	4	4	1	4	15
<i>S. Heidelberg</i>	1	2	0	1	0	4
<i>S. Infantis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>S. Kentucky</i>	2	2	0	1	0	5
<i>S. Lagos</i>	0	0	1	0	0	1
<i>S. Montevideo</i>	0	0	0	1	0	1
<i>S. Rissen</i>	0	0	0	0	0	0
<i>S. Saintpaul</i>	0	0	0	1	0	1
<i>S. Takoradi</i>	1	0	0	0	0	1
<i>S. Typhimurium</i>	3	2	2	1	0	8
<i>S. Virchow</i>	4	1	0	3	5	13
TOTAL N (%)	19 (24,4)	15 (19,2)	12 (15,4)	14 (17,9)	18 (23,1)	78 (100)

P=0,794 ; P > 0,005

2.4.3. Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés des produits aviaires à Abobo

La répartition des souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires à Abobo a donnée 11 sérotypes différents; 57,9% de ces sérotypes étaient issus des œufs. *S. Virchow* est apparu comme le sérotype le plus isolé (21,1%). Les sérotypes *S. Typhimurium*, *S. Hadar*, *S. Agona* et *S. Kentucky* ont été isolés au moins une fois. *S. Typhimurium* et *S. Hadar* ont été isolés uniquement dans le gésier de poulet (Tableau 30). L'analyse statistique montre que l'isolement de *Salmonella* est indépendant à la commune d'Abobo ($P > \alpha$).

Tableau 30: Répartition des souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires de la commune d'Abobo

Sérotypes de <i>Salmonella</i> à Abobo	Nombre de souches par matrice			Nombre total de souches
	Œuf	Carcasse de poulet	Gésier de poulet	
<i>S. Agona</i>	1	1	0	2 (10,5)
<i>S. Enteritidis</i>	0	0	1	1 (5,3)
<i>S. Farmsen</i>	1	0	0	1 (5,3)
<i>S. Gallinarum</i>	1	0	0	1 (5,3)
<i>S. Hadar</i>	0	0	2	2 (10,5)
<i>S. Heidelberg</i>	1	0	0	1 (5,3)
<i>S. Infantis</i>	0	1	0	1 (5,3)
<i>S. Kentucky</i>	1	0	1	2 (10,5)
<i>S. Takoradi</i>	1	0	0	1 (5,3)
<i>S. Typhimurium</i>	2	0	1	3 (15,8)
<i>S. Virchow</i>	3	0	1	4 (21,1)
Total N (%)	11 (57,9)	2 (10,5)	6 (31,6)	19 (100)

P=0,06; P > 0,05

2.4.4. Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés des produits aviaires de la commune de Cocody

Les souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires au cours de cette étude, dans la commune de Cocody étaient différentes. La fréquence des isolats de *Salmonella* dans les œufs était identique à celle des gésiers; dans l'ensemble 14 souches de *Salmonella* ont été isolées. Ces isolats étaient répartis en 10 sérotypes différents. *S. Virchow* a été retrouvé à la fois dans les œufs, les gésiers et dans les carcasses de poulet (Tableau 31). L'analyse statistique montre que l'isolement de *Salmonella* est indépendant à la commune de Cocody ($P > \alpha$).

Tableau 31: Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés dans la commune de Cocody

Sérotypes de <i>Salmonella</i> à Cocody	Nombre de souches par matrice			Nombre total de souches N (%)
	Œuf	Carcasse de poulet	Gésier de poulet	
<i>S. Albany</i>	1	0	1	2 (14,3)
<i>S. Enteritidis</i>	1	0	0	1 (7,1)
<i>S. Gallinarum</i>	0	1	1	2 (14,3)
<i>S. Hadar</i>	0	0	1	1 (7,1)
<i>S. Heidelberg</i>	0	0	1	1 (7,1)
<i>S. Kentucky</i>	1	0	0	1 (7,1)
<i>S. Montevideo</i>	1	0	0	1 (7,1)
<i>S. Saintpaul</i>	0	0	1	1 (7,1)
<i>S. Typhimurium</i>	1	0	0	1 (7,1)
<i>S. Virchow</i>	1	1	1	3 (21,4)
Total N (%)	6 (42,9)	2 (14,2)	6 (42,9)	14 (100)

$P= 0,17$; $P > 0,05$

2.4.5. Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés des produits aviaires de la commune de Port-Bouët

La répartition des souches de *Salmonella* des produits aviaires de la commune de Port-Bouët a donné cinq sérotypes différents. La fréquence d'isolement d'un sérotype a été sensiblement la même d'une souche à une autre. Dans la commune de Port-Bouët, un grand nombre de souches a été isolé de l'œuf (56,5%). *S. Virchow* a été isolé à la fois dans toutes les trois matrices (Tableau 32). L'analyse statistique montre que l'isolement de *Salmonella* est indépendant à la commune de Port-Bouët ($P > \alpha$).

Tableau 32: Répartition des souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires de la commune de Port-Bouët

Sérotypes de <i>Salmonella</i> à Port-Bouët	Nombre de souches par matrice			Nombre total de souches N (%)
	Œuf	Carcasse de poulet	Gésier de poulet	
<i>S. Dublin</i>	3	1	0	4 (22,2)
<i>S. Gallinarum</i>	2	0	3	5 (27,8)
<i>S. Hadar</i>	2	0	2	4 (22,2)
<i>S. Virchow</i>	3	1	1	5 (27,8)
Total N (%)	10 (56,5)	2 (11,1)	6 (33,3)	18 (100)

$P = 0,09$; $P > 0,05$

2.4.6. Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés des produits aviaires à Yopougon

La répartition des souches de *Salmonella* isolées à Yopougon a permis d'observer six sérotypes différents. Dans cette commune, tous les sérotypes de *Salmonella* isolés, l'ont été au moins dans les œufs. Cependant, dans les carcasses de poulet, seules deux souches ont été isolées. *S. Hadar* a été isolé à 33,3% et s'est révélé être la souche la plus isolée dans cette étude à Yopougon (Tableau 33). L'analyse statistique montre que l'isolement de *Salmonella* est indépendant à la commune de Yopougon ($P > \alpha$).

Tableau 33: Répartition des souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires de Yopougon

Sérotypes de <i>Salmonella</i> à Yopougon	Nombre de souches par matrice			Nombre total de souches N (%)
	Œuf	Carcasse de poulet	Gésier de poulet	
<i>S. Dublin</i>	1	0	0	1 (8,3)
<i>S. Enteritidis</i>	2	1	0	3 (25,0)
<i>S. Gallinarum</i>	1	0	0	1 (8,3)
<i>S. Hadar</i>	1	1	2	4 (33,3)
<i>S. Lagos</i>	1	0	0	1 (8,3)
<i>S. Typhimurium</i>	1	0	1	2 (16,7)
Total N (%)	7(58,3)	2 (16,7)	3 (25,0)	12 (100)

$P=0,06$; $P > 0,05$

2.4.7. Répartition des sérotypes de *Salmonella* isolés des produits aviaires à Adjamé

Dans cette étude, sept différents sérotypes de *Salmonella* ont été isolés dans la commune d'Adjamé. La répartition de ces souches a fait ressortir 53,4% d'isolats issus des œufs, tandis que seulement 13,3% ont été isolés dans les carcasses de poulet. Le sérotype *S. Hadar* a été retrouvé dans toutes les matrices étudiées (Tableau 34). L'analyse statistique montre que l'isolement de *Salmonella* est indépendant de la commune d'Adjamé ($P > \alpha$)

Tableau 34: Répartition des souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires à Adjamé

Sérotypes de <i>Salmonella</i> à Adjamé	Nombre de souches par matrice			Nombre total de souches N (%)
	Œuf	Carcasse de poulet	Gésier de poulet	
<i>S. Enteritidis</i>	1	1	0	2 (13,3)
<i>S. Gallinarum</i>	1	0	1	2 (13,3)
<i>S. Hadar</i>	1	1	2	4 (26,7)
<i>S. Heidelberg</i>	1	0	1	2 (13,3)
<i>S. Kentucky</i>	1	0	1	2 (13,3)
<i>S. Typhimurium</i>	2	0	0	2 (13,3)
<i>S. Virchow</i>	1	0	0	1 (6,7)
Total N (%)	8 (53,4)	2 (13,3)	5 (33,3)	15 (100)

$P=0,06$; $P > 0,05$

2.5. Résistance des souches de *Salmonella* aux antibiotiques

Les souches de *Salmonella* isolées des produits aviaires ont présenté entre 40 et 45% de résistance à l'Ampicilline (AM), à l'Amoxicilline + acide clavulanique (AMC) et à la Ticarcillines (TIC). Cependant, pour ces mêmes souches aucune résistance aux antibiotiques suivants n'a été observée: Aztréonam (ATM), Impipéneme (IPM), Acide Nalidixique (NA), Kanamycine (K), Gentamycine (GM), Ciprofloxacine (CIP) et Colistine (CS) (Figure 10).

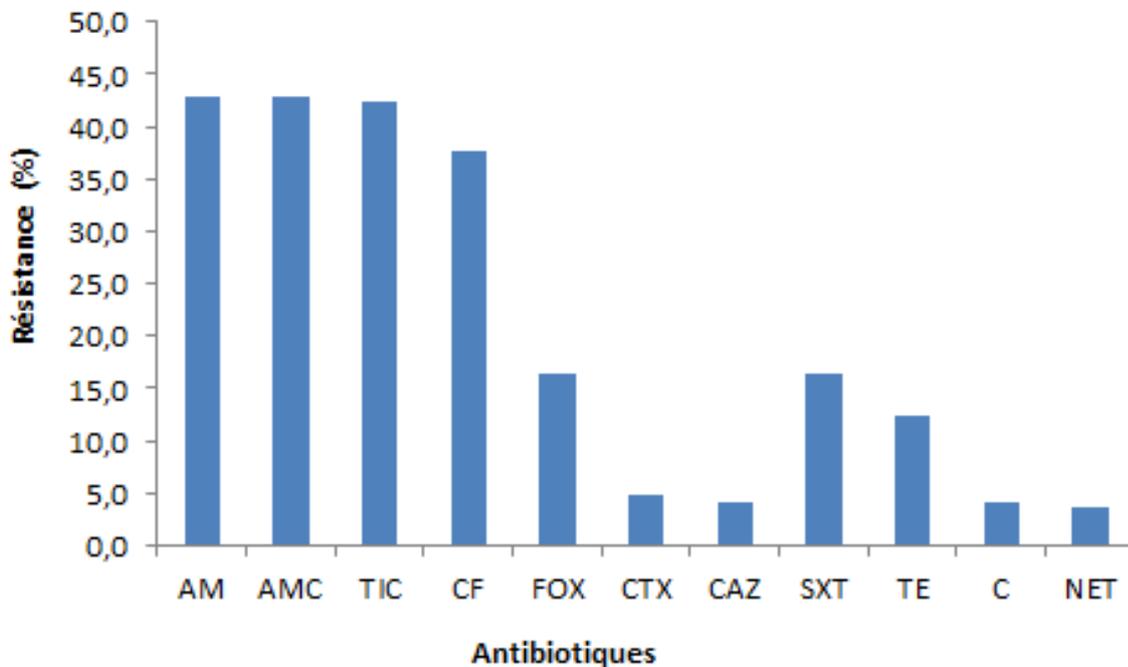


Figure 10: Résistance aux antibiotiques, des souches de *Salmonella* isolées de produits aviaires

2.6. Discussion

Les différentes matrices composées d'œuf, de gésier, de carcasse de poulet, et d'eau d'abreuvoir ont été étudiées et ont permis de mettre en évidence les souches de *Salmonella* présentes dans la chaîne de production à la consommation de produits aviaires. Il a été constaté au niveau des œufs un taux de positivité à *Salmonella* de 8,2 %, représentant le taux le plus élevé. Ces résultats sont proches de ceux de **Daube (2005)** qui montre que l'œuf est un des meilleurs réservoirs de *Salmonella*. Selon cet auteur, les œufs sont souvent contaminés lors de la ponte, mais *Salmonella* peut contaminer l'intérieur des œufs lors de sa formation dans le tractus génital de la poule; ce qui fait de l'œuf un réservoir important de *Salmonella*.

Dans les fermes avicoles et abattoirs, la fréquence de contamination à *Salmonella* est respectivement de 11,4% et 10,1%. Ce taux est relativement élevé comparé à celui de **Garnier (2008)** qui soutient que dans les exploitations avicoles, en l'absence d'épisode clinique, la proportion de volailles hébergeant des *Salmonella* est de l'ordre de 2,5 à 8%. Cependant, selon cet auteur, après abattage, la proportion de carcasses contaminées peut s'élever à 70% ou plus.

Le taux de contamination des élevages par *Salmonella*, ci-dessus énoncé est élevé et correspond à des taux retrouvés dans certains pays d'Europe. Ainsi en Belgique, en 1998, le taux de contamination était évalué à 36,1 %; Aux Pays Bas et toujours en 1998, il était évalué à 31,8 %. En France, en 1986, ce taux était estimé à 53,3 %. Dans d'autres pays, telle l'Australie en 1984, la contamination était de l'ordre de 46%, mais pour seulement 13 élevages étudiés et de 57,1 % au Japon, en 1995-1996, pour 35 élevages étudiés (**OMS/FAO, 2002**).

En Turquie, le taux de contamination était estimé à 41,3 % (**Carli et al., 2001**) et au Sénégal en 2000-2001 à 28,6 % (**Cardinale et al., 2004**). Au cours des années 2000 et grâce probablement aux performances des programmes de contrôle de la communauté européenne, les contaminations par *Salmonella* semblent décliner dans la plupart des états européens. En 2005, la prévalence était estimée de 11 % avec des taux très bas en Scandinavie et des taux élevés dans les pays du sud de l'Europe (Grèce, Espagne, Italie) (**Van Immerseel et al., 2005**). En 2006, une étude de surveillance de la communauté européenne, signalait une prévalence autour de 9 %

des élevages de poulet de chair pour 390 élevages étudiés (**Chemaly et al., 2006**). Le taux relativement élevé de positivité dans ce travail peut être expliqué par plusieurs facteurs: le non-respect des normes, l'absence de politique générale de suivi des élevages même privé, l'absence des programmes de surveillance et de contrôle de *Salmonella* au niveau des couvoirs et des élevages privés. La multiplication des manipulations que subissent les carcasses, les conditions d'humidité et de chaleur offertes au niveau des abattoirs mais aussi les conditions d'abattage et d'hygiène tout au long de la chaîne d'abattage permettent la multiplication des souches de *Salmonella* (**Garnier, 2008**).

Les résultats sont aussi expliqués par les conditions environnementales de nettoyage et de désinfection insuffisantes, par les conditions d'hygiène insignifiantes et par l'ignorance des propriétaires et des ouvriers. C'est pourquoi, il est dit que le taux de positivité de *Salmonella* en élevage était toujours amplifié en abattoir (**Bell et al., 2002**), car les contaminations survenaient tout au long de la chaîne d'abattage.

Le taux de contamination de *Salmonella* dans les abattoirs était de 7,4%. Le taux de présence énoncé était sensiblement le même que celui des marchés à volailles qui était de 7,5%. Cette similitude pourrait s'expliquer par le fait que les grossistes approvisionnent plusieurs marchés de volailles le même jour et visitent plusieurs fermes à la fois. Les véhicules de transport des oiseaux et les autres moyens utilisés par ces acteurs ne sont pas toujours nettoyés et désinfectés; cela serait à l'origine de ces taux de positivité (**Boka, 2009**).

Plusieurs autres facteurs peuvent intervenir dans la transmission de *Salmonella*; la persistance de l'infection dans les bâtiments d'élevage et dans les couvoirs joue certainement un grand rôle (**Bailey et al., 2002 ; Gradel et Rattenborg, 2003**). Les rats et les souris peuvent être porteurs de l'infection et contaminer les bâtiments et les aliments (**Van Immerseel et al., 2005**). Il a été démontré que les souris capturées dans les environs d'un bâtiment hébergeant des poules pondeuses infectées, étaient quatre fois plus souvent positives pour *Salmonella* que les souris capturées aux alentours d'un bâtiment hébergeant des poules pondeuses non infectées (**Gradel et Rattenborg, 2003**). La présence remarquable de *Salmonella* pourrait aussi être due à la résistance développée par ces bactéries au cours l'utilisation anarchique d'antibiotiques tels que les quinolones

dans les fermes avicoles pour le traitement des infections, de volailles (**Van Immerseel et al., 2005**). Ces pratiques seraient à l'origine d'une sélection de certains microorganismes dont *Salmonella*. Leur niveau de résistance aux antibiotiques et leur genèse sont des phénomènes biologiques parfaitement naturels qui proviennent de la capacité que possèdent les bactéries pour leur survie. Cela se fait par le biais d'une mutation ou par l'acquisition de gènes de résistance provenant de bactéries déjà résistantes. Elle est accélérée par l'utilisation et l'emploi abusif d'antibiotiques chez l'homme comme chez les animaux, qui consomment plus de 50 % des antibiotiques produits dans le monde d'après l'OMS (**Institut Pasteur, 2014**).

Conclusion partielle

Les souches de *Salmonella* sont bien présentes dans les œufs, les gésiers et les carcasses provenant des fermes, des marchés à volailles et des abattoirs. Les 78 souches de *Salmonella* isolées se répartissent en 17 sérotypes, avec une résistance observée au niveau des antibiotiques de la famille des β -lactamines tels que l'Ampicilline, la Ticarcilline et l'Amoxicilline + acide clavulanique. Bien que des souches ne présentent pas de résistances aux antibiotiques usuels, la résistance générale observée, est une préoccupation dans la lutte contre les salmonelloses.

3. CARACTERISTIQUES DE *SALMONELLA* D'ORIGINE HUMAINE

3.1. Fréquence d'isolement des souches de *Salmonella* d'origine humaine

La fréquence d'isolement des souches de *Salmonella* chez l'Homme a été de 19,3%. Ce taux était pratiquement le même au niveau des deux types de sujet; cependant, au niveau des enfants (19,7%), il a été légèrement supérieur à celui des adultes (19,1%). Bien que le taux de positivité ait été légèrement élevé chez les enfants, le nombre de souches isolées chez les adultes a été plus important (Tableau 35).

Tableau 35: Fréquence d'isolement des souches de *Salmonella* chez l'homme

Types de sujet	Nombre de selles humaines diarrhéiques	Nombre de souches de <i>Salmonella</i> isolées	Fréquence d'isolement
Adultes	246	47	19,1
Enfants	142	28	19,7
Total	388	75	19,3

3.2. Distribution des sérotypes de *Salmonella*

3.2.1. Répartition des isolats de *Salmonella* issus des selles d'origine humaine

Les différents sérotypes de *Salmonella* qui ont été isolés des souches humaines étaient au nombre de cinq. Ces sérotypes provenaient de 75 souches de *Salmonella* dont 47 souches avaient été isolées chez les adultes et 28 souches chez les enfants. Parmi ces sérotypes, *S. Typhimurium* (44%) a été le plus isolé. La fréquence d'isolement des sérotypes ($P= 0,39$; $P > \alpha$) n'est pas statistiquement liée au type de patient, enfant ou adulte (Tableau 36).

Tableau 36: Fréquence d'isolement des sérotypes de *Salmonella* dans les selles d'origine humaine

Sérotypes	Fréquence des sérotypes par origine des selles		
	N (%)		
	Enfants	Adultes	Total
<i>S. Typhimurium</i>	12 (16,0)	21 (28,0)	33 (44,0)
<i>S. Enteritidis</i>	9 (12,0)	14 (18,7)	23 (30,7)
<i>S. Heidelberg</i>	5 (6,7)	7 (9,3)	12 (16,0)
<i>S. Dublin</i>	1 (1,3)	3 (4,0)	4 (5,3)
<i>S. Anatum</i>	1 (1,3)	2 (2,7)	3 (4,0)
Total souches	28 (37,3)	47 (62,7)	75 (100)

$P= 0,39$; $P > 0,05$

3.2.2. *Salmonella* isolé des selles d'enfants

Les 28 souches de *Salmonella* qui ont été isolées des selles d'enfants, se répartissent en cinq sérotypes. *S. Typhimurium* (42,9%) et *S. Enteritidis* (32,1%) ont été classés en tête des sérotypes. *S. Dublin* (3,6%) et *S. Anatum* (3,6%) ont été isolés respectivement dans les repas à base de viande et d'œuf uniquement. La fréquence d'isolement de *Salmonella* dans les repas à base d'œuf est de 53,6%. Cette fréquence est la plus élevée. L'isolement des sérotypes de *Salmonella* ($P= 0,03$; $P < \alpha$) est statistiquement lié à la nature de la protéine animale consommée (Tableau 37).

Tableau 37: Répartition des sérotypes de *Salmonella* dans les selles d'enfants en fonction des protéines animales consommées

Sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés des selles d'enfants	Fréquence d'isolement en fonction des protéines animales consommées N (%)			
	œuf	poisson	viande	Total
<i>S. Typhimurium</i>	7 (25,0)	3 (10,7)	2 (7,1)	12 (42,9)
<i>S. Enteritidis</i>	5 (17,9)	1 (3,6)	3 (10,7)	9 (32,1)
<i>S. Heidelberg</i>	2 (7,1)	2 (7,1)	1 (3,6)	5 (17,9)
<i>S. Dublin</i>	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (3,6)	1 (3,6)
<i>S. Anatum</i>	1 (3,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (3,6)
Total souches	15 (53,6)	6 (21,4)	7 (25,0)	28 (100,0)

$P= 0,03$; $P < 0,05$

3.2.3. Souches de *Salmonella* isolées des selles d'adultes

Un total de 47 souches de *Salmonella* ont été isolées des selles d'adultes ayant consommé des œufs, du poisson et de la viande. Ces souches refermaient cinq sérotypes de *Salmonella*. Le sérotype le plus isolé a été *S. Typhimurium* (44,7%). Ce sérotype a plus été isolé dans les repas à base de viande (12,8%) que dans les repas à base de poisson (8,5%). Toutefois, *S. Typhimurium* a plus été isolé dans les repas à base d'œuf (23,4%). L'aliment incluant les œufs enregistre un taux d'isolement de 48,9% de *Salmonella*. La fréquence d'isolement des sérotypes de *Salmonella* par rapport aux matrices ($P = 0,01$; $P < \alpha$) est statistiquement significative (Tableau 38).

