



**Université Abdou  
Moumouni de Niamey**



**Ecole Doctorale Sciences de  
la Vie et de la Terre**



**Faculté des Sciences  
et Techniques**

**N° d'ordre :**

**THESE**

**Présentée à la Faculté des Sciences et Techniques  
pour obtenir le grade de :**

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI**

**Option : Sciences de la Vie et de la Terre  
Spécialité : Microbiologie et génétique microbienne**

**Par**

**ALIO SANDA Abdelkader**

***Etude de la diversité des salmonelles : Caractérisation  
phénotypique et sensibilité aux antimicrobiens des isolats  
d'origine alimentaire et humaine au Niger***

**Soutenue le 01 août 2018 devant la commission d'examen composée de :**

**Président : Lassana SANGARE, Professeur Titulaire, Université Ouaga I Pr JKZ (Burkina Faso)**

**Rapporteur**

**Membres : Yacoubou BAKASSO, Professeur Titulaire, Université Abdou Moumouni (Niger)**

**Directeur de Thèse**

**Bouli ALI DIALLO, Professeur Titulaire, Université Abdou Moumouni (Niger)**

**Co-Directrice de Thèse**

**Nicolas BARRO, Professeur Titulaire, Université Ouaga I Pr JKZ (Burkina Faso)**

**Rapporteur**

**Zoubeirou ALZOUMA MAYAKI, Professeur Titulaire, Université Abdou Moumouni (Niger)**

**Examineur**

## **Dédicace**

*Je rends grâce à Allah le tout puissant et à son Prophète Mohamed (P.S.L) pour leur assistance plus que décisive à la réalisation de toutes mes entreprises.*

*Je dédie ce travail*

*A ma famille pour m'avoir soutenu dans tout ce que j'ai entrepris*

## **Remerciement**

Un travail de thèse est un fruit de dur labeur qui n'aurait jamais été possible sans une collaboration entre plusieurs personnes et structures. Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener cette thèse à son terme. Ces travaux ont été financés et réalisés à l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger). Ainsi, au terme de ceux-ci, il me plaît d'exprimer ma profonde gratitude et mes sincères reconnaissances à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation :

Professeur Yacoubou BAKASSO, Directeur de cette thèse, Professeur Titulaire en Génétique et Amélioration des Plantes, Directeur du Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel et Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Niamey à l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Nous tenons profondément à lui exprimer notre profonde reconnaissance pour la confiance qu'il a placée en nous et a accepté de nous encadrer. Vos apports scientifiques, vos conseils constructifs, vos remarques et expériences nous ont été très bénéfiques pour la réalisation de ces travaux ;

Professeur Bouli ALI DIALLO ; Nous disons également merci à notre Co-directrice de la thèse