Tableau 38: Répartition de *Salmonella* dans les selles d'adultes en fonction des protéines animales consommées

Sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés des selles d'adultes	Fréquence d'isolement en fonction des protéines animales consommées N (%)			
	Œuf	Poisson	Viande	Total
<i>S. Typhimurium</i>	11 (23,4)	4 (8,5)	6 (12,8)	21 (44,7)
<i>S. Enteritidis</i>	7 (14,9)	4 (8,5)	3 (6,4)	14 (29,8)
<i>S. Heidelberg</i>	3 (6,4)	1 (2,1)	3 (6,4)	7 (14,9)
<i>S. Dublin</i>	1 (2,1)	1 (2,1)	1 (2,1)	3 (6,4)
<i>S. Anatum</i>	1 (2,1)	1 (2,1)	0 (0,0)	2 (4,3)
Total souches	23 (48,9)	11 (23,4)	13 (27,7)	47 (27,7)

$P = 0,01$; $P < 0,05$

3.3. Résistance des souches de *Salmonella* d'origine humaine aux antibiotiques

3.3.1. Taux de résistance de *Salmonella* isolé chez les enfants aux antibiotiques

Les sérotypes de *Salmonella* ont été généralement résistants aux antibiotiques de la famille des β -lactamines, particulièrement les pénicillines telles que l'ampicilline (71,4%), l'Amoxicilline + acide clavulanique (67,9%) et la Ticarcilline (67,9%). Les 28 souches testées ne présentaient pas tous des résistances aux antibiotiques. *S. Anatum* n'a été résistant qu'à la Ticarcilline. Les sérotypes de *Salmonella* isolés chez les enfants n'ont pas présentés de résistance à huit antibiotiques testés (Tableau 39).

Tableau 39: Taux de résistance de *Salmonella* isolé chez les enfants aux antibiotiques

Antibiotiques	Résistance des sérotypes de <i>Salmonella</i> chez les enfants					Total N(%)
	S. Typhimurium N=12	S. Enteritidis N=9	S. Heidelberg N=5	S. Dublin N=1	S. Anatum N=1	
	AM	10	7	3	0	
AMC	9	8	2	0	0	19 (67,9)
TIC	9	7	2	0	1	19 (67,9)
CF	10	5	2	0	0	17 (60,7)
SXT	7	2	0	1	0	10 (35,7)
TE	3	4	0	1	0	8 (28,6)
K	4	1	0	0	0	5 (17,9)
CIP	2	2	0	1	0	5 (17,9)

AM: Amicilline ; **AMC:** Amoxicilline + acide clavulanique ; **TIC :** Ticarcilline ; **CF:** Céfaloine; **SXT:** Triméthoprime + Sulfaméthoxazole; **TE:** Tétracycline; **K:** Kanamycine; **CIP:** Ciprofloxacine; **C:** Chloramphénicol; **NET:** Netilmicine; **ATM:** Aztréonam; **IMP:** Imipénème; **NA:** Acide nalidixique; **TM:** Tobramicine; **GM:** Gentamicine; **CS:** Colistine.

3.3.2. Résistance de *Salmonella* aux antibiotiques chez les adultes

Les sérotypes de *S. Typhimurium* ont présenté 85,7% à 100% de résistance à l'Ampicilline, l'Amoxicilline+ Acide clavulanic et la Ticarcilline (Tableau 40). Chez les adultes, *Salmonella* a été généralement résistant aux antibiotiques de la famille des β -lactamines, particulièrement les pénicillines telles que l'ampicilline (91,5%), l'Amoxicilline + acide clavulanique (83,0%) et la Ticarcilline (83,0%).

Tableau 40: Résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* chez les adultes

Antibiotiques	Résistance des sérotypes de <i>Salmonella</i> chez les adultes					Total N(%)
	<i>S.</i> Typhimurium N=21	<i>S.</i> Enteritidis N=14	<i>S.</i> Heidelberg N=7	<i>S.</i> Dublin N=3	<i>S.</i> Anatum N=2	
AM	21	13	5	3	1	43 (91,5)
AMC	20	12	4	3	0	39 (83,0)
TIC	18	12	5	3	1	39 (83,0)
CF	20	13	5	0	0	38 (80,9)
SXT	9	2	0	2	0	13 (27,7)
TE	3	6	0	2	0	11 (23,4)
K	4	1	0	0	0	5 (10,6)
CIP	2	2	0	1	0	5 (10,6)

AM: Amicilline ; **AMC:** Amoxicilline + acide clavulanique ; **TIC :** Ticarcilline ; **CF:** Céfalotine; **SXT:** Triméthoprimine + Sulfaméthoxazole; **TE:** Tétracycline; **K:** Kanamycine; **CIP:** Ciprofloxacine; **C:** Chloramphénicol; **NET:** Netilmicine; **ATM:** Aztréonam; **IMP:** Imipénème; **NA:** Acide nalidixique; **TM:** Tobramicine; **GM:** Gentamicine; **CS:** Colistine

3.4. Aliments consommés et affections diarrhéiques

L'enquête sur les habitudes alimentaires de la population étudiée a permis d'observer la consommation régulière d'un ensemble de féculents et de protéines animales. Ces deux groupes d'aliments ont été combinés deux à deux. A l'exception des œufs, les autres protéines animales étaient combinées à tous les autres féculents. Une constance a été observée dans le mode d'alimentation de ces personnes. La fréquence de consommation de l'*Attiéké* (32%) dans cette étude a été supérieure à celle de tous les autres féculents. La fréquence de consommation des œufs (38,9%) a été supérieure à celle des autres protéines (Tableau 41).

Tableau 41: Fréquence de consommation de certains aliments

Aliments consommés	Fréquence de consommation			Total N (%)
	Œuf	Poisson	Viande	
<i>Attiéké</i>	80	27	17	124 (32,0)
<i>Alloko</i>	41	30	30	101 (26,0)
<i>Placali</i>	0	29	22	51 (13,1)
<i>Foutou</i>	0	15	4	19 (4,9)
<i>Kabato</i>	0	11	11	22 (5,7)
Riz	26	24	13	63 (16,2)
Autres	4	3	1	8 (2,1)
Total N (%)	151 (38,9)	139 (35,8)	98 (25,3)	388 (100,0)

3.5. Relation possible entre aliments consommés et survenue de diarrhée à *Salmonella*

La consommation combinée d'*Attiéké* et d'œuf a été observée chez 12,7% des personnes ayant fait la diarrhée. C'est le taux de selles diarrhéiques le plus élevé observé chez des patients en fonction des associations féculents-protéines. Les combinaisons *Alloko*-œuf *Alloko*-poisson et *Attiéké*-poisson, ont donné respectivement les taux de 6,5%; 4,8%; et 4,3% (Tableau 42). Cette étude de la relation entre aliments consommés et la survenue de diarrhée a montré qu'il existerait un lien entre l'alimentation et la survenance de diarrhée. L'analyse statistique des résultats obtenus entre association de protéines et de féculents consommés montre que $p < \alpha$. Ce lien a été plus important au niveau des associations impliquant l'œuf.

Tableau 42: Régime alimentaire et taux de selles diarrhéiques

Association féculents-protéines	Nombre de sujets diarrhéiques	Nombre de sujets inclus	Taux de selles diarrhéiques (%)
<i>Attiéké</i> -œuf	80	114	12,7
<i>Alloko</i> -œuf	41	56	6,5
<i>Alloko</i> -poisson	30	47	4,8
<i>Alloko</i> -viande	30	39	4,8
<i>Placali</i> -poisson	29	45	4,6
<i>Attiéké</i> -poisson	27	62	4,3
Riz-œuf	26	30	4,1
Riz-poisson	24	36	3,8
<i>Placali</i> -viande	22	33	3,5
<i>Attiéké</i> -viande	17	41	2,7
<i>Foutou</i> -poisson	15	26	2,4
Riz-viande	13	19	2,1
<i>Kabato</i> -poisson	11	36	1,7
<i>Kabato</i> -viande	11	18	1,7
<i>Foutou</i> -viande	4	11	0,6
Autre-œuf	4	6	0,6
Autre-poisson	3	6	0,5
Autre-viande	1	5	0,2
Total	388	630	61,6

($p < 0,0001$)

3.6. Discussion

La survenue de diarrhée a été observée chez des patients humains, à la suite d'une consommation d'aliments de qualité hygiénique douteuse. Le profil alimentaire qui s'est dégagé de leurs derniers repas, avant la survenue de diarrhée, indique globalement que les œufs sont très prisés. Toutefois, il est admis que les œufs sont un réservoir par excellence de *Salmonella*, qui lui est responsable de nombreuses affections diarrhéiques chez l'homme (AFSSA, 2006). Deux catégories d'individus ont fait l'objet de cette étude: les enfants de 3 à 17 ans et les adultes de 18 ans et plus. Les cas de diarrhées qui ont été étudiés montrent que le mal pourrait avoir plusieurs origines. L'une d'entre elles pourrait être liée à la consommation d'aliments contaminés par des pathogènes responsables de diarrhées. Les analyses bactériologiques qui ont été menées ont montré la présence de *Salmonella* à 19,3% dans les selles des différents patients. Dès lors, il est possible d'affirmer que *Salmonella* a été responsable des diarrhées infectieuses étudiées chez ces patients. A ce niveau de l'étude, il est difficile de dire avec exactitude, lequel des aliments ou des autres composantes du repas ou des récipients sont responsables des diarrhées infectieuses. Le taux de positivité des infections à *Salmonella* dans cette étude est en conformité avec celui du rapport d'AFSA (2012). Ce rapport a montré que des cas humains de salmonellose à *S. Enteritidis* ont été le plus souvent associés à la consommation d'œufs contaminés et à de la viande de volaille, tandis que les cas de salmonelloses à *S. Typhimurium* sont principalement associés à la consommation de viande de porc, de viande de volaille et de viande bovine contaminées (Hugas *et al.*, 2014).

Le traitement des fiches d'enquête a permis de ressortir la nature des aliments consommés par la population étudiée. L'analyse des données recueillies a permis de noter l'importance de la consommation de produits aviaires au niveau de la population étudiée. Les diarrhées à *Salmonella* ont été identifiées aussi bien chez les enfants que chez les adultes.

Au niveau des enfants, les repas à base d'*attiéké* accompagné d'œuf ou de poisson occupe une place de choix dans l'alimentation. Il est suivi par l'*alloko* lui-même accompagné d'œuf et quelque fois de poisson. Dans la collecte d'informations, nulle part, le *placali*, le *Foutou* ou le *kabato* n'ont été associés à l'œuf. Dans cette

population d'étude, cinq personnes n'ont pas été à mesure de dire exactement de quoi était composé leur dernier repas.

Chez les enfants, 40,1% de ceux qui ont fait la diarrhée à *Salmonella* ont consommé de l'*attiéké*. Dans ce registre, la fréquence de ceux qui ont consommé *attiéké* accompagné d'œuf est la plus élevée: 25,4%.

Après la consommation de l'*attiéké* avec des œufs, plusieurs cas de diarrhées à *Salmonella* ont été observés chez les enfants. Cela apparaît plus important par rapport aux diarrhées infectieuses observées à la suite de la consommation des autres aliments ci-dessus cités. Au niveau des adultes, en dehors de l'importance de la consommation de l'*attiéké* accompagné d'œuf, la combinaison des féculents avec le poisson et la viande présente le même tableau que celui des enfants.

Selon les données de cette étude, la consommation d'*alloko* et d'*attiéké* accompagnée d'œuf représentent 28,1% des habitudes alimentaires chez les adultes. Cette observation est suivie de la consommation du *placali* accompagné de poisson puis de viande. Il est à noter dans ce travail que l'*alloko* (30,1%) et le *placali* (15,9%) associés aux différentes protéines animales sont des pratiques alimentaires très fréquentes chez les adultes en général et particulièrement chez ceux ayant fait la diarrhée à *Salmonella*. Au sein de la population étudiée, la fréquence de consommations de repas composés de: *attiéké*-œuf, *attiéké*-poisson, *alloko*-œuf et *alloko*-poisson sont respectivement de 6,5%; 84%, et 4,3%. Cette pratique est plus importante chez les adultes que chez les enfants.

Lorsque la fréquence de consommation des protéines est comparée aux différentes combinaisons de féculents, il apparaît que le poisson, la viande et les œufs sont plus utilisés respectivement à 25%, 29% et 57% dans la consommation de l'*attiéké* chez les enfants. Chez les adultes, le poisson s'utilise à la même fréquence 25% dans la consommation du *placali* et de l'*alloko*.

Les tests de comparaison statistiques indiquent qu'il existe une relation entre aliments consommés et survenue de diarrhée à *Salmonella*. L'étude comparée des valeurs de consommation des deux catégories de population montre une répartition identique des pratiques alimentaires, cependant le niveau de consommation de l'*alloko* chez les adultes est plus important. Tous les accompagnements ont le même niveau d'utilisation. C'est aussi le cas avec le riz. Bien que l'œuf soit beaucoup

associé à l'*attiéké* dans la consommation chez les enfants, la consommation du poisson dans tous les repas pris par ces enfants est plus importante qu'avec toutes les autres protéines. La consommation de la viande est moyenne chez les enfants contrairement aux adultes.

L'analyse des selles diarrhéiques à *Salmonella* a permis d'isoler 75 souches de *Salmonella* regroupées en cinq sérotypes. Les plus fréquents étaient *S. Typhimurium* (40,0%) et *S. Enteritidis* (30,7%). Ce résultat qui montre la prédominance de ces deux sérotypes de *Salmonella* d'origine humaine est en phase avec les données du **CNR-Salm (2007)**. La fréquence d'isolement de ces deux sérotypes dans le même ordre est identique aussi bien chez les enfants que chez les adultes. Le niveau d'isolement de *Salmonella* dans cette étude a été d'autant plus important qu'il a été réalisé à la suite d'une consommation d'aliments composés majoritairement de produits aviaires, jugés de qualité douteuse. L'importance de l'isolement de *Salmonella* au niveau humain, a aussi été observée par le **CNRSS (2004)**, en Belgique avec 9543 souches de *Salmonella* humaines répertoriées. En France, le **CNR-Salm (2007)** a répertorié 8124 isolats de *Salmonella* d'origine humaine. En présence d'une population vulnérable telle que les immunodéprimées; l'isolement de *Salmonella* pourrait atteindre des proportions plus importantes et évoluer vers la létalité. C'est d'ailleurs ce que relève **Moulinier (2003)** quand il affirme que la fréquence des diarrhées infectieuses connaît une recrudescence avec l'avènement du Sida. Cette fréquence varie entre 40 et 90% suivant les zones. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, des données épidémiologiques indiquent que les diarrhées infectieuses constituent une des principales causes de morbidité et de mortalité chez les enfants et chez les adultes dans le monde (**Mbaye, 1994**). Les agents pathogènes habituellement en cause sont *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter* et *Escherichia coli* pour les bactéries, *Cryptosporidium* et *Microsporidium* pour les parasites (**Schneider et al., 1998**).

En dehors de *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis*, *S. Heidelberg*, *S. Anatum* et *S. Dublin*, il existe d'autres sérotypes tels que *S. Essen*, *S. Derby* qui sont isolés des produits biologiques humains en Côte d'Ivoire, comme l'attestent **Coulibaly et al. (2010)**. La présence de différents sérotypes de *Salmonella* mis en évidence dans cette étude et dans des travaux scientifiques précédemment évoqués exprime la diversité des souches de *Salmonella* en Côte d'Ivoire, particulièrement à Abidjan.

La résistance aux antibiotiques usuels des sérotypes de *Salmonella* isolés est remarquable pour certaines familles de β -lactamines, particulièrement pour les Pénicillines telles que l'Ampicilline, la Ticarcilline et l'Amoxicilline (Al-Bahry *et al.*, 2007). Cette résistance de *Salmonella* aux antibiotiques est supérieure chez les adultes que chez les enfants. La résistance bactérienne observée chez les adultes, serait due à une pratique d'automédication. Contrairement aux adultes, la résistance bactérienne observée chez les enfants serait due à une mauvaise utilisation des antibiotiques par leurs parents.

Conclusion partielle

Les affections diarrhéiques observées dans la population étudiée auraient plusieurs origines. D'une part, elles seraient liées au non-respect des règles élémentaires d'hygiène dans la consommation des repas et d'autre part à la présence de pathogènes comme *Salmonella* dans les aliments consommés. Le taux de personnes ayant fait la diarrhée après avoir consommé des repas à base d'œuf, permet de déduire que les œufs pourraient avoir une responsabilité dans les affections diarrhéiques observées. A travers cette étude, il est possible de dire que la consommation d'aliments contaminés par *Salmonella* et la survenue de diarrhée chez le consommateur sont liées.

La diversité des sérotypes de *Salmonella* constatée et l'importance des résistances aux antibiotiques de premier choix sont connues à travers cette étude. Cependant, les questions de l'ampleur de ce phénomène sur l'ensemble du territoire national et la santé du consommateur de produits aviaires sans risque, demeurent une préoccupation.

4. RELATION ECOLOGIQUE ET CLONALE ENTRE LES SOUCHES DE *SALMONELLA* ISOLEES

4.1. Souches de *Salmonella* isolées de différentes matrices

4.1.1. Fréquence d'isolement des souches de *Salmonella*

Cette étude a été réalisée avec cinq matrices qui sont l'œuf, la carcasse de poulet, le gésier de poulet, l'eau d'abreuvoir de ferme avicole et les selles diarrhéiques de patients humains. Au terme de cette étude, 170 souches de *Salmonella* ont été isolées, avec une fréquence de 6,8%. Le nombre d'échantillons contaminés ayant permis d'isoler ces souches est de 143. Parmi les matrices étudiées, les isolats de *Salmonella* les plus importants ont été trouvés dans les selles humaines (11,9%). Les isolats de *Salmonella* ont été moins présents dans les carcasses de poulet (1,9%) par rapport aux autres matrices (Tableau 43).

Tableau 43: Fréquence d'isolement des souches de *Salmonella* dans les différentes matrices

Matrice de différents échantillons	Taille des échantillons (N)	Echantillons contaminés (N)	Nombre de souches isolées (N)	Fréquence d'isolement (%)
Œuf	500	27	41	8,2
carcasse	480	6	9	1,9
gésier	480	20	28	5,8
Eau abreuvoir	400	15	17	4,2
Selles	630	75	75	11,9
Total	2490	143	170	6,8

4.1.2. Fréquence d'isolement des souches de *Salmonella*

Au cours de cette étude, 18 sérotypes ont été isolés de 170 souches de *Salmonella*. *S. Typhimurium* a été le plus isolé, avec une fréquence d'isolement de 27,6%. Il était suivi par *S. Enteritidis* (20,6%), *S. Hadar* (10,6%), *S. Heidelberg* (10%) et de *S. Virchow* (7,1%). Les sérotypes *S. Rissen*, *S. Saintpaul* et *S. Farmsen* ont été rarement isolés. Parmi les sérotypes isolés, seul *S. Dublin* avait une enveloppe capsulaire Vi. Le sérotype *S. Gallinarum* est dépourvu des deux phases flagellaires. Par contre les sérotypes *S. Enteritidis*, *S. Dublin*, *S. Albany* et *S. Rissen* sont dotés d'une seule phase flagellaire (Tableau 44).

Tableau 44: Répartition des souches de *Salmonella* en fonction des sérotypes

Sérotypes	Formule antigénique	Nombre total de souches	Taux d'isolement
<i>S. Typhimurium</i>	1, 4, 5,12 : i : 1,2	47	27,6
<i>S. Enteritidis</i>	1, 9,12 : g, m :-	35	20,6
<i>S. Hadar</i>	6,8 : z10 : e, n, x	18	10,6
<i>S. Heidelberg</i>	1, 4, 5, 12 : r : 1, 2	17	10,0
<i>S. Virchow</i>	6,7, 14 : r : 1, 2	12	7,1
<i>S. Gallinarum</i>	1, 9, 12 : - : -	9	5,3
<i>S. Kentucky</i>	8, 20 : i : z6	6	3,5
<i>S. Dublin</i>	1, 9, 12, [Vi] : g, p : -	5	2,9
<i>S. Anatum</i>	3, 10, 15 : e, h : 1,6	4	2,4
<i>S. Agona</i>	1, 4, [5], 12 : e, h : 1,2	3	1,8
<i>S. Lagos</i>	1, 4, [5], 12 : i : 1, 5	3	1,8
<i>S. Albany</i>	8, 20 : z4, z24 : -	2	1,2
<i>S. Infantis</i>	6, 7, 14 : r : 1, 5	2	1,2
<i>S. Montevideo</i>	6, 7, 14 : g, m, p, s : 1, 2, 7	2	1,2
<i>S. Takoradi</i>	6, 8 : i : 1, 5	2	1,2
<i>S. Rissen</i>	6, 7, 14 : f, g : -	1	0,6
<i>S. Saintpaul</i>	1, 4, [5], 12 : f, g, s : [1,2]	1	0,6
<i>S. Farmsen</i>	13, 23 : z : 1, 6	1	0,6
Nombre total: 18 sérotypes		170	100

4.1.3. Fréquences d'isolement de *Salmonella* et matrices de l'étude

Les fréquences d'isolement des souches de *Salmonella* diffèrent d'une matrice à une autre. Ainsi, il est à noter que 44,1% des isolats proviennent de la matrice humaine, 24,1% des œufs de poules, 16,5% des gésiers de poulet, 17% de l'eau d'abreuvoir de fermes avicole et 5,3% de carcasses de poulet. Dans l'ensemble, les isolats de la matrice aviaire sont plus importants que ceux de la matrice humaine (Tableau 45).

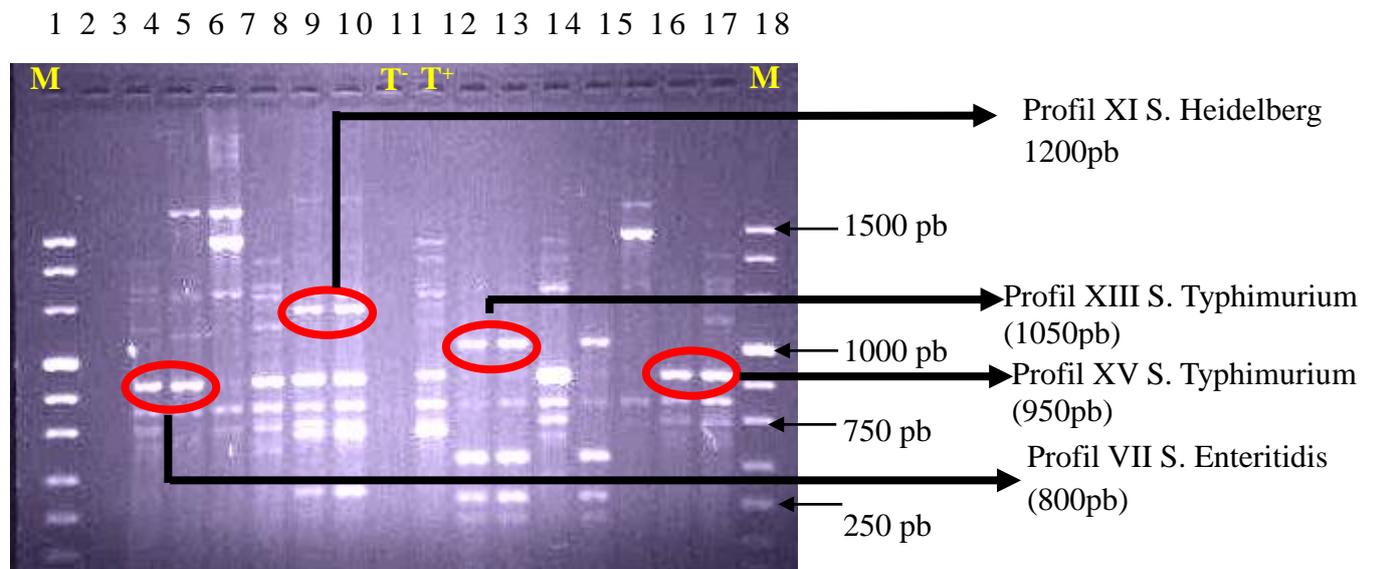
Tableau 45: Distribution de *Salmonella* en fonction des matrices

Sérotypes	Nombre de souches					Nombre total de souches N (%)
	Selles humaines	Œuf de poulet	Gésier de poulet	Eau d'abreuvoir	Carcasse de poulet	
<i>S. Typhimurium</i>	33	7	2	4	1	47 (27,6)
<i>S. Enteritidis</i>	23	7	2	2	1	35 (20,6)
<i>S. Hadar</i>	0	4	9	3	2	18 (10,6)
<i>S. Heidelberg</i>	12	2	2	1	0	17 (10)
<i>S. Virchow</i>	0	6	3	1	2	12 (7,1)
<i>S. Gallinarum</i>	0	4	2	2	1	9 (5,1)
<i>S. Kentucky</i>	0	3	3	0	0	6 (3,5)
<i>S. Dublin</i>	4	1	0	0	0	5 (2,9)
<i>S. Anatum</i>	3	0	0	1	0	4 (2,4)
<i>S. Agona</i>	0	1	0	1	1	3 (1,8)
<i>S. Lagos</i>	0	2	0	1	0	3 (1,8)
<i>S. Albany</i>	0	1	1	0	0	2 (1,2)
<i>S. Infantis</i>	0	0	1	0	1	2 (1,2)
<i>S. Montevideo</i>	0	1	1	0	0	2 (1,2)
<i>S. Takoradi</i>	0	1	0	1	0	2 (1,2)
<i>S. Farmsen</i>	0	1	0	0	0	1 (0,6)
<i>S. Rissen</i>	0	0	1	0	0	1 (0,6)
<i>S. Saintpaul</i>	0	0	1	0	0	1 (0,6)
Total N (%)	75 (44,1)	41(24,1)	28 (16,5)	17 (10,0)	9 (5,3)	170 (100)

4.2. Profils génotypiques et relation clonale des souches de *Salmonella*

4.2.1. Profils des souches identiques présentes dans les différentes matrices

Les puits de migrations sont numérotés de 1 à 18. Les puits 9 et 10 révèlent les séquences homologues des souches de *S. Heidelberg* (profil XI) issus des produits aviaires et humains. Les puits 11, 12 et 16, 17 révèlent les séquences homologues des souches de *S. Typhimurium* (profils XIII et XV) issues des produits aviaires et humains. Les séquences des souches de *S. Enteritidis* (VII et IX) homologues, issues des produits aviaires et des selles diarrhéiques humaines ont été révélées dans les puits 3 et 4 (Figure 11).



M: marqueur de poids moléculaire

T⁻: Témoin négatif

T⁺: Témoin positif

Figure 11: Profils ERIC-PCR des souches de *Salmonella* isolées à la fois de différentes matrices

4.2.2. Classification des sérotypes présents à la fois dans les différentes matrices

Les sérotypes apparus à la fois dans les différentes matrices étudiées et utilisés pour effectuer l'ERIC-PCR étaient au nombre de 99 dont 24 souches d'origine aviaire, sept souches issues de l'eau d'abreuvoir et 68 souches d'origine humaine. Les sérotypes concernés étaient *S. Enteritidis*, *S. Heidelberg* et *S. Typhimurium* (Tableau 46).

Tableau 46: Répartition par matrice des sérotypes de *Salmonella* ayant servi à l'ERIC-PCR

Sérotypes	Effectif des souches par matrice			Total N(%)
	Aviaire	Eau d'abreuvoir	Humaine	
<i>S. Enteritidis</i>	10	2	23	35 (35,4)
<i>S. Heidelberg</i>	4	1	12	17 (17,2)
<i>S. Typhimurium</i>	10	4	33	47 (47,4)
Total N (%)	24 (24,2)	7 (7,1)	68 (68,7)	99 (100,0)

4.3. Etude comparée des profils de *Salmonella*

4.3.1. Profil des souches de *Salmonella* de différentes matrices

Les souches de *Salmonella* d'origine aviaire, hydrique et humaine étaient représentées respectivement par les lettres A, E et H. Les différents profils obtenus par l'ERIC-PCR ont été numérotés de I à XVIII. Les différentes tailles de bandes correspondant à chaque profil sont consignées dans l'annexe X.

Au niveau des souches de *Salmonella* isolées, *S. Typhimurium* et *S. Heidelberg* se présentent sous différents profils caractéristiques des liens clonaux entre les matrices aviaires et humaines.

L'étude comparée des différents profils de *Salmonella* permet de voir la distribution de ces souches en fonction des matrices et de souligner l'ubiquité de certains profils vis-à-vis des différentes matrices. Ainsi, les profils XI, XIII et XV ont été observés à la fois dans les matrices humaine, hydrique et aviaire (Tableau 47).

Tableau 47: Comparaison des profils génotypiques des souches de *Salmonella*

N° Profil	Sérotypes	Origine des souches			Total
		H	E	A	
I	<i>S. Enteritidis</i>	9	0	3	12
II	<i>S. Typhimurium</i>	14	0	3	17
III	<i>S. Heidelberg</i>	0	1	3	4
IV	<i>S. Enteritidis</i>	0	1	1	2
V	<i>S. Heidelberg</i>	2	0	3	5
VI	<i>S. Typhimurium</i>	1	0	1	2
VII	<i>S. Enteritidis</i>	4	0	1	5
VIII	<i>S. Enteritidis</i>	1	0	1	2
IX	<i>S. Typhimurium</i>	5	0	0	5
X	<i>S. Heidelberg</i>	2	0	1	3
X	<i>S. Typhimurium</i>	1	1	0	2
XI	<i>S. Heidelberg</i>	2	1	2	5
XII	<i>S. Enteritidis</i>	3	0	0	3
XIII	<i>S. Typhimurium</i>	3	1	2	6
XIV	<i>S. Typhimurium</i>	11	0	0	11
XV	<i>S. Typhimurium</i>	1	1	2	4
XVI	<i>S. Enteritidis</i>	3	0	1	4
XVII	<i>S. Enteritidis</i>	5	0	0	5
XVIII	<i>S. Enteritidis</i>	1	1	0	2
Total		68	7	24	99

H: souches d'origine humaine

E: souches d'origine hydrique

A: souches d'origine aviaire

4.3.2. Profils ERIC-PCR comparés entre des sérotypes d'origine aviaires, hydriques et humains

La comparaison des profils a permis de dégager trois profils qui se rencontrent à la fois dans la matrice aviaire, dans la matrice hydrique et dans la matrice humaine. Il s'agissait des profils XI, XIII et XV (Figure 12). Les profils VI et VIII se sont rencontrés uniquement dans les matrices aviaires et humaines. Le profil XIII a été le plus important en effectif.

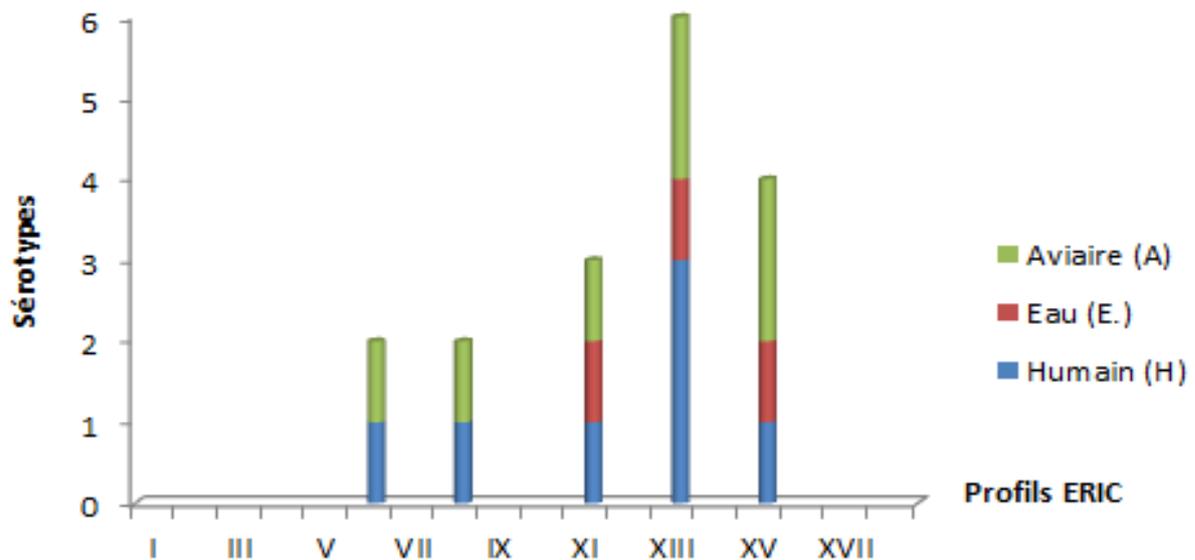


Figure 12: Profils comparés des souches de *Salmonella* d'origine aviaire, hydrique et humaine

4.4. Souches aviaires et souches humaines impliquées dans les diarrhées humaines

Les souches de *Salmonella* d'origine aviaire, qui auraient été impliquées dans les diarrhées humaines au cours de cette étude étaient au nombre de six. Ces souches ont été réparties en trois profils différents. Le profil XIII a été observé avec cinq sérotypes différents de *S. Typhimurium*, avec une dominance de souches humaines. Dans l'ensemble des profils comparés, *S. Typhimurium* se présente sous deux profils différents (XIII et XV). Ce sérotype est le plus important des deux sérotypes en présence (Tableau 48).

Tableau 48: Souches de *Salmonella* d'origine aviaire impliquées dans les diarrhées humaines

N° Profil	Sérotypes	Nombre de sérotypes d'origine aviaire	Nombre de sérotypes d'origine humaine	Total
XI	<i>S. Heidelberg</i>	2	2	4
XIII	<i>S. Typhimurium</i>	2	3	5
XV	<i>S. Typhimurium</i>	2	1	3
Total		6	6	12

4.5. Discussion

Les résultats de notre étude qui ont montré une dominance de *S. Hadar* et *S. Virchow* sont en conformité avec les sérotypes les plus fréquemment isolés chez la poule aux Etats-Unis. Les sérotypes *S. Heidelberg*, *S. Kentucky*, *S. Hadar*, *S. Typhimurium*, et *S. Thompson* sont aussi retrouvés dans les aliments et chez les humains (**Yan *et al.*, 2003**). Cette distribution est très proche des résultats d'une étude communautaire réalisée en Europe, et qui rapporte que les sérotypes les plus fréquents chez le poulet de chair sont *S. Hadar*, *S. Infantis*, *S. Virchow*, *S. Typhimurium* et *S. Enteritidis* (**Chemaly, 2006**). *S. Hadar* est aussi le plus fréquemment isolé dans la filière volaille au Canada (**Chambers *et al.*, 1998**) et en France (**Rose *et al.*, 1999**; **Brisabois *et al.*, 2006**).

Dans un récent rapport de l'autorité européenne de sécurité des aliments, il a été rapporté que *S. Hadar* est le sérotype le plus fréquemment isolé dans la filière poulet de chair, suivi de *S. Infantis* et *S. Virchow*. Nos résultats ont montré que le taux d'isolement de *S. Virchow* n'est pas très différent de *S. Kentucky* ou de *S. Gallinarum*. Ceci pourrait s'expliquer selon **Ghafir (2006)** et **Chemaly *et al.* (2006)** par le fait que des sérotypes puissent apparaître ou disparaître inexplicablement d'une année à une autre. Nos résultats donnent 78% des souches de *S. Gallinarum*, en provenance des produits aviaires et 22% de ces souches issues des eaux d'abreuvoir. Ces résultats se rapprochent de ceux de **Van Immerseel *et al.*, (2005)** qui stipulent que *S. Gallinarum* est exclusivement associé à la volaille.

En rapport avec ces observations, il est possible de dire que les souches de *S. Gallinarum* trouvées dans l'eau d'abreuvoir proviendraient des volailles qui s'y sont abreuvées. *S. Typhimurium* et *S. Enteritidis* ont été isolés dans tous les milieux étudiés, ce qui est souvent le cas dans des prélèvements de volailles à travers le monde (**Gorman, 2004**). *S. Albany*, *S. Carnac* et *S. Rissen* ne sont pas familiers à la volaille, elles proviendraient vraisemblablement de l'environnement et certainement des espèces animales qui ont libre accès aux élevages (bovins, ovins, dinde, pigeons, reptiles, insectes et rongeurs). En fonction des matrices d'isolement, un sérotype dominant s'est dégagé. Il s'agit de *S. Typhimurium*.

La diversité des matrices (œuf de poule, gésier de poulet, carcasse de poulet, eau d'abreuvoir et selle humaine) dans la recherche de *Salmonella* répond aux caractères ubiquitaires de ces bactéries. Car elles vivent aussi bien dans les produits biologiques que dans les produits alimentaires et dans l'environnement. Cependant, leur isolement est peu fréquent au niveau de l'environnement (**Torm, 2004**). Cela peut s'expliquer par le stress que subiraient ces bactéries dans l'environnement et pendant les prélèvements. Le transport et la conservation des échantillons sous régime de froid, avant d'être analysés sont des conditions de stress pour les bactéries (**Torm, 2004**). En effet, certaines souches stressées, peuvent ne pas être isolées ou identifiées après une mise sous froid. Ces niveaux d'isolement peuvent aussi s'expliquer par l'utilisation prophylactique d'antibiotiques contre les souches de *Salmonella* ou d'autres pathologies; ce qui limiterait le nombre de souches de *Salmonella* et par conséquent les chances de les isoler (**Schneitz, 2005**).

Toutes les souches de *Salmonella* testées ne présentaient pas de résistance à six antibiotiques usuels. L'étude réalisée a montré que *S. Typhimurium*, *S. Hadar*, *S. Enteritidis*, *S. Virchow*, *S. Infantis*, *S. Kentucky*, *S. Gallinarum*, *S. Heidelberg*, *S. Lagos*, *S. Albany*, *S. Dublin* et *S. Agonas* étaient multi résistantes aux antibiotiques testés. Une double résistance des souches de *S. Montevideo*, *S. Saintpaul*, *S. Anatum* et *S. Takoradi* a été observée. Au-delà de toutes ces multi résistances observée aussi bien au niveau des souches aviaires que des souches humaines, les sérovars *S. Rissen* et *S. Farmsen* étaient des souches sauvages.

La résistance des souches de *Salmonella* aux β -lactamines, particulièrement à l'Ampicilline, à l'Amoxicilline + Acide clavulanique et à la Ticarcilline sont assez commune des souches isolées. De même, la résistance des isolats de *Salmonella* à la tétracycline, à l'association Triméthoprim + Sulfamides et aux Fluroquinolones a été observée. Les résultats de la résistance des souches de *Salmonella* dans cette étude sont proches des résultats d'une étude réalisée par **Coulibaly et al. (2010)** qui montrent qu'une croissance de la résistance des souches de *Salmonella* aux quinolones est observée depuis 2003. Cette observation n'était pas le cas en Côte d'Ivoire entre 1980 et 1988 où les souches de *Salmonella* étaient totalement sensibles à ces antibiotiques. Un taux élevé (80 %) d'isolats de *Salmonella* a été observé résistant à au moins un antibiotique, la moitié des isolats était résistante à au moins deux molécules dans leur grande majorité. La résistance à ces molécules est assez

connue et serait généralement due à un gène plasmidique qui peut être acquis assez facilement par les bactéries.

La présence d'isolats résistants aux fluoroquinolones est beaucoup plus inquiétante, car ces molécules d'antibiotiques sont parmi les derniers recours pour le traitement des salmonelloses humaines sévères (**Ke et al., 2011**). Cela pourrait être lié à l'utilisation non prudente de ces molécules, pourtant assez chères. Aucune résistance aux céphalosporines de troisième génération n'a été mise en évidence dans notre étude. L'instabilité intrinsèque de l'ADN extra chromosomique, la pression de sélection due à l'utilisation d'antibiotiques différents selon les endroits et les praticiens et la grande période d'observation pourraient expliquer l'hétérogénéité des isolats quant à leurs profils de résistance. Par ailleurs, aucune différence significative n'a pu être observée entre les différents milieux d'échantillonnage à travers l'expression des sérotypes isolés.

Les isolats de *S. Hadar* à 1,8% se sont avérés résistants à l'Ampicilline et à la Tétracycline. En France métropolitaine un tiers des *S. Hadar* étaient résistants aux fluoroquinolones, et la moitié exprimait une β -lactamase prouvant leur résistance aux β -lactamines. Toujours en France, les souches de *Salmonella* présentaient des penta-résistances de l'ordre de 3,3 % en santé et production animale et de 4,7 % en hygiène des aliments (**Brisabois et al., 2006**). *S. Montevideo*, *S. Saintpaul* et *S. Anatum* ne présentaient presque pas de résistance aux antibiotiques testés. Les souches de *S. Rissen* et *S. Farmsen* n'ont pas présentées de résistance aux d'antibiotiques testées.

Les souches de *Salmonella* isolées à Abidjan ont présenté un niveau de résistance presque équivalent aux résultats du réseau *Salmonella*, de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, vis-à-vis des tétracyclines (**Brisabois et al., 2006**). Les souches de *Salmonella* isolées dans le district d'Abidjan ont présenté des résistances similaires, à celles isolées en France, pour l'Ampicilline, et la Céfalotine, qui ont varié respectivement de 16 à 1,5 %. Les différents profils de résistance indiqueraient donc que différents clones auraient circulé d'un milieu à un autre (environnement-volaille-humain). Malheureusement, les données sur les antibiotiques utilisés en élevages de poulet en Côte d'Ivoire ne sont pas disponibles ou mal connues.

Les profils génotypiques des souches aviaires obtenu à partir de l'ERIC-PCR, révèle deux profils identiques. Il montre aussi que les sérotypes *S. Typhimurium*, *S. Heidelberg* et *S. Enteritidis* présentent trois profils identiques deux à deux (profils VIII, XI et XIII). Ces sérotypes isolés proviennent de produits aviaires et de produits biologiques humains. Ils appartiendraient au même clone. De plus, la résistance aux antibiotiques de ces sérotypes présente quelques similitudes. Des liens de clones entre ces souches existeraient, au regard des résultats obtenus. Toutefois, des méthodes plus discriminantes telles que la PFGE, seraient souhaitées pour approfondir ces résultats.

Les sérotypes de *S. Typhimurium*, *S. Heidelberg* et *S. Enteritidis* présentent des profils identiques. Les souches identifiées présentent le même profil à l'intérieur de chaque sérotype. Le profil de résistance de ces souches aux antibiotiques permet de dire que ces sérotypes pourraient ne pas être du même clone. L'hypothèse n'exclut pas non plus que ces souches soient d'un même clone. Il est important de noter que les souches de *Salmonella* comme d'autres bactéries, sont bien connues pour leur capacité à acquérir des gènes de résistance de manière naturelle ou sous pression de sélection de traitements antibiotiques (CloECKaert et Schwarrz, 2001).

Les différents profils observés au niveau des eaux d'abreuvoir montrent des profils identiques à ceux rencontrés au niveau des souches aviaires. Les similitudes observées seraient dues certainement au fait que des volailles infectés auraient contaminés l'eau d'abreuvoir. Si cela est confirmé, alors l'eau d'abreuvoir devient un véhicule important dans la transmission de zoonoses, particulièrement de salmonelloses.

Les profils ERIC-PCR obtenus montrent la diversité des sérotypes de *Salmonella* isolés, car bien que certaines souches soient du même sérotype, elles diffèrent par leur profil moléculaire. C'est le cas des profils VI et XIII, qui sont tous du sérotype *S. Typhimurium*.

Les profils identifiés sont très distincts les uns des autres au point où la détection par ERIC PCR pourrait être qualifiée de discriminante. Ces observations ont pu être vérifiées par des études réalisées par Versalovic *et al.* (1991), Silvia *et al.* (2007), .Sheng-yan *et al.* (2008), Ammari *et al.* (2009) et Kosek *et al.* (2012).

Ces auteurs utilisent, en plus de la détection par ERIC-PCR, la technique de pulstypage dans les investigations lors de toxi-infections alimentaires collectives à *Salmonella*.

Les profils ERIC obtenus indiquent qu'il existe une diversité de souches de *Salmonella*, au niveau du district d'Abidjan. Ces résultats sont proches de ceux de **Bonny *et al.*, (2011), Karou *et al.*, (2013), Coulibaly *et al.*, (2010; 2014).**

Conclusion partielle

Les sérotypes de *Salmonella* isolés à la fois dans les différents substrats présentent différents profils génotypiques. Parmi ceux-ci, 12 souches de *Salmonella* présentent des similitudes et sont regroupés en trois profils. Il apparaît trois sérotypes dans ces différents profils (*S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* et *S. Heidelberg*) qui présentent des similitudes. Ces souches sont issues des produits aviaires, de l'eau d'abreuvoir et des selles humaines. Cependant, parmi ces sérotypes, deux (*S. Typhimurium*, et *S. Heidelberg*) ont été isolés à la fois dans toutes les matrices. La similitude entre ces sérotypes expliquerait l'existence d'un lien clonal entre eux et entre les différentes matrices. De ce fait, une infection transmise de la ferme aux consommateurs est plausible. Cependant, ce résultat mérite d'être approfondi par d'autres méthodes de génotypage plus discriminantes, telle que la PFGE.

CONCLUSION GENERALE

Les données de cette étude offrent une estimation de l'importance de la sécurité sanitaire liée à *Salmonella* dans les systèmes de production avicole et permet de décrire un lien moléculaire pouvant exister entre des souches de *Salmonella* isolées de produits aviaires et celles impliquées dans des diarrhées humaines.

En effet, relativement à la caractérisation des systèmes de production, il s'avère dans le cadre de l'étude que la majorité des fermes avicoles sélectionnées, présente un niveau de biosécurité acceptable au regard du référentiel de la FAO. Cependant, des non conformités sont constatés dans certaines fermes. Les fermes non conformes présentent des défaillances du point de vue du dispositif sanitaire, de la protection des aires réservés aux fermes et de l'hygiène des fermiers. L'étude réalisée a montré des défaillances sanitaires au niveau des lieux d'abattage de volaille et des marchés à volaille. En somme, si l'aviculture est en évolution en Côte d'Ivoire, la gestion de la qualité des installations et l'application de bonnes pratiques d'élevage, d'abattage et de commercialisation des produits avicoles présentent encore des insuffisances. En conséquence, cette étude permet de dire que la situation sanitaire des systèmes de production de volailles est globalement moyenne.

De façon générale, 170 souches ont été isolées dans cette étude, avec un taux de positivité à *Salmonella* remarquable. Le taux le plus élevé des produits de chaque écosystème aviaire étudié a été celui des produits des fermes avicoles. *Salmonella* est présente dans les différents produits aviaires analysés. Les résultats confirment le rôle de ces produits comme réservoir de la bactérie et comme facteurs de risque de contamination à *Salmonella* pour l'homme. Cela est d'autant plus important que dans le cadre de cette étude, *Salmonella* a été identifié comme pouvant être potentiellement responsable de diarrhées infectieuses chez l'homme.

Les souches de *Salmonella* isolées aussi bien des produits aviaires que chez l'homme appartiennent à différents sérotypes. Les sérotypes de *Salmonella* isolés sont très variés mais appartiennent tous à la même espèce: *S. enterica*. Les sérotypes qui ont été fréquemment isolés sont *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* et *S. Hadar*. Chez l'homme, au cours des diarrhées infectieuses, des souches de *Salmonella*, ont été

isolées et se répartissent en cinq sérotypes. Les plus fréquemment isolés ont été *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* et *S. Heidelberg*.

L'enquête consommation a montré plusieurs cas de diarrhées à *Salmonella* consécutifs à la consommation de certains produits alimentaires. Bien que cette étude prospective ne puisse pas situer la responsabilité de l'origine alimentaire des diarrhées infectieuses à *Salmonella* chez l'homme, notons que des régimes alimentaires associant des produits aviaires ont été identifiés comme pouvant être des facteurs de risque de diarrhées à *Salmonella*.

La plupart des souches de *Salmonella* sont sensibles aux antibiotiques usuels, utilisés. Cependant, quelques résistances existant avec les β -lactamines dont l'ampicilline, l'amoxicilline et la Ticarcilline ont été observées. Il n'y a pas de sérotype présentant une résistance particulière et spécifique à des antibiotiques donnés.

Au plan moléculaire, des souches de *Salmonella* ont été identifiées comme ayant des profils ERIC identiques. Trois sérotypes dont deux *S. Typhimurium* et *S. Heidelberg*, d'origine aviaire ont présenté un lien clonal avec ceux d'origine humaine. Ces profils pourraient signifier qu'un lien épidémiologique existe entre des souches véhiculées par des aliments à base de produits aviaires et celles impliquées dans des diarrhées humaines.

L'existence de ces liens génétiques entre ces isolats d'écosystèmes différents serait le signe de la présence d'une dynamique de circulation de souches de *Salmonella* dans notre environnement. Pour cette étude, les souches de *Salmonella* retrouvées dans les selles humaines proviendraient des aliments d'origine aviaire.

PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

PERSPECTIVES

Mettre en place, un plan de gestion pour réduire la contamination des produits aviaires par *Salmonella*.

Réaliser une analyse des risques, qui permettra une traçabilité et une meilleure compréhension de la diffusion et de l'implication des souches aviaires de *Salmonella* dans les toxi-infections alimentaires;

Comparer le profil génétique des souches aviaires et humaines de *Salmonella* par PFGE.

RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude les recommandations formulées sont les suivantes:

Au ministère de la production animale

Former les acteurs du secteur sur l'assurance qualité pour garantir la salubrité des produits avicoles

Aux municipalités

Renforcer les mesures de lutte contre l'insalubrité publique des aliments;

Mettre en place un système de communication dans le but d'informer constamment les consommateurs sur les risques encourus

Aux consommateurs

Adopter l'hygiène stricte, comme mode de vie

Aux acteurs de la filière (fournisseurs, producteurs, vendeurs)

Considérer les produits aviaires comme, des véhicules potentiellement pathogènes et respecter scrupuleusement les règles élémentaires d'hygiène et de sécurité sanitaires liées à leur production;

S'investir dans les actions de prévention des risques liés à l'infection des produits aviaires par des pathogènes comme *Salmonella*;

A la communauté scientifique nationale

Poursuivre et approfondir la recherche dans la filière avicole à travers l'analyse des risques d'infections liées à des pathogènes tels que *Salmonella*.

Mettre en place un système national de veille sanitaire des aliments pour prévenir les risques sanitaires de santé publique.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- ACIA, 2013.** Norme nationale de biosécurité pour les fermes avicoles. Consulté le 30/10/2013. 26p.
- AFSSA, 2006.** Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine. Edition Janvier 2006. P-214.
- Al-Bahry S.N., Elshafie A.E., Al-Busaidy S., Al-Hinai J., Al-Shidi I., 2007.** Antibiotic resistant *Salmonella* spp. from human and non-human sources in Oman. *Eastern Mediterranean Health Journal*. 13(1):49-55.
- Allard D.G., 2002.** The farm to plate approach to food safety-Everyone's business. *Canadian Journal of Infectious Diseases* 13(3): 185-190.
- Allos B. M., Moore M.R., 2004.** Surveillance for sporadic foodborne disease in the 21st century: the Food Net perspective. *Clinical Infectious Diseases* 38 Supplement 3: S115-20.
- Ammari S. Amin L., Latifa E., Sophie B., Christa W., Said B., Mohammed A., 2009.** Characterization of *Salmonella* Enteritidis isolated from foods and patients in northern Morocco. *Journal of Infectious Dev Ctries* 2009; 3(9):695-703.
- Amgar A., 2012.** Les vecteurs alimentaires et non alimentaires des salmonelloses aux USA. Edité par Editions du Boisbaudry, 13 Square du chêne Germain Cesson-Sévigné CEDEX - CS 77711, 35577.
- Ammon A., Tauxe R.V., 2007.** Investigation of multi-national foodborne outbreaks in Europe: some challenges remain. *Epidemiology and Infection* 135(6): 887-9.
- Angulo F.J., Johnson K.R., 2000.** Origins and consequences of antimicrobial resistant non typhoidal *Salmonella*: Implications for the use of fluoroquinolones in food animals. *Microbial Drug Resistance* 6(1): 77-83.
- Anonyme 1996.** Côte d'Ivoire, Sécurité et santé au Travail 1996. Décret no 96-206 du 7 mars 1996 relatif au comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail. *Journal officiel*, 1996-05-09, no 19, 442-444.
- Anonyme 2001.** *Salmonella*, Salmonelloses et portage: Les moyens de prévention. *La plume technique*. N° 5/ décembre 2001.

Anonyme 2009. The community summary report on trends and sources of zoonosis and zoonotic agents in the European union in 2007." *The European Food Safety Authority Journal* 223: 217.

Anonyme 2013. Côte d'Ivoire, Ministère des Ressources Animales et Halieutiques. Avril 2013. 9ième conférence des Ministres africains en charge des Ressources Animales; politique de développement de l'élevage en Côte d'Ivoire. P-13.

Arsenault J., Letellier A., 2007. Prevalence and risk factors for *Salmonella* and *Campylobacter* spp. carcass contamination in broiler chickens slaughtered in Quebec, Canada." *Journal of Food Protection* 70(8): 1820-8.

Asensio L., 2007. Examen PCR-based methods for fish and fishery products authentication. *Trends in Food Science & Technology* 18(11): 558-566.

Baggesen D.L., Sandvang D., Aarestrup F.M., 2000. Characterisation of *Salmonella* enterica serovar Typhimurium DT104 isolated from Denmark and Comparison with isolates from Europe and the United States. *Journal of Clinical Microbiology* 38: 1581-1586.

Bailey J.S., Cox N.A., Craven S.E., Cosby D.E., 2002. Serotype tracking of *Salmonella* through integrated broiler chicken operations. *Journal of Food Protection*. 65, 742-745.

Barber D. A., Miller G. Y., 2003. Models of antimicrobial resistance and foodborne illness: examining assumptions and practical applications. *Journal of Food Protection* 66(4): 700-9.

Bell C., Kyriakides A., 2002. *Salmonella* in: Foodborne Pathogens. Hazards, risk analysis and control. *Wood head Publishing Limited*: 307-334.

Beloil, P. A., 2007. Epidémiologie analytique de *Salmonella* Enterica et *Listeria Monocytogenes* en production primaire porcine (élevages hors-sol de type naisseur engraisseur). Sciences biologiques et médicales. Bordeaux, Université de Bordeaux 2: 355.

Bergeron N., 2009. Caractérisation phénotypique d'isolats de *Salmonella* Typhimurium provenant de porcs sains ou septicémiques. Thèse de Microbiologie, soutenue en avril 2009. Pp 263.

- Boka E.E.J., 2009.** Pratique des mesures de biosécurité dans les marchés de volailles vivantes en côte d'ivoire: cas du district d'Abidjan. Thèse N°8: *Médecine Vétérinaire*: Dakar; p-133.
- Bollaerts K., Aerts M., 2008.** Human salmonellosis: estimation of dose-illness from outbreak data. *Risk Anal* 28(2): 427-40.
- Bonny A.C., Karou T.G., Atobla K., Bohoua L.G., Niamkey L.S., 2011.** Portage de *Salmonella* au niveau du gésier cru de poulets exposés à la vente à Abidjan, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 47: 3230–3234.
- Brandl M.T., 2006.** Fitness of human enteric pathogens on plants and implications for food safety. *Annual Review of Phytopathology* 44: 367-92.
- Brisabois A., 2001.** Intérêt et limites des techniques de caractérisation des *Salmonella*. *Epidémiologie et santé animale* 39: 31-42.
- Brisabois A., Danan C., Frémy S., Granier S., Moury F., Oudart C., Piquet C., Pires Gomes C., 2006.** Inventaire du réseau *Salmonella*; Sérotypage et sensibilité aux antibiotiques, données 2004. Editions AFSSA, Maisons Alfort, France, pp 114.
- Butt A. A. Aldridge K. E., 2004.** Infections related to the ingestion of seafood Part I: Viral and bacterial infections. *Lancet Infectious Diseases* 4(4): 201-212.
- Cardinale E., Tall F., Guèye E. F., Cisse M., Salvat, G., 2004.** Risk factors for *Salmonella* enterica subsp. Enterica infection in Senegalese broiler chicken flocks. *Preventive Veterinary Medicine* 63: 151-161.
- Carlier K.T., Eyigor A., Caner V., 2001.** Prevalence of *Salmonella* serovars in chicken in Turkey. *Journal of Food Protection* 64 (11), 1832-1835.
- Cezard J. P., Chouraqui J. P., 2002.** Drug treatment of acute infectious diarrhea in infants and children. *Archives of Pediatrics* 9(6): 620-8.
- Chambers J.R., Bisailon, J.R., Labbe, Y., Poppe, C., Langford, C.F., 1998.** *Salmonella* prevalence in crops of Ontario and Quebec broiler chicken at slaughter. *Poultry Science journal* 77(10), 1497-1501.
- Chauvin C., Querrec M., Perot A., Guillemot D., Sanders P., 2008.** Impact of antimicrobial drug usage measurement on the identification of heavy users,

patterns of usage of the different antimicrobial classes, and timetrends evolution. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 31: 301-311.

Chemaly M., Huneau A., Rouxel S., Lalande F., Bohnert M., Petetin I., Le Bouquin S., Fravallo P., 2006. Enquêtes communautaires sur la prévalence de *Salmonella* en filières avicoles. Communication, 10eme Réunion annuelle du Réseau *Salmonella*. Afssa, Maisons Alfort, Paris. *Microbiology*. 84, 87-92. Paris. 1-156.

Cloekaert A., Schwarrz, S., 2001. Molecular characterization, spread and evolution of multidrug resistance in *Salmonella enterica Typhimurium* DT104. *Veterinary Research*. 32: 301-310.

CNR-Salm, 2007. Rapport d'activité annuel, 2007. Pp 60.

CNRSS (Centre National de Recherche *Salmonella-Shigella*), 2004. Données de surveillance du centre National de référence des *Salmonella* et *Shigella* Belgique 2004, Pp44.

CNRSS, 2007. Données de surveillance du Centre National de Référence des *Salmonella* et *Shigella*, Belgique. Rapport 2007. ISSN: D/2008/2505/32.

Codex Alimentarius. 2003. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. P-46.

Cogan T.A., Bloomfield S.F., Humphrey T.J. 1999. The effectiveness of hygiene procedures for prevention of cross-contamination from chicken carcasses in the domestic kitchen. *Letters in Applied Microbiology*. 29, 354–358.

Coulibaly E.K., Bakayoko S., Karou T.G., Coulibaly K.J., Goualié G.B., Dosso M., Diopoh K.J., 2010. Sérotypage et antibiorésistance des souches de *Salmonella* isolées dans les foies de poulets vendus sur les marchés de Yopougon (Abidjan, Côte d'Ivoire) en 2005. *Revue Africaine de Santé et de Production Animale*, vol.8, N°S, 25-30.

Coulibaly K.J., Gadji A., Kouadio K., Koffi K.S., Yapou O.B., Dosso M., 2014. The Antibiotic Resisting Profile of *Salmonella* spp Isolated from the Sewage of the Campus of the University of Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire. *International Journal of Tropical Disease and Health*, 4(5): 608-620.

Coulibaly K.J., Bakayoko S., Coulibaly K.E., Karou G.T., Goualie G.B., Akessé L., Gbonon C., Boni-Cissé C., Koffi K.S., Ekaza E., N'Douba A., Dosso M., 2010. Biodiversité des *Salmonella* à Abidjan : Etude des isolats de 2003 à 2009 par le centre de référence de l'Institut Pasteur *Revue Africaine de Santé et de Production Animale*, Vol.8 NOS, 2010.

Dadié A.T, N'zebo D, Kouassi K., Attien P., Koffi A.R., Koua A., Bassa A., Karou A., Djè K., Dosso M., 2013. Agents des maladies des mains sales dans l'alimentation de rue de 2005 à 2013 à Abidjan et contribution du lavage des mains a la sécurité santé. Journée Mondiale du lavage des mains, le 05 décembre 2013; Ed. 2013; pp 2.

D'Aoust J., 1989. *Salmonella*. Foodborne Bacterial Pathogens. M. P. Doyle. New York, Marcel Dekker: 327-445.

D'Aoust J., 1994. *Salmonella* and the international food trade. *International Journal of Food Microbiology* 24(1-2): 11-31.

Daube G., 2005. Qualité sanitaire des produits de porcs et de volailles: importance des agents zoonotiques pp7.

De Jong B., Andersson Y., 2005. Effect of regulation and education on reptile associated salmonellosis. *Emerging Infectious Diseases* 11(3): 398-403.

De Jong B., Ekdahl K., 2006. Human salmonellosis in travelers is highly correlated to the prevalence of *Salmonella* in laying hen flocks. *Euro Surveillance*, 11(7): E060706 1.

Dechet A.M., Scallan E., 2008. Outbreak of multidrug-resistant *Salmonella* enterica serotype Typhimurium Definitive Type 104 infection linked to commercial ground beef, northeastern United States, 2003-2004. *Clinical Infectious Diseases* 42(6): 747-52.

Delmas G., Gallay A., 2007. Food borne infection and intoxication occurrence in France between 1996 and 2005. Les toxi-infections alimentaires collectives en France entre 1996 et 2005 48(278): 74-78.

Denagamage T.N., O'Connor A. M., 2007. Efficacy of vaccination to reduce *Salmonella* prevalence in live and slaughtered swine: A systematic review of literature from 1979 to 2007. *Foodborne Pathogens and Disease* 4(4): 539-549.

- Denis F., Poly M. C., Martin C., Bingen E., Quentin R., 2007.** Bactériologie médicale, technique usuelles, *Elsevier Masson*, 14-20.
- Dosso M., Coulibaly M., Kadio A., 1998.** Place des diarrhées bactériennes dans les pays en développement Manuscrit n°PF02. Journée en hommage au Professeur A. DODIN; 4p.
- DuPont H.L., 2007.** The growing threat of foodborne bacterial enteropathogens of animal origin. *Clinical Infectious Diseases* 45(10): 1353-61.
- Edel W., 1994.** *Salmonella* Enteritidis eradication programme in poultry breeder flocks in The Netherlands. *International Journal of Food Microbiology* 21(1-2): 171-178.
- Effa E.E., Lassi Z.S., Critchley J.A., Garner P., Sinclair D., Olliaro P.L., Bhutta Z.A., 2012.** Fluoroquinolones for treating typhoid and paratyphoid fever. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2011, Issue 10. Art. No: CD004530. DOI: 10.1002/14651858.CD004530.pub4.
- Essoh A.F.E., 2006.** Les importations de viandes de volaille et la filière avicole en Côte d'ivoire. Thèse : *Revue de Médecine Vétérinaire* : Dakar; 1.
- FAO, 2008** CÔTE D'IVOIRE: *Revue du secteur avicole*. Rome: FAO. 77p.
- Flint J.A., Van Duynhoven Y.T., 2005.** "Estimating the burden of acute gastroenteritis, foodborne disease, and pathogens commonly transmitted by food: An international review." *Clinical Infectious Diseases* 41(5): 698-704.
- Foley S.L., Lynne A.M., 2008.** "Food animal-associated *Salmonella* challenges: pathogenicity and antimicrobial resistance." *Journal of animal science* 86.
- Frenzen P.D., Riggs T.L., 1999.** *Salmonella* Cost Estimate Updated Using Food Net Data. *Food Review* 22(2): 10-15.
- Galanis E., Lo Fo Wong D.M.A., 2006.** Web-based surveillance and global *Salmonella* distribution, 2000-2002. *Emerging Infectious Diseases* 12(3): 381-388.
- Ghafir Y., 2006.** Surveillance des *Salmonella* isolées de denrées d'origine animale en Belgique: Modalités et résultats. Communication. 10e réunion annuelle du Réseau *Salmonella*. Afssa Maisons Alfort, Paris.

- Gillespie I., Elson R., 2005.** Successful reduction of human *Salmonella* Enteritidis infection in England and Wales. Euro surveillance : bulletin européen sur les maladies transmissibles, *European communicable disease bulletin*. 10(11).
- Gorman R., Adley C.C., 2004.** Characterization of *S. Enterica* sérotype Typhimurium isolates from human, food and animal sources in the republic Ireland. *Journal of clinical microbiology*, vol. 42, n° 5, 2314-2316.
- Gradel K.O., Rattenborg E.A., 2003.** Questionnaire-based retrospective field study of persistence of *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* Typhimurium in Danish broiler houses. *Preventive Veterinary Medicine*, 56, 267-284.
- Greig J.D., Ravel A., 2009.** "Analysis of foodborne outbreak data reported internationally for source attribution." *International Journal of Food Microbiology* 130(2): 77-87.
- Griffith R.W., Schwartz K.J., Meyerholz D.K., 2006.** *Salmonella* Diseases of swine, 9th Edition. *Blackwell Publishing*, Ames. P.739-754.
- Grimont P.A.D., 1992.** Les marqueurs épidémiologiques des *Salmonella*. *Médecine et Maladies Infectieuses* 22, numéro spécial, 249-257.
- Grimont P.A.D., Grimont F., Bouvet P., 2000.** Molecular basis of the diversity in the genus *Salmonella*. In: *Salmonella* in domestic animals. *Publishing, British Library, London, U.K.*:1-17.
- Guezodjé L., 2009.** Contraintes et défis de l'aviculture en Afrique de l'ouest: cas du Bénin. *Grain de sel*; N 46-47, Mars-Août 2009; p24.
- Haeghebaert S., Sulem P., 2003.** Two outbreaks of *Salmonella* Enteritidis phage type 8 linked to the consumption of Cantal cheese made with raw milk, France, 2001. *Europe Surveillance* 8(7): 151-6.
- Helms M., Simonsen J., 2004.** Quinolone resistance is associated with increased risk of invasive illness or death during infection with *Salmonella* serotype Typhimurium. *Journal of Disease Infection* 190(9): 1652-4.
- Helms M., Vastrup P., 2002.** Excess mortality associated with antimicrobial drug resistant *Salmonella* Typhimurium." *Emerging Infectious Diseases* 8(5): 490-5.

- Hennessy T.W., Cheng L.H., 2004.** Egg consumption is the principal risk factor for sporadic *Salmonella* serotype Heidelberg infections: A case-control study in foodnet sites." *Clinical Infectious Diseases* 38.
- Henry D.P., Frost A.J., Samuel J.L., O'Boyle D.A., Thomson R.H., 1983.** Factors affecting the survival of *Salmonella* and *Escherichia Coli* in anaerobically fermented pig waste. *Journal of Applied Bacteriology* 55:89-95.
- Hohmann E.L., 2001.** Non typhoidal salmonellosis. *Clinical Infectious Diseases* 32(2): 263-269.
- Hulton C S., Higgins C F, Sharp P M., 1991.** ERIC sequences: a novel family of repetitive elements in the genomes of *Escherichia Coli*, *Salmonella* Typhimurium and other enterobacteria. *Molecular Microbiology*. 5:825-834.
- ICMSF, 2006.** Use of epidemiologic data to measure the impact of food safety control programs. *Food Control* 17(10): 825-837.
- InVS, 2004.** Morbidité et mortalité dues aux maladies infectieuses d'origine alimentaire en France: 192.
- ISO 6579:2002/Amd 1:2007.** Annex D: Microbiology of food and animal feeding stuffs – Detection of *Salmonella* spp. in animal faeces and in environmental samples from the primary production stage. International Organization for Standardization. Geneva. ISO Central secretariat. CP 56 CH-1211. Geneva 20. Switzerland.
- Jones T. F., Ingram L. A., 2008.** Salmonellosis outcomes differ substantially by serotype." *Journal of Infectious Diseases* 198(1): 109-14.
- Julie D., 2009.** Attribution des cas de salmonelloses humaines aux différentes filières de production animale en France. Adaptabilité et robustesse du modèle bayésien d'attribution par typage microbiologique. Cellular Biology. Agrocampus-Ecole nationale supérieure d'Agronomie de Rennes. N° 2009-25 ; 278.
- Kaci A., Nouri M., Ferrah A., Kabli L., Azzouz H., 2001.** Conduite des élevages de poulets de chair en Algérie: un sous- équipement chronique. Agroligne n°18. Novembre-Décembre 2001: 17-19.

- Kallo V., 2007.** Enquêtes descriptives dans les marchés de volailles vivantes du district d'Abidjan. Rapport final, Abidjan. 21p.
- Karou G.T., Bonny A. C., Ouattara G. H., Dadie A. T., Ahonzoniamke S. L., 2013.** Prevalence of *Salmonella* and microbial resistance of serovars in retail chicken gizzards. *International Journal of Medical and applied Science-Earth* V2 (4), 223-233.
- Ke L., Jung J.H., Jung B.Y., Park Y.H., Lee Y.H., 2011.** Characterization of nalidixic acid-resistant and fluoroquinolone-reduced susceptible *Salmonella* Typhimurium in swine. *Journal of Food Protection*. 2011; 74(4):610-5.
- Kirk M. D., McKay I., 2008.** Food safety: foodborne disease in Australia: the OzFoodNet experience. *Clinical Infectious Diseases* 47(3): 392-400.
- Koffi-Nevry R., Judicaël A.C.B., Assemam E.F., Wognin A.S., Koussemon M., 2012.** Origine de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue cultivée dans d'Abidjan. *Journal of Applied BioSciences*, 52:3669–75.
- Kohl K. S., Rietberg K., 2002.** Relationship between home food-handling practices and sporadic salmonellosis in adults in Louisiana, United States." *Epidemiology and Infection* 129(2): 267-276.
- Koné Y., 2007.** Contribution à l'évaluation de l'incidence socio-économique de la grippe aviaire en Côte d'Ivoire au cours de l'année 2006. Thèse: Médecine. Vétérinaire: Dakar; 8.
- Korsak N., Clinquart A., Daube G., 2004.** *Salmonella* spp. dans les denrées alimentaires d'origine animale: un réel problème de santé publique ? *Les annales de médecine vétérinaire* 148(4): 174-193.
- Kosek M., Pablo P.Y., Robert H. G., Henry V, Maribel P.O., Cesar B.C., 2012.** Facilitated Molecular Typing of Shigella Isolates Using ERIC-PCR *American Journal of Tropical. Medecin Hygiene.*, 86(6), 2012. 1018-1025.
- Le Minor L., Popoff M.Y., 1986.** Description of a seventh *Salmonella* subspecies: *S. choleraesuis* subsp. *indica* subsp. *Nov.*" *Annales de microbiologie*, Institut Pasteur 137 B(2): 211-217.

- Le Minor L., Popoff M.Y., 1987.** Designation of *Salmonella enterica* sp. nov. as the type and the only species of the genus *Salmonella*." *International Journal of Systematic Bacteriology* 37: 465-468.
- Le Minor L., Popoff M.Y., 1997.** Antigenic formulas of the *Salmonella* serovars, WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*, Paris. France. P-146.
- Le Minor L., Richard C., 1993.** Méthodes de laboratoire pour l'identification des entérobactéries. Paris (FR): Institut Pasteur; MBB 048.
- Lettelier A., Arsenault J., Quessy S., Boulianne M., 2006.** Prevalence and risk factors for *Salmonella* spp. caecal colonization in broiler and turkey flocks in Quebec, Canada. International Symposium on *Salmonella* and Salmonellosis Proceedings, Saint Malo, France, 343-347.
- Martin L.J., Fyfe M., 2004.** Increased Burden of Illness Associated with Antimicrobial-Resistant *Salmonella enterica* Serotype Typhimurium Infections. *Journal of Infectious Diseases* 189(3): 377-384.
- Mbaye M.N., 1994.** Parasitose intestinale au cours de l'infection rétrovirale (Etude rétrospective portant sur 266 dossiers colligés dans le service des maladies infectieuses à Dakar de 1986 à 1993). Thèse Pharmacie, Dakar, 1994, n° 61.
- Mead P.S., Slutsker L., 1999.** "Food-related illness and death in the United States." *Emerging Infectious Diseases* 5(5): 607-625.
- Miriagou V., Tassios P.T., 2004.** Expanded-spectrum cephalosporin resistance in non-typhoid *Salmonella*. *International Journal of Antimicrobial Agents* 23(6): 547-55.
- Molbak K., 2005.** Human health consequences of antimicrobial drug-resistant *Salmonella* and other foodborne pathogens. *Clinical Infectious Diseases* 41(11): 1613-20.
- Moulin G., Cavalie P., Pellanne I., Chevance A., Laval A., Millemann Y., Colin P., Chauvin C., 2008.** On behalf of the 'Antimicrobial Resistance' ad hoc Group of the French Food Safety Agency. A comparison of antimicrobial usage in human and veterinary medicine in France from 1999 to 2005. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 62: 617-625.

- Moulinier C., 2003.** Parasitologie et mycologie médicales : éléments de morphologie et de biologie. Edition *Médicales Internationales Lavoisier*, 2003
- Oliver S.P., Jayarao B.M., 2005.** Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment: food safety and public health implications. *Foodborne Pathogens and Disease* 2(2): 115-29.
- OMS, 2013.** Infection à *Salmonella* non typhique. *Aide-mémoire* N° 139.
- OMS, 1991.** Manuel d'épidémiologie pour la gestion de la santé au niveau du district, Ed. Jouve, 187.
- OMS/FAO, 2002.** Evaluation des risques liés à *Salmonella* dans les œufs et les poulets de chair. Série évaluation des risques microbiologiques.1. Résumé interprétatif, 77.
- Ouattara K., Coulibaly A., N'guessan J-D., Djaman A.J., Guede-guina F., 2007.** Activité anti-diarrhéique de *thoningia sanguinea* (thos) sur les infections à *Salmonella enterica* sérotype Enteritidis lysotype 6 chez la poule pondeuse. *Revue Ivoirien des Sciences et Technologies*, 06 151–160.
- Patrick A., Grimont D., Weill F-X., 2007.** Formules antigéniques des serovars de *Salmonella*; 9^{ème} édition, p8/166.
- Poirier E., Watier L., 2008.** Evaluation of the impact on human salmonellosis of control measures targeted to *Salmonella* Enteritidis and Typhimurium in poultry breeding using time-series analysis and intervention models in France." *Epidemiology and Infection* 136(9): 1217-24.
- Rabsch W., Tschäpe H., 2001.** Non-typhoidal salmonellosis: Emerging problems. *Microbes and Infection* 3(3): 237-247.
- Reeves M.W., Evins G.M., Heiba A.A., Plikaytis B.D., Farmer III J.J., 1989.** Clonal nature of *Salmonella typhi* and its genetic relatedness to other salmonellae as shown by multilocus enzyme electrophoresis and proposal of *Salmonella bongori*. *Journal of Clinical Microbiology*, 27, 313-320.
- Rose N., Beaudreau F., Drouin P., Toux J.Y., Rose V., Colin P., 1999.** Risk factors for *Salmonella enterica* subsp. Enterica contamination in French broiler-chicken flocks at the end of the rearing period. *Preventive Veterinary Medicine*. 39, 265-277.

Rostagno M.H., Hurd H.S., 2005. Resting pigs on transport trailers as an intervention strategy to reduce *Salmonella* Enterica prevalence at slaughter. *Journal of Food Protection* 68(8): 1720-1723.

Rostagno M.H., Wesley I., Trampel D., Hurd H., 2006. *Salmonella* prevalence in market-age turkeys on farm and at slaughter. *Poultry science*. 85(10):1838-1842.

Ruiz M., Rodriguez J.C., Sirven E., Escribano I., Cebrian L., Royo G., 2003. Usefulness of different techniques in the study of the epidemiology of salmonellosis. *Acta Pathologica Microbiologica et Immunologica Scandinavica*, 111(9), 848-856.

Sabrina C.S., De Buyser M.L., Vignaud M.L., Dao T.T., Messio S., Pairaud S., Hennekinne J-A., Pihier N., Brisabois A. 2012. Toxi-infections alimentaires collectives à *Bacillus Cereus* : bilan de la caractérisation des souches de 2006 à 2010. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 45-49.

Sabuncu E., David J., 2009. Significant reduction of antibiotic use in the community after a nationwide campaign in France, 2002-2007. *PLoS Medicine* 6(6).

Schneider S., Hebuterne X., Rampal P., 1998. Diarrhée aiguë de l'adulte. *La Revue du Praticien*. 1998; 48: 887-890.

Schneitz C., 2005. Competitive exclusion in poultry—30 years of research. *Food Control*, 16, 657-667.

Sheng-Yan C., Ming-Shu W., An-Chun C., Xue-Feng Q., Xiao-Yan Y., 2008. Comparative analysis of intestinal microbial community diversity between healthy and orally infected ducklings with *Salmonella* Enteritidis by ERIC-PCR. *World Journal of Gastroenterol* 21; 14(7): 1120-1125.

Silvia D.O., Marijo C.B., Luciana R.D.S., Marisa R., 2007. Phenotypic and genotypic characterization of *Salmonella* Enteritidis isolates. *Brazilian Journal of Microbiology*. 38: 720-728.

Sofos, 2008. Challenges to meat safety in the 21st century. *Meat Science* 78(1-2): 3-13.

- Spetner L., 1998.** "Not By Chance! Shattering The Modern Theory of Evolution." Does evolution work by accumulation of random mutations as neo-Darwinism claims or by 'adaptive' mutations as Spetner claims? *The judaica Press; New York*. 272.
- Swanson S.J., Snider C., 2007.** Multidrug-resistant *Salmonella enterica* serotype Typhimurium associated with pet rodents. *The New England Journal of Medicine* 356(1): 21-8.
- Tindall B.J, Grimont P.A.D., 2005.** Nomenclature and taxonomy of the genus *Salmonella*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 55(1): 521-524.
- Todd E.C., Greig J.D., 2008.** Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 5. Sources of contamination and pathogen excretion from infected persons. *Journal of Food Protection* 71(12): 2582-95.
- Torm H., 2004.** *Salmonella*, stress responses and food safety. *Nature Reviews Microbiologie*, 504-509.
- Torres R.D.C., Oletta C.A., Zlotnik H., 1996.** A rapid and gentle method for isolation of genomic DNA from pathogenic *Nocardia* spp. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology* 3: 601-604.
- Traoré I., 2002.** Portage de résistance des souches de *Salmonella* isolées de poulets reformés en Côte d'Ivoire. Mémoire de D.E.A, Université de Côte d'Ivoire.
- UEMOA, 2008.** Premières journées techniques avicoles. Actes des journées: Abidjan, du 16-18 Juin 2008. 39p.
- Ungemach F.R., Müller-Bahrtdt D., Abraham G., 2006.** Guidelines for prudent use of antimicrobials and their implications on antibiotic usage in veterinary medicine. *International Journal of Medical Microbiology* 296, S2, 33-38.
- Van Immerseel F., De Buck J., Boyen F., Pasmans F., 2005.** *Salmonella* dans la viande de volaille et dans les œufs: un danger pour le consommateur qui demande la mise en place d'un programme de lutte. *Médecine Vétérinaire*. 149 :34-48

- Velge P., Cloeckaert A., 2005.** "Emergence of *Salmonella* epidemics: The problems related to *Salmonella* enterica serotype Enteritidis and multiple antibiotic resistance in other major serotypes." *Veterinary Research* 36(3): 267-288.
- Versalovic J., Koeuth T., Lupski J R., 1991.** Distribution of repetitive DNA sequences in eubacteria and application to fingerprinting of bacterial genomes. *Nucleic Acids Research*, Vol. 19, No. 24 6823 -6831.
- Wang H., Slavik M.F., 1998.** Bacterial penetration into eggs washed with various chemicals and stored at different temperatures and times. *Journal of Food Protection*, 1998, 61, 276- 279.
- Wayne L.G., Brenner D.G., Colwell R.R., Grimont P.A.D., Kandler O., Krichevsky M. I., Moore H., Moore W. E. C., Murray R. G. E., Stackbrandt E., Starr M. P., Trüper H.G., 1987.** Report of the ad-hoc committee on reconciliation of approaches to bacterial systematics. *International journal of systematic Bacteriology* 37,463-464.
- Wei G., Pan L., Du H., Chen J., Zhao L., 2004.** ERIC-PCR fingerprinting-based community DNA hybridization to pinpoint genome-specific fragments as molecular markers to identify and track populations common to healthy human guts. *Journal of Microbiology Methods* 59: 91–108.
- Wegener H. C., Hald T., 2003.** *Salmonella* control programs in Denmark. *Emerging Infectious Diseases* 9(7): 774-780.
- Westermeier R., 1997.** Electrophoresis in Practice: a Guide to Methods and Applications of DNA and Protein Separation, VCH, Weinheim; 41, Issue 5, 319-320.
- Wilhelm L., 1997.** L’approvisionnement et la distribution alimentaires des villes de l’Afrique francophone DT/31-97F-1997. 25p.
- Yan S. S., Pendrak M. L., Abela-Ridder B., Punderson J. W., Fedorko, D. P., Foley S. L., 2003.** An overview of *Salmonella* typing public health perspectives. *Clinical and applied immunology reviews*. 4, 189-204.

WEBOGRAPHIE

Anonyme 2003. Filière avicole: viande et œufs. http://www.redev.info/elevage/veille/documents/4.Filiere_avicole_viande_et_oeufs.pdf. 50-61. Consulté le 15 mars 2014.

Anonyme 2012. Analyse microbiologique des aliments. https://fr.wikibooks.org/wiki/Analyse_microbiologique_des_aliments/La_recherche_de_salmonelles. Consulté le 22/11/2012.

Anonyme 2013a. *Salmonella* vu à travers un microscope électronique. <http://www.shutterstock.com/s/salmonella/search.html#id=20726044&src=y39F7ixg2v9ajb7YKaK-aw-1-4>) Consulté le 15 mars 2009.

Anonyme 2013b. Filière avicole viande et œufs. http://www.redev.info/elevage/veille/documents/4.Filiere_avicole_viande_et_oeufs.pdf. P-12. Consulté le 10/03/12

Anonyme 2014 a. <http://sante.lefigaro.fr/sante/maladie/salmonellose/quels->

Anonyme 2014 b. Les salmonelloses. <http://ethique.ipbs.fr/salmonellose.pdf>. Consulté le 11 juil. 2014.

Anonyme 2014 c. Les toxi-infections alimentaires <http://www.guide-des-aliments.com/dietetique/Information/Microorganismes/Toxi-infections-alimentaires/AB-Salmonella.html>. Consulté le 26 juillet 2014.

Anonyme 2014 d. Côte d'Ivoire – Intoxication alimentaire de plusieurs élèves à Dabou. <http://www.connectionivoirienne.net/92218/cote-divoire-intoxication-alimentaire-de-plusieurs-eleves-dabou>. Consulté le 30 septembre 2014.

Anonyme 2014e Côte d'Ivoire, Conseil des Ministres, décembre 2014. Résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2014 (RGPH-14). <http://www.lementor.net/?p=17233>; consulté le 12 mars 2015.

CA-SFM, 2013. Recommandations 2013. <http://www.sfm-microbiologie.org/>. Consulté le 26 Août 2014.

CNRA. 2014. Programme production d'élevage. <http://www.cnra.ci/descprog.php?id=14&prog=Productions%20d%27%E9levage&act=present>. Consulté le 15 avril 2014.

CNR-Salm. 2011. Rapport d'activité annuel 2011. <http://www.pasteur.fr/ip/ressource/filecenter/document/01s00004r01c/rapport-cnr-Salmonella-2011.pdf>. Consulté le 20 juin 2014. p-72.

Effoudou M., 2012. Afrique: une salmonellose mortelle due au SIDA. <http://www.journaldumali.com/article.php?aid=5337>, consulté le 09 février 2015.

EFSA., 2008. Décontamination de carcasses de volailles. (http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale1178620753816_1178715010871.htm). Consulté le 10 juin 2014.

FAO, 2004a. Première évaluation de la structure et de l'importance du secteur avicole commercial et familial en Afrique de l'Ouest. http://www.fao.org/docs/eims/upload/213782/agal_poultrysector_westafrica_jun06_fr.pdf. Consulté le 02/08/14.

FAO, 2004b. Production et santé animale. <http://www.fao.org/3/a-y5169f/>, consulté le 06 septembre 2014.

FAO, 2004c. Biosécurité dans les élevages avicoles à petite échelle. http://www.fao.org/docs/eims/upload/228400/biosecurity_cmr_tgo_fr.pdf. Consulté le 31 octobre 2014. 39p.

FAO, 2013. Perspectives de l'alimentation. Analyse des marchés mondiaux. <http://www.fao.org/docrep/017/al993f/al993f00.pdf>. Consulté le 14/07/14.

FAO, OMS, 2005. Système national de sécurité sanitaire des aliments et ses impacts socio-économiques et sanitaires (Préparé par la Côte d'Ivoire). Document de séance 16, Conférence régionale FAO/OMS sur la sécurité sanitaire des aliments pour l'Afrique. Harare, Zimbabwe, 3-6 octobre 2005:1-6p. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/009/af082f.pdf>. Consulté le 24 août 2014.

FAO., 2006. Influenza aviaire: des décennies pour enrayer H5N1. <http://www.fao.org/news/story/fr/item/66138/icode/>. Consulté le 12 mars 2014.

FIRCA, 2011. Acte8 la filière avicole; N°8 du 2^{ème} trimestre 2011. http://www.firca.ci/images/sw_journaux/09052013143535.pdf. Consulté le 10 mai 2014.

Garnier J-P., 2008. Maladies réputées contagieuses ou à déclaration obligatoire.<http://www.avicampus.fr/PDF/PDFmrc/ENVSalmoneuses.pdf>. Consulté le 29 juillet 2014. 9p.

Institut Pasteur, 2014. Antibiotiques, quand les bactéries font de la résistance; lettre de l'Institut Pasteur, N°85, 12p. http://www.pasteur.fr/sites/www.pasteur.fr/files/lip85_mai_2014_resistance_aux_antibiotiques-1.pdf. Consulté le 14 octobre 2014

InVS, 2012. Surveillance des toxi-infections alimentaires collectives. Données de la déclaration obligatoire 2012. 7p. http://www.civ-viande.org/wp-content/uploads/2014/04/tiac_donnees_2012.pdf. Consulté le 10 février 2015.

IPRAVI, 2014. Statistiques de production, importation et commercialisation de produits avicoles de 2000 à 2013. <http://www.ipravi.ci/presentation/20/Statistiques>. Consulté le 10/07/14.

ITAVI, 2014. Situation de la production et des marchés. <http://www.itavi.asso.fr/economie/conjoncture/NoteConjonctureChair.pdf>. Consulté le 04/08/14.

Kaldy P., 2007. Un meilleur traitement contre la fièvre typhoïde. <http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20070628.OBS4149/un-meilleur-traitement-contre-la-fievre-typhoide.html>. Consulté le 24 juillet 2014.

Le Hello L.S., Harrois. D., Bouchrif B., Sontag., Elhani D., Guibert V., Zerouali K., Weill F-X., 2013. Highly drug-resistant *Salmonella enterica* serotype Kentucky ST198-X1: a microbiological study, *The Lancet infectious Diseases*, en ligne le 28 mai 2013 <http://www.pasteur.fr/fr/institut-pasteur/presse/documents-presse/emergence-mondiale-d-une-salmonelle-hautement-resistante-aux-antibiotiques-avec-risque-d-implantation-dans-les-elevages-volailles-europeens#sthash.2rMPFD7q.dpuf>. Consulté le 09 février 2015.

Norme Corpen, 2006. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles. http://www.itavi.asso.fr/elevage/environnement/brochure_corpen2013.pdf.

Consulté le 06 septembre 2014.

OIE., 2010. Prévention, détection et maîtrise des infections à *Salmonella* dans les élevages de volailles. Code sanitaire pour les animaux terrestre. Chapitre 6.5. http://web.oie.int/fr/normes/mcode/fr_chapitre_1.6.5.pdf. Consulté, le 03 mars 2015.

OMS, 2014. Information sheet observed rate of vaccine reactions-typhoid vaccine. Global vaccine safety; 4p. http://www.who.int/vaccine_safety/initiative/tools/Typhoid_vaccine_rates_information_sheet.pdf Consulté le 10 février 2015.

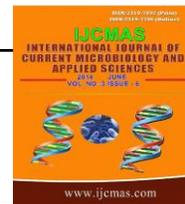
Teleu N.E., Ngatchou A., 2006. Première évaluation du secteur avicole au Cameroun: structure et importance du secteur avicole commercial et familial pour une meilleure compréhension de l'enjeu de l'influenza aviaire. Rapport des consultants nationaux, FAO, Projet OSRO/GLO/MUL, [Emergency assistance for the control and prevention of Avian Influenza], Representation FAO, Yaoundé Cameroun, 48p. http://www.fao.org/docs/eims/upload/213743/agal_poultrysector_cameroun_may06_fr.pdf.

Weill F-X., 2008. *Salmonelles* non-typhiques d'origine animale et résistance aux antibiotiques. Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France-2008-Tome 161-N°3.

Wikipédia. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Salmonellose> consulté le 05 novembre 2012.

PUBLICATIONS

1^{ère} PUBLICATION



Original Research Article

Serotypes and antibiotic resistance of *Salmonella* spp. isolated from poultry carcass and raw gizzard sold in markets and catering in Abidjan, Côte d'Ivoire

Koffi Ahua René^{1,2*}, Dadié Adjéhi¹, Ouassa Timothée^{2,3}, Karou Tago³, Djè Koffi Marcelin¹ and Menan Eby Ignace-Hervé^{2,3}

¹Université Nangui Abrogoua, Department of Food Science and Technology, Laboratory of Biotechnology and Food Microbiology, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire;

²Diagnostic Center and Research on AIDS and opportunistic diseases, CHU of Treichville, B.P.V 3 – Abidjan, Côte d'Ivoire

³Université Félix Houphouët Boigny, Laboratory of Microbiology, Faculty of pharmacy, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire;

*Corresponding author

ABSTRACT

Keywords

Salmonella, serotype, resistance, food, prevalence

To determine the serotypes and antibiotic resistance of isolates poultry from products sold in markets and catering, 560 samples, of which 240 gizzards and 360 chicken carcasses were taken. Strains were identified by bacteriological analysis and characterized by serotyping and antibiotype. The prevalence of *Salmonella* in poultry products was 27 %, with 47.9 % from gizzard and 11.3 % from chicken carcass. The isolation rate was 42.8 %, 32.1 % and 25% respectively for products taken from market, slaughterhouse and catering. Serotypes *S. Hadar* (28.6%), *S. Virchow* (10.7%) and *S. Kentucky* (10.7%) were more frequent and *S. Gallinarum*, *S. Albany*, *S. Rissen* and *S. Montevideo* (3.57 %) were rare. Strains are resistant to aminopenicillins (53 to 60.7 %) and cephalothin (53.6 %). The Households and tenants of premises catering must take precautions in handling poultry products purchased on the market.

Introduction

Foodborne diseases cause a public health and economic problem in both developed than in developing countries (WHO, 2012). Although billions of people suffer from foodborne diseases yearly, it is difficult to obtain accurate estimates of the incidence of foodborne disease, especially in developing countries such as Côte

d'Ivoire (WHO, 2002; Grace *et al.*, 2008). In Côte d'Ivoire, people with gastrointestinal symptoms (diarrhea, vomiting, stomach cramps, fever) rarely go to the hospital, because they lack medical coverage; therefore, the rate of food poisoning is underreported (Kouamé-Sina *et al.*, 2012). The main cause of

foodborne diseases is bacterial origin. The pathogenic microorganisms most frequently consumed in food in decreasing order are *Salmonella*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, and *Escherichia coli* (Kouamé *et al.*, 2010; Koffi-Nevry *et al.*, 2012) Animal-source foods such as poultry products are important causes of foodborne diseases. In Côte d'Ivoire, poultry products such as eggs, laying hens and broiler chickens as well as chicken carcass and gizzards are flooding the markets and trade area (IPRAVI, 2011). Consumption of local modern poultry carcass increased from 0.46 to 1.05 kg / capita / year from 2005 to 2011 (IPRAVI, 2011).

The raw material used for making meal of poultry products, both in the catering and in households, generally comes from traditional markets. Most farmers, sellers and restorers have little understanding of the hygiene and sanitary aspects of chicken carcass and gizzards handling. The practices of farmers, sellers, and restorers throughout the production and delivery chains do not adequately prevent or reduce contamination by pathogens capable of causing foodborne diseases amongst consumers. *Salmonella* spp., a common poultry product inhabitant, is one such pathogen. *Salmonella* is a ubiquitous and resistant bacteria, which can survive for several weeks in a dry environment and several months in water. It may be responsible in humans, based on their physiological status, of a diarrhea with or not fever and sometimes the infection can be fatal for the consumers.

The aim of this study is to determine the serotypes and antibiotic resistance of *Salmonella* isolated from gizzards and poultry carcass sold in markets and catering.

Materials and Methods

Study area

We conducted a cross-sectional study of production system and traditional markets of chicken carcass and gizzards in four municipalities of Abidjan: Abobo, Cocody, Adjamé and Port-Bouët. Three of these four municipalities (Abobo, Adjamé and Port-Bouët) had traditional slaughtering of poultry and catering. At the market of Cocody, only samples of gizzards were collected. These sites were selected purposively, based on the importance of the market for the traditional poultry sector and the willingness of the actors (farmers, sellers, livestock owners) to participate in the study. The sites selected were estimated to incorporate 80% of production system and traditional markets of chicken carcass and gizzards in Abidjan.

Isolation and identification of *Salmonella* spp

Samples were consisted of fresh carcass and raw chicken gizzards (*Gallus gallus*). They were collected on four passages between June and August 2010. During each passage, 60 gizzards samples and 80 chicken carcasses were aseptically collected in stomachers bag. A total of 560 samples, including 240 raw gizzards and 320 chicken carcasses were sampled. Immediately after collection, samples were chilled in an ice cooler box at 4° C and transported to the laboratory CeDReS for analysis within 2h after sampling.

All the samples collected were analyzed for the isolation and identification of *Salmonella* spp. The isolation was carried out according to standard NFEN ISO6579 (Association Française de Normalisation, 2002).

Salmonella Typhimurium (ATCC ® 14028

™) was used as reference strain in all the tests.

Serotyping of *Salmonella* spp

A study on the serotyping was carried out on 37 *Salmonella* spp strains. Of these strains 9 were isolated from poultry carcass samples, and 28 from gizzards. Self-agglutination test with 1 % saline was performed with the bacteria strains prepared from a 24 h pure culture on ordinary agar (Bio-Rad, France). Serotyping of *Salmonella* spp. was carried out according to Kauffmann-White scheme (1934). The strains were serotyped with antisera O, H and Vi (BioMérieux, France). The results were interpreted according to Kauffmann-White- Le Minor scheme (Patrick and François-Xavier, 2007).

Antibiotic susceptibility tests

The antibiogram was carried out on Mueller-Hinton Agar (BioRad, France) according to disk-diffusion method (Bauer *et al.*, 1966). The antibiotics used (BioRad, France) were as following: ampicillin (10 µg), amoxicillin clavulanic acid (20 µg/10 µg), Imipenem (10 µg), Cephalothin (30 µg), Cefotaxime (30 µg), aztreonam (30 µg), kanamycin (30 µg), Gentamicin (15 µg), Chloramphenicol (30 µg), Tetracycline (30 µg), colistin (50 µg), furans (300 µg), nalidixic acid (30 µg), Pefloxacin (5 µg), ciprofloxacin (5 µg), Sulfamethoxazole + Trimethoprim (1.25 µg/23.75 µg). Inhibition zone was examined and interpreted according to the recommended method by Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM, 2010).

Results and Discussion

Prevalence of *Salmonella*

In total, *Salmonella* spp. was found in 151 (27%) samples. The highest prevalence was found in chicken gizzards (47.9%). In chicken carcass the prevalence of *Salmonella* spp was 11.3 % (Table 1). The prevalence of market products, slaughter samples and those of catering were presented in Table 2. At the municipality level, the prevalence is variable; she is highest to Abobo (8.2%) and less elevated in Cocody (3.8%).

Frequency of *Salmonella* serotype

The distribution of the different serotypes of *Salmonella* is show in table 4. *Salmonella* Enterica was the only specie found in this study. All the 37 strains of *Salmonella* isolated were divided into 13 serotypes (table 2). The highest serotypes found were *S. Hadar* (29.7%) and *S. Virchow* (13.5%). According to the origin of the isolates, *S. Hadar* and *S. Virchow* are the highest frequency (5.4%) in catering.

However, *Salmonella* Hadar is the predominant serotype isolated from Slaughter house (13.5%) and Poultry market (10.8%). Indeed, in Abobo, 12 strains are distributed among 8 serotypes. In Cocody, 6 strains are divided into 5 serotypes. In Adjamé there are 10 strains for 8 serotypes. Finally in Port-Bouët there are 9 strains divided into 8 serotypes. In all the markets, *Salmonella* serotypes isolated are almost found (Table 3).

The distribution of *Salmonella* strains isolated reflects different municipalities selected for the study (Table 3).

Susceptibility to antibiotics

The susceptibility of the serotypes of *Salmonella* to antibiotics is summarized in table 5. The isolates were resistant to ampicillin (48.7%), Amoxicillin + Clavulanic acid (43.2%) and cefalotin (40.5%). On all 13 serotypes, only *S. Montevideo* has a wild profile (Tables 5). The following antibiotics (ATM, IPM, AN, TM, GM and CS) are not resistant to all isolated serotypes of *Salmonella*. Overall, two areas of resistance are observed (Table 5).

The prevalence of *Salmonella* isolated was 27%, the isolation rate was virtually identical in all Abidjan municipalities (table 1). At the municipal level, the prevalence's recorded were the same? They provide 7.5% in 3 municipalities in 4 cases. However, the prevalence of chicken gizzards in isolates was higher (47.9%) than chicken carcasses (11.3%). From chicken carcass and gizzards tested we were isolated and identified 37 strains of *Salmonella* spp (table 2). This shows the presence of *Salmonella* in these products as required by the work done Brisabois *et al.* 2006. It appears that the isolation rates of *Salmonella* in poultry markets are higher than slaughterhouses and canteens. More bacteria were isolated on Abobo market than in other markets.

In all three sites, the isolation of strains in the markets was more important with 42, 9%. This was the proof that in the markets, the risk of *Salmonella* contamination was high. The important proportion of isolation shows that there was a high risk in poultry products (Modzelewska-Kapituł a and Maj-Sobotka, 2014). However, concern appears if markets were riskier than canteens and slaughterhouses that could mean a favorable factor in the emergence of *Salmonella* from these markets. The

conditions for the emergence of strains of *Salmonella* were unhygienic (Koffi *et al.* 2012) and especially the handling of food with dirty hands. The emergence or expansions of these problems were largely the result of the change in our agricultural or industrial practices (De Winter *et al.* 2011). At the markets, some traders often coexist with garbage lies and other insects commute between garbage and sometimes food was exposed on the floor for sale. This promotes the export of germs from one point to another, and could explain the fact that markets were bacteria tanks, especially *Salmonella* (anonymous, 2014).

Anyway we met in market many germs. The finding in this study was that there were *Salmonella* on each market chosen as research site (Table 4). Another study on raw chicken gizzards displayed for sale was conducted in Yopougon. It revealed a carrier rate of 61.87 % and a presence of 25 *Salmonella* serotypes including *S. Hadar* majority in Yopougon (Bonny *et al.* 2011). These results are in conformity with those of our study. Although, Adjamé market was which had the highest *Salmonella* isolated, it was noted that all markets, the study sites are contaminated with these bacteria. However when the medium was contaminated with *Salmonella*, it was very difficult to remove completely. Our study confirms the presence of *Salmonella* in food of avian origin, mainly in chicken gizzards, fresh carcass and poultry sold in the markets and in specific areas of restoration. The result was similar to that achieved by another study confirms that the gizzards were mostly likely to contain pathogenic bacteria of the genus *Salmonella* (Tibajuka *et al.* 2003). However, no strain of *Salmonella* was tolerated in 25 g of food (Guillaume, 2006; Wits J. 2009).

Table.1 Prevalence of *Salmonella* spp in Food samples

Food samples (number)	Distribution of <i>Salmonella</i> spp in different foods in Abidjan municipalities				
	Abobo (n= 160)	Adjamé (n=160)	Cocody (n= 80)	Port-Bouët (n= 160)	Total (%)
Poultry carcass (320)	9 (2.8)	13 (4.1)	4 (1.3)	10 (3.1)	36 (11.3)
Chicken gizzards (240)	37 (15.4)	29 (12.1)	17 (7.1)	32 (13.3)	115 (47.9)
Total (560)	46 (8.2)	42 (7.5)	21 (3.8)	42 (7.5)	151 (27)

Table.2 Prevalence of *Salmonella* spp. serotypes isolated from chicken gizzards and fresh chicken carcass

Strains	Antigenic formula	Number (%) of chicken carcass isolates	Number (%) of gizzards isolates
<i>S. Hadar</i>	6,8 : z10 : e, n, x	2 (5.4)	9 (24.3)
<i>S. Virchow</i>	6,7, 14 : r : 1, 2	2 (5.4)	3 (8.1)
<i>S. Infantis</i>	6, 7, 14 : r : 1, 5	1 (2.7)	1 (2.7)
<i>S. Kentucky</i>	8, 20 : i : z6	0	3 (8.1)
<i>S. Montevideo</i>	6, 7, 14 : g, m, p, s : 1, 2, 7	0	1 (2.7)
<i>S. Gallinarum</i>	1, 9, 12 : - : -	1 (2.7)	2 (5.4)
<i>S. Typhimurium</i>	1, 4, 5,12 : i : 1,2	1 (2.7)	2 (5.4)
<i>S. Enteritidis</i>	1, 9,12 : g, m :-	1 (2.7)	2 (5.4)
<i>S. Heidelberg</i>	1, 4, 5, 12 : r : 1, 2	0	2 (5.4)
<i>S. Rissen</i>	6, 7, 14 : f, g : -	0	1 (2.7)
<i>S. Albany</i>	8, 20 : z4, z24 : -	0	1 (2.7)
<i>S. Agona</i>	1, 4, [5], 12: e, h : 1,2	1 (2.7)	0
<i>S. Saintpaul</i>	1, 4, [5], 12: f, g, s : [1,2]	0	1 (2.7)
Total		9 (24.3)	28 (75.7)

Table.3 Distribution of *Salmonella* spp. serotypes isolated from chicken carcass and gizzards according to municipalities

Strains	Cocody	Abobo	Adjamé	Port-Bouët	Total (%)
<i>S. Virchow</i>	1 (2.7)	2 (5.4)	1 (2.7)	1 (2.7)	5 (13.5)
<i>S. Infantis</i>	0	1 (2.7)	1 (2.7)	0	2 (5.4)
<i>S. Typhimurium</i>	0	1 (2.7)	1 (2.7)	1 (2.7)	3 (8.1)
<i>S. Hadar</i>	2 (5.4)	4 (10.8)	3 (8.1)	2 (5.4)	11(29.7)
<i>S. Enteritidis</i>	1 (2.7)	1 (2.7)	0	1 (2.7)	3 (8.1)
<i>S. Heidelberg</i>	1 (2.7)	0	1 (2.7)	0	2 (5.4)
<i>S. Kentucky</i>	0	1 (2.7)	1 (2.7)	1 (2.7)	3 (8.1)
<i>S. Montevideo</i>	0	0	0	1 (2.7)	1 (2.7)
<i>S. Rissen</i>	0	1 (2.7)	0	0	1 (2.7)
<i>S. Albany</i>	0	0	1 (2.7)	0	1 (2.7)
<i>S. Gallinarum</i>	1 (2.7)	1 (2.7)	0	1 (2.7)	3 (8.1)
<i>S. Agona</i>	0	0	1 (2.7)	0	1 (2.7)
<i>S. Saintpaul</i>	0	0	0	1 (2.7)	1 (2.7)
Total	6 (14.2)	12 (32.4)	10 (27.0)	9 (24.3)	37 (100)

Table.4 Distribution of *Salmonella* spp. serotypes isolated from chicken carcass and gizzards according to origin

Strains	Catering	Slaughterhouse	Poultry market	Total (%)
<i>S. Virchow</i>	2 (5.4)	1 (2.7)	2 (5.4)	5 (13.5)
<i>S. Infantis</i>	0	1 (2.7)	1 (2.7)	2 (5.4)
<i>S. Typhimurium</i>	0	2 (5.4)	1 (2.7)	3 (8.1)
<i>S. Hadar</i>	2 (5.4)	5 (13.5)	4 (10.8)	11 (29.7)
<i>S. Enteritidis</i>	1 (2.7)	0	2 (5.4)	3 (8.1)
<i>S. Heidelberg</i>	1 (2.7)	1 (2.7)	0	2 (5.4)
<i>S. Kentucky</i>	0	1 (2.7)	2 (5.4)	3 (8.1)
<i>S. Montevideo</i>	1 (2.7)	0	0	1 (2.7)
<i>S. Rissen</i>	1 (2.7)	0	0	1 (2.7)
<i>S. Albany</i>	0	0	1 (2.7)	1 (2.7)
<i>S. Gallinarum</i>	1 (2.7)	1 (2.7)	1 (2.7)	3 (8.1)
<i>S. Agona</i>	0	1 (2.7)	0	1 (2.7)
<i>S. Saintpaul</i>	0	0	1 (2.7)	1 (2.7)
Total (%)	9 (24.3)	13 (35.1)	15 (40.6)	37 (100)

Table 5: Antibiotic resistance of *Salmonella* spp. isolates

Species	AM	AMC	TIC	CF	ATM	IPM	K	AN	TM	GM	NET	TE	CIP	C	CS	SXT
<i>S. Hadar</i>	6	5	3	7	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1
<i>S. Virchow</i>	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>S. Infantis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>S. Typhimurium</i>	4	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>S. Enteritidis</i>	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>S. Heidelberg</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>S. Kentucky</i>	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. Montevideo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. Rissen</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. Albany</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>S. Gallinarum</i>	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>S. Agona</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>S. Saintpaul</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Total (%)	48,65	43,24	16,22	40,54	0,00	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,70	10,81	13,51	8,11	0,00	13,51

AM = Ampicillin, AMC = Amoxicillin + clavulanic acid, IPM = Imipenem, CF = Cefalotin, TIC = Ticarcillin, ATM = Aztreonam, K = Kanamycin, GM = Gentamicin, TM = Tobramycin C = Chloramphenicol, TE = Tetracyclin, CS = Colistin, NET = Netilmicyne, AN = Amikacyn, CIP = Ciprofloxacin, SXT = Sulfamethoxazole + Trimethoprim)

After serotyping, 37 strains of *Salmonella* spp, the result was a single species: *Salmonella* Enterica. Serotypes were met: *S. Virchow*, *S. Infantis*, *S. Typhimurium*, *S. Hadar*, *S. Enteritidis*, *S. Heidelberg*, *S. Kentucky*, *S. Montevideo*, *S. Rissen*, *S. Gallinarum* and *S. Albany*. From these serotypes, *S. Hadar* represents 28.57% of the isolates. *S. Hadar*, *S. Virchow*, *S. Typhimurium* and *S. Enteritidis* were isolated in both gizzards in poultry. *S. Kentucky* is found in all the study sites; this presence could be special and give the sign of a serotype expansion. It was this finding led only the CNRS in its Annual Activity Report 2011, as *S. Kentucky* is an emerging serotype (CNRS, 2011). The coexistence of these serotypes in poultry products of different types requires special attention.

This result is consistent with that of Coulibaly *et al.* in 2010. It is followed *S. Virchow*, *S. Gallinarum* and *S. Kentucky*, in the proportions of 10.72 % (Table 3). Strains isolated from gizzards, and poultry carcass had generally resistance to aminopenicillins carboxypenicillines, with β -lactam inhibitor of β lactamase (Table 5).

However, *Salmonella* was an enterobacteria, it should be naturally sensitive to β -lactams, aminoglycosides, quinolones, fluoroquinolones and nitrofurantoin. The phenotype displayed by *Salmonella* expresses that it had acquired resistance to these antibiotics. These results were consistent with those showing that fluoroquinolones resistance had progressed in 2008 (Coulibaly *et al.* 2009). Only one strain *S. Montevideo* was tested sensitive to all antibiotics used in our study. It could be a purely wild strain. This strain came from contamination from the environment or from another source.

In conclusion, the serotype and antibiotic resistance of *Salmonella* in poultry products, markets and catering were concerns. Salmonellosis therefore remained a topical issue. Eradication in poultry was probably a utopia. However, the long-term control programs was undoubtedly the elimination of *Salmonella* infection, if possible in poultry and consequently in the gizzards; in this order, to reduce greatly salmonellosis in human cases. Protective measures, such as vaccination, might help to reduce the levels of contamination. The question of the level of resistance strains on antibiotics should be answered in a change of behavior in the appropriate use of antibiotics in livestock. Good hygienic slaughter practices were very important in this regard. Finally, we must be promoting integrated risk analysis procedures for characterizing and ensure communication with the consumer, so that it was aware of the level of risk associated with what he eats. Efforts should be concentrated primarily in the areas of distribution of the preparation and consumption, with particular emphasis on safety markets.

Acknowledgments

We sincerely thank farmers, restaurateurs; sellers of poultry and laboratory staff in CeDReS and Pasteur Institute in Abidjan for their contribution to this work.

References

- Anonymous, 2014. Transmission modes. Consulted in May 16th 2014. (http://biologie.cmaisonneuve.qc.ca/e-pidemiologie/modes_de_transmission.html#v%C3%A9hicule).
- Bauer, AW., Kirby, WMM., Sherris, JC. And Turck, M. 1966. Antibiotic

- susceptibility testing by standardized single disk method. Amer J ClinPathol45: 493-496.
- Bonny, A.C., Karou, T.G., Atobla, K., Bohoua, L.G. and Niamkey, L.S. 2011. Portage *Salmonella* in raw chicken gizzard exposed on sale in Abidjan, Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 47: 3230-3234.
- Brisabois, A., Danan, C., Frémy, S., Granier, S., Moury, F., Oudart, C., Piquet, C. and Pires Gomes, C. 2006. Data of *Salmonella* network inventory; serotyping and antibiotics sensibility, 2004. Editions AFSSA, Maisons Alfort, France. Pp: 114.
- CA-SFM, 2010. Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie. Available online: <http://www.sfm-microbiologie.org/>
- CNRS, 2011. Annual Activity Report, viewed 15 March 2014, pp-72. <http://www.pasteur.fr/ip/resource/file-center/document/01s-00004j-03v/ra-cnr-salm-2011.pdf>.
- Coulibaly, E. K., Bakayoko, S., Karou, T. G., Coulibaly, K. J., Goualie, G. B., Dosso, M., and Diopoh, K. J. 2009. Serotyping and antimicrobial resistance of *Salmonella* strains isolated from the livers of chickens sold in the markets of Yopougon (Abidjan Côte d'Ivoire) in 2005. RASPA vol. 8 NOS 2010. pp 6.
- Coulibaly, K. J., Bakayoko, S., Coulibaly, K.E., Karou, G. T., Goualie, G. B., Akesse, L., Gbonon, C., Boni-Cisse, C., Koffi, K. S., Ekaza, E., N'douba, A. and Dosso M. 2010. Biodiversity of *Salmonella* in Abidjan Study isolates from 2003 to 2009 by the reference center of the Pasteur Institute. RASPA NOS Vol.8, 19-23.
- De Winter, L. M., Ross, W. H., Couture H., Jeff, F. and Farber J. F. 2011. Risk assessment of internal contamination of shell eggs by *Salmonella* Enteritidis International Food Risk Analysis Journal, 2011, Vol. 1, No. 1, 40-81.
- French Association For Standardization, 2002. Detection of *Salmonella* spp. in feed in the standard method ISO 6579: 2002 - Procedure.
- Grace, D., Randolph, T., Olawoye, J., Dipelou, M., Kang'ethe, E. 2008. Participatory risk assessment: a new approach for safer food in vulnerable African communities. DevPract 2008; 18:611-8.
- Guillaume C. 2006. The entero-invasive bacteria and the intestinal barrier. Spectro sciences <http://www.spectrosciences.com/spip.php?article34>. [Accessed 25 January 2014].
- IPRAVI, 2011. Statistics of the poultry sector in Côte d'Ivoire. <http://www.ipravi.ci/presentation/20/Statistiques> [accessed 24 September 2013].
- Koffi-Nevry, R., Assi-Clair, B.J., Assemand, E.F., Wognin, A.S., Koussémon, M. 2012. Fecal contamination by irrigation water to lettuce grown in Abidjan; Journal of Applied Biosciences 52: 3669-3675.
- Kouamé-Sina, S.M., Bassa, A., Dadié, A., Makita, K., Grace, D., Dje, M., Bonfoh, B. 2010. Risks microbial analysis of local raw milk in Abidjan (Côte d'Ivoire). Revue Africaine de Santé et de Productions Animales (RASPA) 2010; S (8):35-42.
- Kouamé-Sina, S.M., Makita, K., Costard, S., Grace, D., Dadié, A., Dje, M., and Bonfoh B., 2012. Hazard identification and exposure assessment for bacterial risk assessment of informally marketed milk in Abidjan, Côte d'Ivoire. *Food*

- and Nutrition Bulletin*, vol. 33, No 4; 2012, 223-234.
- Modzelewska-Kapituś, M. and Maj-Sobotka, K. 2014. *Salmonella* sp. Occurrence in Minced Meat, Meat Preparations and Mechanically Separated Meat in Poland. *Juornal of Food Safety*; vol. 34, Issue 2, 126-131.
- Patrick, ADG., AND François-Xavier, W., 2007. Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars, WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella* 9ed. Institut Pasteur, PARIS; pp-167.
- Tibaijuka, B., Molla, B., Hildebrandt, G. and Kleer. 2003. Occurrence of *Salmonella* in raw chicken product in retail Ethiopia. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*, pp. 55-58.
- WHO, 2012. World health statistics accessed March 15, 2014, pp-180.
- Wits, J. 2009. Absence of *Salmonella* Enteritidis and Typhimurium in 25 grams of fresh poultry carcass. Federal Agency for the Safety of the Food Chain, 2004-2008. Pp-22.
- World Health Organization, 2002. WHO global strategy for food safety. Geneva: WHO.

2^{ème} PUBLICATION

Sérotypes et profils d'antibio-résistance de *Salmonella* suspectées d'origine alimentaire et isolées chez des patients diarrhéiques à Abidjan, Côte d'Ivoire

A. R. KOFFI¹, T. OUASSA², A. DADIE³, T. KAROU⁴, M. DJE KOFFI¹

Résumé

L'étude avait pour objectif de déterminer les sérotypes et le profil de résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* suspectées d'origine alimentaire et isolées chez des patients diarrhéiques. Elle a été conduite de 2006 à 2009 et a porté sur 75 souches de *Salmonella*. Les souches de *Salmonella* identifiées ont fait l'objet d'un sérotypage réalisé selon le schéma de Kauffmann et White et d'un antibiogramme. Au total, 5 sérotypes ont été déterminés après analyse de produits biologiques issus de patients malades, suite à la consommation de certains aliments courants. Il s'agit notamment de *Salmonella typhimurium* 33 (44%), *S. enteritidis* 23 (30,67%), *S. heidelberg* 12 (16%), *S. dublin* 4 (5,33%) et *S. anatum* 3 (4%). Un taux élevé de résistance des *S. typhimurium* 27 (82%) et de *S. enteritidis* 18 (78%) à l'ampicilline, l'amoxicilline et l'acide clavulanique a été constaté. L'étude a révélé la présence de plusieurs sérotypes de *Salmonella* dont certains sont multi-résistants.

Abstract

The study aimed to determine the serotypes and antibiotic resistance profile of *Salmonella* strains suspected food borne and diarrheal isolated from patients. It was conducted from 2006 to 2009. Seventy five *Salmonella* strains have been identified by serotyping performed according to the Kauffmann and White and, a drug susceptibility test was made according to the Kirby-Bauer method. A total of 5 serotypes were determined after analysis of biological products from patients ill from eating certain common foods. These include *Salmonella typhimurium* 33 (44%), *S. enteritidis* 23 (30.67%), *S. heidelberg* 12 (16%), *S. dublin* 4 (5.33%) and *S. anatum* 3 (4%). A high level of resistance of *S. typhimurium* 27 (82%) and *S. enteritidis* 18 (78%) to ampicillin, amoxicillin and clavulanic acid was found. The study revealed the presence of several *Salmonella* serotypes some of which are multidrug resistant.

1. Labo. microbiologie et biotechnologie, Univ. d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire
2. Unité Bactériologie, Centre de Diagnostic et de Recherche sur le SIDA et les maladies opportunistes (CeDReS), CHU Treichville, Abidjan, Côte d'Ivoire,
3. Microbiologie et sécurité alimentaire, Labo. Microbiologie et Biotechnologie, Univ. d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire,
4. UFR de Biosciences, Univ. de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Mots-clés :
Salmonella,
sérotypes,
antibiotiques,
diarrhée

Keywords:
Salmonella,
serotyping,
antibiotyping,
diarrhea

Introduction

Les maladies dues à une contamination infectieuse des aliments sont un problème de santé publique important qui ne cesse de prendre de l'ampleur. La situation est d'autant plus préoccupante que malgré les campagnes de sensibilisation sur l'hygiène alimentaire et les bonnes pratiques de préparation industrielle des aliments, le nombre de *Salmonella* isolé dans les laboratoires reste significatif [1]. Une

mauvaise pratique dans la préparation industrielle des aliments et leurs conservations en dehors des normes requises, induisent la prolifération des germes [2]. La plupart des pays qui disposent d'un système de notification des cas de maladie d'origine alimentaire ont apporté la preuve que, depuis plusieurs décennies, il y a eu accroissement de l'incidence des maladies dues à des micro-organismes pré-

sents dans les aliments, notamment le genre *Salmonella* [3]. Les salmonelloses et, particulièrement les salmonelloses non-typhiques, sont responsables d'infections sporadiques ou épidémiques, le plus souvent en raison de la contamination des aliments ou du portage asymptomatique [4, 5]. Les viandes de volailles et de porcs, les œufs, les produits laitiers et les légumes verts contaminés par le fumier ou l'eau d'arrosage sont les agents ou les facteurs de risques les plus cités dans la transmission de cette bactérie [5]. La survenue de salmonelloses est la plus fréquente chez les personnes à risques, en particulier, chez les immunodéprimés dont ceux infectés par le VIH/SIDA [6]. Dans le monde, 90% des cas de salmonelloses sont d'origine alimentaire ; l'Afrique vient en tête avec plus de 80% des cas de contamination [7]. En Tunisie, cette maladie sévit encore à l'état endémique, surtout dans les régions rurales avec une incidence de 5 pour 100.000 habitants [8]. En Côte d'Ivoire, des études révèlent que les salmonelles occupent une place importante dans les diarrhées bactériennes [9, 10, 11]. Les salmonelles favorisent la survenue de certaines maladies telles que la méningite [12, 13] et différentes formes de rhumatisme [13]. En Côte d'Ivoire, différentes études montrent la présence de *Salmonella* dans divers prélèvements biologiques d'animaux et d'hommes [9, 10, 11]. Dans notre étude, nous nous sommes proposés comme objectifs d'isoler et de sérotyper les souches de *Salmonella* identifiées

dans divers échantillons diarrhéiques de sujets malades, après une alimentation de qualité hygiénique douteuse puis de déterminer le niveau de résistance de ces souches vis-à-vis des antibiotiques généralement utilisés en Côte d'Ivoire.

Matériel et méthodes

Une enquête sur le dernier régime alimentaire des personnes souffrant de diarrhée à été menée. Cette enquête portait sur des données socio-logiques, la connaissance de salmonellose et de l'agent responsable, des mesures d'hygiène à prendre avant, pendant et après chaque repas. L'étude a porté sur 630 patients. Ces échantillons provenaient de différentes communes du district d'Abidjan (tableau I).

Une analyse des selles diarrhéiques de ces patients (tableau I) à été réalisée. L'isolement et l'identification ont été effectués selon les méthodes conventionnelles et avec l'utilisation de galerie API 20E, (bioMérieux, France). Un sérotypage a été réalisé suivant le schéma de Kauffmann White, à l'aide d'anti sérums O, H et Vi (Bio-Rad. Steenvoorde, France). Un antibiogramme à été réalisé sur toutes les souches de *Salmonella spp.* [14] (Méthode de Kirby-Bauer) [15].

Les antibiotiques utilisés sont : ampiciline (10 ug), amoxicilline + acide clavulanique (20 ug +10 ug), imipénème (10 ug), céfalotine (30 ug), cefotaxime (30ug), aztréonam (30 ug),

Tableau I : Nombre de patients diarrhéiques étudiés

	Féculents							Protéines				Total
	Attiéké	Alloko	Placali	Foutou	Kabato	Riz	Autres	Poisson	Viande	Œuf	Autres	
Enfants	35	20	16	5	15	45	6	85	15	38	4	284
Adultes	57	43	19	11	8	30	5	44	73	49	7	346
Selles diarrhéiques	92	63	35	16	23	75	11	129	88	87	11	630

NB : Enfant : entre 4 et 17 ans, adulte : 18 ans et plus, autres : absence d'informations précises de l'aliment consommé avant la diarrhée

kanamycine (30 ug), gentamicine (15 ug), chloramphénicol (30ug), tétracycline (30ug), colistine(50ug), furanes (300ug), acide nalidixique (30ug), pefloxacin (5ug), ciprofloxacin (5ug), triméthoprime + sulfaméthoxazole (1,25ug + 23,75ug).

L'étude de la résistance des souches a été déterminée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition, conformément aux recommandations du Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM) [16].

Résultats

Les résultats de l'analyse des selles diarrhéiques des patients, de notre étude ont été résumés dans le tableau II.

Le tableau II montre que plus de la moitié des *Salmonella* isolées (82%), est issue de selles diarrhéiques provenant de patients ayant pris au cours de leurs derniers repas des aliments contenant de la viande ou des œufs.

Cinq sérotypes différents ont été identifiés lors de cette étude. Il s'agissait de : *Salmonella typhimurium*, *S. enteritidis*, *S. heidelberg*, *S.*

dublin et *S. anatum*.

La répartition de ces sérotypes en fonction des 75 souches de *Salmonella* isolées a été consignée dans le tableau III.

Le tableau III montre la répartition des souches de *Salmonella* de 2006 à 2009. Il indique globalement une évolution stationnaire durant ces quatre années. Cependant, en 2007, un nombre plus élevé 25 (33,4%) a été noté.

C'est en moyenne 19 souches d'origine alimentaire qui sont isolées chaque année.

Le tableau IV exprime la fréquence de résistance des souches de *Salmonella* étudiées ; ainsi, malgré l'existence d'un nombre élevé de souches résistantes à des familles d'antibiotiques, il existe encore des antibiotiques dont les souches restent actuellement sensibles.

Le tableau V exprime la fréquence de résistance des souches identifiées aux antibiotiques usuels. Ainsi, on note une forte résistance des souches (72%) aux ampicillines et à l'amoxicilline + association. Cependant, toutes les souches de *Salmonella* étudiées étaient sensibles aux antibiotiques suivants : céfotaxime, imipénème, aztréonam, gentamicine et colistine.

Tableau II : Fréquence d'isolement des *Salmonella* dans les selles diarrhéiques chez les patients étudiés

	Féculeux							Protéines				Total
	Attiéké	Alloko	Placali	Foutou	Kabato	Riz	Autres	Poisson	Viande	Œuf	Autres	
Selles diarrhéiques	92	63	35	16	23	75	11	129	88	87	11	630
Salmonella isolée (%)	1 (1,33)	0 (0)	2 (2,67)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	27 (36)	35 (46,67)	3 (4)	75 (100)

Tableau III : Répartition des isolats de *Salmonella* de 2006 à 2009

Sérotypes	2006	2007	2008	2009	Total
<i>S. typhimurium</i> (%)	6 (8,0)	11 (14,7)	7 (9,3)	9 (12,0)	33 (44,0)
<i>S. enteritidis</i> (%)	4 (5,3)	8 (10,7)	8 (10,7)	3 (4,0)	23 (30,7)
<i>S. heidelberg</i> (%)	0 (0,0)	4 (5,3)	6 (8,0)	2 (2,7)	12 (16,0)
<i>S. dublin</i> (%)	3 (4,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (1,3)	4 (5,3)
<i>S. anatum</i> (%)	0 (0,0)	2 (2,7)	1 (1,3)	0 (0,0)	3 (4,0)
Total (%)	13 (17,3)	25 (33,4)	22 (29,3)	15 (20,0)	75 (100,0)

Tableau IV : Résistance aux antibiotiques des souches de Salmonella

Familles	Antibiotiques	Résistance (%)
β-lactamines	Ampiciline (AM)	56 (74,7)
	Amoxicilline + Acide clavulanique Imipénème (AMC)	54 (72,1)
	Céfalotine (CF)	52 (69,4)
	Céfotaxime (CTX)	0 (0,0)
	Aztréonam (ATM)	0 (0,0)
Aminosides	Kanamycine (K)	1 (1,6)
	Gentamicine (GM)	0 (0,0)
Phénicolés	Chloramphénicol (C)	38 (50,8)
Tétracyclines	Tétracycline (TE)	30 (40,1)
Polypeptides	Colistine (CS)	0 (0,0)
Nitrofuranes	Furanes (NIT)	33 (44,1)
Quinolones	Acide nalidixique (NAL)	4 (5,6)
	Pefloxacine (PEF)	3 (4,2)
	Ciprofloxacine (CIP)	1 (1,6)
Sulfamides + associations	Triméthoprim + Sulfaméthoxazole (SXT)	45 (60,1)

Tableau V : Résistances aux antibiotiques selon les sérotypes de Salmonella

Antibiotiques	Souches résistantes (%)	<i>S. typhimurium</i> (%)	<i>S. enteritidis</i> (%)	<i>S. heidelberg</i> (%)	<i>S. cublin</i> (%)	<i>S. anatum</i> (%)
Ampiciline	54 (72,0)	27 (82,0)	18 (78,3)	5 (42,0)	3 (75,0)	1 (33,3)
Amoxicilline+ Ac. clavulanique	54 (72,0)	27 (82,0)	18 (78,3)	5 (42,0)	3 (75,0)	1(33,3)
Céfalotine	52 (69,3)	25 (76,0)	20 (87,0)	4 (33,3)	2 (50,0)	1 (33,3)
Kanamycine	1(1,3)	1 (3,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Chloramphénicol	38 (50,7)	26 (79,0)	8 (34,8)	2 (16,7)	1 (25,0)	1 (33,3)
Tétracycline	30 (39,9)	20 (61,0)	7 (30,4)	2 (16,7)	0 (0,0)	1 (33,3)
Nitrofuranes	33 (43,9)	18 (54,5)	11 (47,8)	3 (25,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Acide nalidixique	4 (5,3)	3 (9,1)	1 (4,3)	0 (0,0)	1 (25,0)	0 (0,0)
Péfloxacine	3 (4,0)	2 (6,1)	1 (4,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Ciprofloxacine	1 (1,3)	1 (3,0)	1 (4,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Triméthoprim + Sulfamides	45 (59,8)	30 (90,9)	13 (56,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (66,7)

Discussion

Les principaux aliments consommés par notre population d'étude sont : le riz et l'attiéké pour les féculents puis le poisson, la viande et les œufs pour les protéines animales. Les habitudes alimentaires de nos sujets se rencontrent dans plusieurs régions de la Côte d'Ivoire [17]. Le fait d'avoir des salmonelloses au sein de nos populations montre qu'il y a une

rupture ou une méconnaissance des règles d'hygiènes. Dans plus de 90% des cas de salmonellose, c'est la consommation d'aliment contaminé qui est en cause [18]. Une bonne hygiène lors de la préparation des repas sur toute la chaîne de production est essentielle pour se prévenir contre la contamination. Elle commence au début de la chaîne de l'alimen-

tation avec les règles d'hygiène pour les professionnels, et va jusqu'aux conseils d'hygiène domestique pour les consommateurs.

En effet, les différentes salmonelloses observées durant les quatre années d'étude ont permis d'isoler des *Salmonella* qui se répartissent en cinq sérotypes. Les sérotypes *typhimurium* et *enteritidis* prédominaient sur l'ensemble des souches isolées de 2006 à 2009. En France, depuis 2005, *S. typhimurium* et *S. enteritidis* sont les principaux sérotypes chez l'homme. Dans une étude réalisée au niveau des poulets en France, ces germes occupent respectivement la troisième et la deuxième place à travers les souches isolées [19, 20]. Selon certaines études, il existerait une relation entre les souches d'origine humaine et les souches d'origine aviaire [21].

L'observation qui découle de ces travaux, permet de dire que c'est l'alimentation de l'homme qui le fait vivre mais c'est aussi cette alimentation qui si elle renferme des germes indésirables peut être source de maladies.

Ceci dit, cette relation de cause à effet se justifierait par le fait que des études ont montré que les cinq premiers sérotypes retrouvés chez l'homme sont les mêmes chez le poulet, dans un ordre différent [21, 22]. La position occupée par ces souches dans cette étude est la même que celle observée dans les travaux de WEILL [23] où dans la répartition des 15 principaux sérotypes de *Salmonella* en France de 2005 à 2007, *S. typhimurium* vient en première position avec 11024 cas, suivi de *S. enteritidis* avec 8703 cas. C'est le même constat avec le rapport d'activité 2005 du Centre National de Référence des *Salmonella* (CNR-salmonella) en France, qui montre que depuis 2005, *S. typhimurium* est en évolution [24]. Nos résultats sont comparables à ceux de KORSACK et al qui donne 39% de *S. typhimurium* [25]. En Belgique, le "top dix" des sérotypes de *salmonella* humaines répertorié en 2004 donne : *S. enteritidis* en tête avec 63,6% des cas contre *S. typhimurium*

avec 25,8% [26]. La situation n'est pas différente au Sénégal, où l'on note la présence significative de *S. enteritidis* et de *S. typhimurium* dans les 85 cas de *Salmonella* identifiée lors d'une bactériémie à la clinique des maladies infectieuses Ibrahim Diop Mar [27].

Au Burkina, ce sérotype de *Salmonella* est impliqué dans la survenue d'une méningite au CHU de Ouagadougou [28]. Les résultats montrent aussi que les salmonelloses sont en grande majorité issues d'infections à *Salmonella typhimurium*. Cela se confirme dans les cas de salmonelloses en France, avec une fréquence de 54,3% [13]. Les mêmes valeurs ont été trouvées par SCHNEIDER, à travers ses travaux sur le sérotypage des souches de *Salmonella* les plus fréquents en France [29]. Les autres sérotypes : *Salmonella heidelberg*, *Salmonella dublin*, et *Salmonella anatum* sont rencontrés dans des proportions variables dans les isolats de selles diarrhéiques. La salmonellose fait partie des maladies opportunistes auxquelles sont exposées les personnes vivant avec le VIH/SIDA. Chez ces malades, au Gabon, les sérotypes prédominants étaient *Salmonella Typhimurium* et *Salmonella Enteritidis* qui représentaient respectivement 41% et 26 % des souches isolées [30]. Tous ces résultats sont confirmés par une étude descriptive des bactériémies à *Salmonella* non typhiques chez des patients infectés par le VIH, au CHU de Dakar (Sénégal), de 1996 à 2005, qui révèle soixante-deux cas de *Salmonella* répartis comme suit : 38 cas de *Salmonella enteritidis*, 11 cas de *Salmonella typhimurium*, 2 cas de *Salmonella dublin* et 11 cas de *Salmonella spp.* [31].

Par ailleurs, la fièvre typhoïde se positionne actuellement comme l'une des maladies d'origine alimentaire en forte recrudescence en Côte d'Ivoire ; selon une étude réalisée à Abidjan par le laboratoire de microbiologie de l'UFR des sciences pharmaceutiques et biologi-

ques de L'Université de Cocody en 2001, la tranche d'âges de personnes atteintes de fièvre typhoïde sur 103 cas constatés est de 18 à 40 ans avec un sex-ratio de 0,9 [28].

Conclusion

L'étude réalisée a permis de mettre en évidence, certains sérotypes de Salmonella rencontrés en Côte d'Ivoire : *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella Dublin*, *Salmonella heidelberg* et *Salmonella anatum*. Elle a également révélé le niveau de résistance de ces souches vis-à-vis des antibiotiques couramment utilisés. De même, il est apparu à travers l'enquête réalisée que plus de la moitié des souches isolées provenait des selles de malades ayant consommés de la viande ou des œufs. L'étude a aussi révélée une forte résistance aux β-lactamines de la famille des pénicillines : ampicilline, amoxicilline + acide clavulanique, ticarcilline, mezlocilline. De même ces souches sont

résistantes aux sulfamides + associations (cotrimoxazole). Cependant, ces souches demeurent sensibles aux céphalosporines de 2ème et 3ème génération de même qu'aux quinolones. Les sérotypes et le profil de résistance aux antibiotiques de ces souches de Salmonella ainsi identifiées permettront de mieux comprendre le diagnostic et les difficultés liées aux traitements des sujets atteints de salmonelloses surtout dans l'utilisation d'antibiotiques adaptés à leurs affections ; particulièrement pour les sujets atteints du VIH.

L'émergence de souches de salmonelles résistantes aux antibiotiques couramment utilisés doit faire l'objet d'une attention particulière de la part des cliniciens, des microbiologistes et des responsables de la lutte contre les maladies opportunistes dans le cadre du VIH.

Enfin, les producteurs de denrées de consommation animales et humaines, en particulier les industries alimentaires doivent prendre des dispositions en matière d'hygiène pour garantir la qualité de leurs produits.

Références

1. Côte d'Ivoire : fièvre typhoïde choléra, dengue fièvre jaune : quand ces maladies de la saleté nous tiennent. <http://fr.allafrica.com/stories/200504150627.html>; consulté le 30 septembre 2010.
2. OMS Salmonelles multirésistantes ; aide-mémoire N° 139. Révisé avril 2005.
3. JAY J. M. Food borne gastroenteritis caused by Salmonella and Shigella. In : *Modern Food Microbiology, 2000, 6th edn, pp. 511-528. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers.*
4. FRAVALO P., CARIOLET R., PROUX K., SALAT G. Portage asymptomatique de *Salmonella enterica* par les porcs : résultats issus de la constitution d'un modèle en conditions expérimentales ; *Journées Recherche Porcine, 2003 ; 35, 393-400.*
5. GENDREL D., RAYMOND J., MOULIN F., HABIB F., INIGUEZ J.L., CHEMILLIER-TRUONG M., BADOUAL J. Eradication du portage asymptomatique des salmonelles non typhoïdiques par deux doses de pofloxacin. *Elsevier, Paris; 1995, vol. 2, n°5, pp 418-422.*
6. D'AOUST, J.-Y. Salmonella. Chapter 9. In : M.P. Doyle (ed.). 1989, *Foodborne Bacterial Pathogens, Marcel Dekker Inc., New York, NY. pp. 327-445.*
7. FAO et OMS Statistiques sur les maladies d'origine alimentaires en Europe, risques microbiologiques et chimiques. *Budapest, Hongrie : 25- 28 février 2002. www.fao.org/DOCREP/MEETING/004 ; date de consultation: 12-11-2009.*
8. OMS La consommation de produits alimentaires contaminés par les salmonelles, en Afrique et dans le monde. 2005, p78-79.
9. BOUZOUAIA N., BEN SALEN N., TIOURI H. La fièvre typhoïde en Tunisie : épidémiologie, traitement et prophylaxie. *Méd. Hyg. 1986, 44, 577-584.*
10. DOSSO M., RIVE J., NAEGBULEM S. I., DOUZOUA C., DUCHASSIN M. Carriers of Salmonella among the people of four villages in Abidjan area (Ivory Coast). *Bull. Soc Pathol Exot. Filiales. 1981 Sep-Oct, 74 (5): 477-84.*
11. AOUISS E. Les diarrhées bactériennes aiguës à Abidjan ; à propos de 530 coprocultures. *Thèse Doct Méd. 1983. N°403, 250p.*
12. KANGAH D., KOUAME K J., HOUENOU Y., TIMITE M., DOSSO M., ASSI ADOU J. Les diarrhées aiguës infantiles en Côte d'Ivoire. *Méd Afr Noire 1981 ; 28 : 725-6.*
13. SANGARE L., KIENOU M., LOMPO P, OUEDRAOGO-TRAORE R., SANOU I. et al. Méningite dues à Salmonella au CHU de Ouagadougou, Burkina Faso (2000-2004). *Bull. Soc. Pathol. Exot., 2007, vol. 100, N°1, pp 53-56.*
14. DAKOURY-DOGBO N., ANGLARET X., OUASSA T., TOURE S., BONARD D., GOUVELLEC G. et al. Cause of fever in adults infected by HIV1 Ambulatory follow-up in the ANRS 059 trial in Abidjan, Ivory Coast. *PressMedical, 2001 Nov 17; 30 (34): 1674-1680*
15. LALOUM E., ZELLER V., GRAFF W., AERTS J., CHAZERAIN P., MAMOUDY P., ZIZA J M., DESPLACES N. Les infections osseuses à *Salmonella typhi* : un diagnostic différentiel de la tuberculose. *Rev. Rhum. : Ed fr, 2005, vol. 72, N°3 pp. 246-249.*

• Sérotypes et profils... •

16. BAUER, A.W., KIRBY, W.M.M., SHERRIS, J.C., TURCK, M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am. J. Clin Pathol.*, 1996, 45: 493-496.

17. Le Comité de l'Antibiogramme de la Société française de Microbiologie (CASFM, France).

<http://www.sfm.asso.fr/publi/general.php?pa=1>. Date de consultation : 02-08- 2010.

18. WEILL F.X Salmonella, épidémiologie, typage et résistance aux antibiotiques. *Revue Française des Laboratoires*, 2008, 400, 37-47.

19. Conférence régionale FAO/OMS sur la sécurité sanitaire des aliments pour l'Afrique Harare, Zimbabwe, 3-6 octobre 2005; date de consultation: 31-07- 2010;

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/009/af082f.pdf>.

20. Centre National de Référence de Salmonella, Institut Pasteur de Paris, Rapport Annuel d'activité 2008. 67 p.

21. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 2008.- Inventaire des Salmonella d'origine non humaine-2006. Maison Alfort : Edition AFSSA. 104 p.

22. CDC, 2009. Multistate Outbreaks of Salmonella Infections Associated with Live Poultry - United States 2007. *MMWR*, 58 (02) : 25-29.

23. DEHIN R., AUBRY J., DESPRES L. 2001, la salmonellose ; <http://www.passeportsante.net/>, consulté le 23 septembre 2010.

24. Hygiène des aliments et risques biologiques, <http://www.afssa.fr/index.htm>, consulté le 23 septembre 2010.

25. GRIMONT P., WEILL F-X., Centre National de Référence des Salmonella. *Rapport d'activité annuel 2005*.

26. KORSAK N., CLINQUART A., DAUBE G. *Salmonella spp.* dans les denrées alimentaires d'origine animale : un réel problème de santé publique ? *Ann. Méd. Vét.*, 2004, 148, 174-193.

27. NATIONAL REFERENCE FOR SALMONELLA AND SHIGELLA. Annual report on Human Salmonella and Shigella in Belgium 2004, *Scientific Institute of Public Health. Numéro de dépôt: D/2005/2505/19*.

28. SEYDI M., SOUMARE M., SOW A., DIOP B., SOW P. Aspect actuels des bactériémies à Salmonella à la clinique des maladies infectieuses Ibrahima Diop Mar du Centre hospitalier national de Fann (Sénégal). *Méd. Mal. Infect* ; 2005, Vol : 35, N°1 p23-27.

29. GRIMONT P., WEILL F-X., Centre National de Référence des Salmonella. *Rapport d'activité annuel 2007*.

30. SCHNEIDER D *Salmonella enteritidis* et *S. typhimurium* in Western Europe for 1993-2003 : a surveillance report from Salm-Net. *Eurosurveillance 2003*; 2: 4-6

31. OKOME-KOUAKOU M., BEKALE J., KOMBILA M. Etude des salmonelloses au cours de l'infection à VIH en milieu hospitalier Gabonais. *Med. Trop.* 1999, vol. 59 N°1, PP 46-50.



Médecine d'Afrique Noire

sur internet

www.santetropicale.com/manelec/afo/index.asp

ANNEXES

Soutenue publiquement

Le 04 Août 2015

ANNEXE I: Matériel de laboratoire de Bactériologie et de biologie moléculaire

Microscope optique;

Agitateur Vortex;

Appareil à dilution automatique;

Appareil d'alimentation (BioRad 200/2.0, N°165-4762) et peigne à 12 puits (BioRad 170-4333);

Appareil photo numérique (SAMSUNG, 16.1 Mega pixels);

Embouts de micropipettes avec filtre;

Etuve ou bain-marie à $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$, $(43 \pm 1)^\circ\text{C}$ et $(41,5 \pm 1)^\circ\text{C}$;

Homogénéisateur de type péristaltique (Stomacher), avec des sacs stériles en plastique;

Micro centrifugeuse ;

Micropipettes de capacité réglable: 0,5-1 000 μl ;

Plaque chauffante ;

Stérilisateur à chaleur humide (autoclave) ;

Support de coulage de gel et réservoir à tampon (Bio-Rad 170-4307, France);

Table lumineuse à rayons UV à ondes courtes pour visualiser l'ADN coloré dans les gels d'agarose (Alpha Innotech Corporation, San Leandro, USA);

Thermocycleur (PTC-200 de MJ Research);

Tubes à centrifuger de 1,5 ml;

Tubes à centrifuger de 500 μl ;

Ustensiles de prélèvements stériles;

Autre matériel et appareils standards de laboratoire

ANNEXE II: Milieux de cultures et réactifs

Bouillon Cœur-Cervelle (BCC) (Difco, France);

Bouillon Rappaport Vassiliadis Soja (RVS) (BioRad, Paris, France)

Bouillon Tétrathionate additionné de Vert Brillant (TVB) (Oxoid, France)

Disques d'antibiotiques (Bio-Rad, France);

dNTP (Promega, Madison WI, USA).

Eau Peptonée Stérile (EPS) (Difco, le Pont de Claix, France);

Eau Peptonée Tamponnée (EPT) (Difco, le Pont de Claix, France);

Galerie API 20E (Biomérieux, Marcy l'Etoile, France);

Gélose de conservation (Bio-Rad, USA);

Gélose de Sven Gard (Bio-Rad, France);

Gélose Eosine Bleu de Méthylène (EMB); (Biokar Diagnostics, France)

Gélose Hektoen (Biokar, Beauvais, France);

Gélose Müller-Hinton (MH); (MAST Diagnostics, France)

Gélose nutritive ou gélose ordinaire (Biokar Diagnostics, France)

Gélose *Salmonella-Shigella* (Biokar Diagnostics, France)

Glycérol (SCF, France)

Kit sérums polyvalents anti O et anti H (Bio-Rad, France);

Milieu du portoir réduit de Le Minor (Le Minor et Richard 93)

Taq polymérase (Promega, Madison WI, USA);

ANNEXE III: Fiche d'enquête relative à une exploitation avicole

Date: /___//___//___/

Nature des animaux :.....

1- Elevage

Traditionnel:/___/ Moderne:/___/

Nombre de bandes élevées par an: /___/

Nombre de sujets par bande:/___/ / bande

Age des animaux à l'abattage: /___/jours

Ventilation- aération : statique/___/ mécanique /___/

Litière: paille/___/copeaux de bois/___/ terre/___/ plastique/___/ autres: préciser.....

Taux de mortalité:.....

2- Emplacement et environnement:

Distance des habitations en mètres: /___/ m

Distance de la route ou chemin: /___/m

Distance des cours d'eau: /___/m

L'élevage est-il clôturé oui/___/ non/___/ grillage/___/ mur/___/ autre:.....

Elevages avoisinants:

Animaux pouvant avoir accès à l'élevage:

Chiens /___/ Chats /___/ rats /___/ oiseaux /___/ bovins /___/ ovins /___/ insectes /___/ serpents

/___/ autres: à préciser:.....

3- Infrastructures

Nombre de bâtiments: /___/

Superficie de chaque bâtiment: bat 1/___/m2 bat 2 /___/m2 bat 3 /___/ m2

Nombre de sujets par bâtiment: /___/ /___/ /___/

Type de construction: En ciment/___/ en terre/___/ en bois/___/

Autres: à préciser:.....

Toit:

En: tuiles /___/ tôles /___/ bois /___/ béton /___/autres /___/

Faux plafond: oui/___/ non/___/ préciser la matière:/___/

Sol: béton /___/ terre battue/___/ autre /___/ Préciser.....

Sanitaires: oui /___/ non /___/

Raccordé au réseau: /___/ fosse septique /___/ autres: préciser

4- Equipements:

Ventilateurs: oui /___/ non /___/ autres: préciser..... nombre :/___/

Chauffage: électrique /___/ autre: préciser.....

Éclairage: groupe électrogène/___/réseau /___/autres: préciser:.....

-Fourniture d'eau

Puits: oui/___/ non/___/ est-elle traitée Oui/___/Non /___/

Réseau local: oui/___/non/___/est-il traité Oui/___/ Non /___/

Source: oui/___/non/___/est-elle traitée Oui/___/Non /___/

Réseau local : préciser les coupures.....

Autres précisions:.....

-Abattage

Chaîne d'abattage/___/ matériel rudimentaire/___/ autres: préciser:.....

Équipement pour la saignée: à préciser:.....

L'échaudage:.....

La plumaison.....

L'éviscération : Manuelle /___/ .Mécanique : /___/

Le séchage : Ventilateurs /___/. Air libre : /___/

-Chambre froide

Fonctionnelle/___/ non fonctionnelle /___/ Inexistante /___/

Autres équipements à préciser:

5- Hygiène:

-Bâtiments:

Abords du bâtiment: présence de détritres/___/ litière /___/ fumier /___/ autres: à préciser

Durée du vide sanitaire /___/jours.

Désinsectisation oui/___/ non /___/

Dératisation oui/___/ non/___/

Ustensiles: fréquence de nettoyage des ustensiles (bassines, autres)

En fin de travail:/___/ A chaque pause:/___/ plusieurs x /jour Fréquemment:/___/

-Equipements:

Fréquence de nettoyage des équipements/mois:

Abreuvoirs:/___/ mangeoires:/___/ couveuses:/___/ ustensiles de travail:/___/

-Vestimentaire:

L'ouvrier possède des habits de travail/___/ porte une combinaison sur ses habits/___/

Travaille avec ses habits de sortie /___/ autres: préciser:.....

Bottes:/___/ protège-chaussures:/___/ chaussures civiles:/___/ autres: à préciser:.....

Nombre de changements d'habits de travail /sem./_____/

-Corporelle:

Présence de douches fonctionnelles: oui/___/ non:/___/

Présence de lavabos: oui/___/ non:/___/

Présence de savon : oui/___/ non:/___/

Présence de javel ou grésil: oui/___/ non /___/

Sensibilisé vis à vis de l'hygiène: oui/___/non/___/

Connaissent-ils des principes d'hygiène: oui/___/non/___/

6- Personnel

Nombre de personnes s'occupant des animaux:/___/

Fréquence des visites médicales: /___/ / an.

Nombre d'ouvriers: permanents/___/ saisonniers/___/

Est-ce que c'est le même ouvrier qui s'occupe tout le temps des volailles: préciser :.....

Niveau d'instruction moyen: /_____/

7- Alimentation:

Types d'aliments: miettes /___/ granulés /___/ mixte /___/ autres: à préciser:.....

Origine:.....

Caractéristiques:.....

8- Utilisation des médicaments vétérinaires:

Fréquence d'utilisation des médicaments par mois

Type de médicaments régulièrement pris

Visite du vétérinaire.

Par semaine /___/ par mois /___/ par trimestre /___/ par semestre

ANNEXE IV: Questionnaire enquête patient

FICHE N°:.....

1-Patient

Nom: Prénoms.....

Adresse :.....

Situation matrimoniale.....

Cel:

Age/date de naissance: /_/_/_/.

3-SymptômesFièvre (> 38°C) OUI NON Douleurs abdominales OUI NON Diarrhée simple (≥ 3 selles liquides par jour) OUI NON Diarrhée sanglante OUI NON Vomissements OUI NON Céphalées OUI NON

Autres, à préciser.....

4-Examens BiologiquesHémoculture OUI NON Coproculture OUI NON Sérologie de Widal et Felix. OUI NON Autres recherches bactériologiques, OUI NON

A préciser :

6-Expositions alimentairesRepas pris hors du domicile OUI NON **7-Restauration rapide ou a emporter**Avez-vous acheté de la nourriture dans un restaurant dans les jours précédents le début des symptômes ? OUI NON autre Si OUI, *préciser* pour chaque aliment consommé, le lieu et les dates

.....

8-Restaurant, hôtel, maquis, kiosqueAvez-vous mangé dans un de ces lieux cités, dans les jours précédents le début des symptômes? OUI NON autre

Autre, à préciser.....

Si OUI, *préciser* pour chaque restaurant le nom des aliments consommés, les dates de consommation

.....

9-Cantine, restaurant d'entrepriseAvez-vous été à la cantine ou dans un restaurant d'entreprise dans les jours précédents le début des symptômes? OUI NON autre

Autre, à préciser.....

Si OUI, *préciser* pour chaque restaurant le nom des aliments consommés, les dates de consommation

.....

10-VOLAILLES OUI NON

Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...): *préciser*

.....

11-Poulet

Acheté cru OUI NON

Acheté cuit OUI NON

Plats cuisinés à base de poulet OUI NON

Préciser

12-Préparations à base de volailles OUI NON

Préciser

Jambon de volaille OUI NON

Saucisses de volaille OUI NON

Volailles fumées OUI NON

Autres viandes : *préciser*.....

13-Œufs OUI NON

14-Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...) : *préciser*

.....

Œufs brouillé ou omelette OUI NON

Œufs à la coque OUI NON

Œufs sur le plat OUI NON

Œufs durs (salade, sandwich ...) OUI NON

15-Produits à base d'œufs

Mousse au chocolat OUI NON

Autres crèmes desserts à base d'œufs OUI NON :

Préciser

Mayonnaise OUI NON

Autres sauces à base d'œufs OUI NON :

Préciser

16-Poissons

Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...) : *préciser*

.....

17-Produits à base de poissons OUI NON

Préciser

Poissons fumés OUI NON

18-FECULENTS OUI NON

19-Attiéké OUI NON

Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...):

Préciser

20-Riz OUI NON

Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...):

Préciser

21-Alloco OUI NON

Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...):

Préciser

22-Placali OUI NON

Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...) : *préciser*

Préciser

23-Foutou (Banane, Igname, Taro, Manioc) OUI NON

Lieux d'achat ou de consommation (restaurant, cantine...) : *préciser*

Préciser

24-Autres OUI NON

Préciser

ANNEXE V: Répartition des sites d'études

Communes	Fermes				Marchés	Abattoirs	Total
Abobo	F1	F2	F3	F4	M1	T1	6
Cocody	F5	F6	F7	F8	M2	T2	6
Port-Bouët	F9	F10	F11	F12	M3	T3	6
Yopougon	F13	F14	F15	F16	M4	T4	6
Adjamé	F17	F18	F19	F20	M5	T5	6
Total	20				5	5	30

F = Ferme

M = Marché

T = Abattoir

ANNEXE VI: Illustration des conditions d'hygiène et d'abattage de volailles

Figure A: un abattoir au marché d'Abobo, sur un site de prélèvement

Figure B: Abattoir de volaille à proximité d'un dépotoir dans la commune d'Abobo



Figure A



Figure B

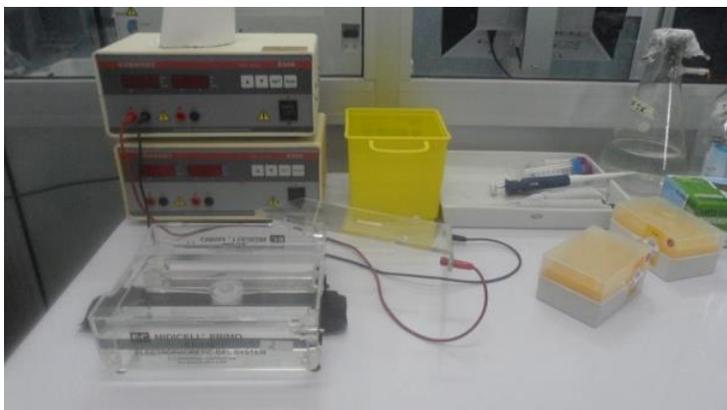
ANNEXE VII: sites de manipulation



A: Laboratoire de bactériologie du CeDReS au CHU de Treichville



B: Laboratoire de biologie moléculaire de l'Institut Pasteur, section Electrophorèse



C: Appareil d'électrophorèse: Midicell Primo EC 330, Electrophoretic gel system; Holabrook, New York

ANNEXE VIII: Diamètres critiques pour les diverses classes d'antibiotiques

Antibiotiques	Diamètres critiques (mm)	
	S	R
Ampicilline	≥ 21	< 16
Amoxicilline/ac. Clavulanique	≥ 23	< 16
Ticarcilline	≥ 24	< 22
Imipenème	≥ 24	< 17
Céfalotine	≥ 18	< 12
Céfuroxime	≥ 25	< 22
Céfoxitine	≥ 22	< 15
Ceftazidime	≥ 21	< 19
Gentamicine	≥ 21	< 19
Kanamycine	≥ 17	< 15
Chloramphénicol	≥ 23	< 19
Tétracycline	≥ 19	< 17
Colistine	≥ 15	< 15
Triméthoprime/sulfaméthoxazole	≥ 16	< 10
Acide nalidixique	≥ 20	< 15
Ciprofloxacine	≥ 25	< 22

S= sensible; R = résistant

(Source, CA-SCFM, 2013)

ANNEXE IX: Evaluation de la taille des bandes / ERIC-PCR

Profil ERIC	bande la plus basse	bande la plus haute
I	< 190 pb	> 1114 pb
II		env. 692 pb
III	242 pb	> 900 pb
IV	< 190	env. 501 pb
V		> 900 pb
VI		> 501 pb
VII		>900 pb
VIII		> 1114 pb
IX		> 900 pb
X		>1114 pb
		> 1114 pb
XI		> 320 pb
XII		> 900 pb
XIII		
XIV	< 190 pb	> 900 pb
XV	147 pb	1114 pb
XVI		
XVII		
XVIII	< 190 pb	> 900 pb

ANNEXE X: Différents groupes de souches et profils génotypiques

Groupes	Profil	Numéro de Souche	Effectifs	Sérotypes
G1	I	A10, H15, H16, H68, H30, H46, H55, H63, H69, H65, A51, A60	12	<i>S. Enteritidis</i>
G2	II	A5, A24, A33, H45, H49, H50, H52, H54, H56, H57, H58, H61, H62, H66, H71, H72, H75	17	<i>S. Typhimurium</i>
G3	III	A19, A18, E15, A42	4	<i>S. Heidelberg</i>
G4	IV	E17, A34	2	<i>S. Enteritidis</i>
G5	V	A30, A53, A29, H8, H12	5	<i>S. Heidelberg</i>
G6	VI	A55, H33	2	<i>S. Typhimurium</i>
G7	VII	A3, H7, H17, H20, H26	5	<i>S. Enteritidis</i>
G8	VIII	A36, H3	2	<i>S. Enteritidis</i>
G9	IX	H2, H9, H24, H29, H35	5	<i>S. Typhimurium</i>
G10	X	A26, H44, H47	3	<i>S. Heidelberg</i>
G11	X	E11, H39	2	<i>S. Typhimurium</i>
G12	XI	A32, A25, E4, H4, H6	5	<i>S. Heidelberg</i>
G13	XII	H5, H70, H74	3	<i>S. Enteritidis</i>
G14	XIII	A50, A63, E16, H11, H13, H19	6	<i>S. Typhimurium</i>
G15	XIV	H28, H40, H43, H51, H25, H36, H48, H64, H32, H37, H38	11	<i>S. Typhimurium</i>
G16	XV	A1, A27, E14, H22	4	<i>S. Typhimurium</i>
G17	XVI	A15, H10, H14, H18	4	<i>S. Enteritidis</i>
G18	XVII	H23, H42, H53, H60, H67, H73	5	<i>S. Enteritidis</i>
G19	XVIII	H1, E1	2	<i>S. Enteritidis</i>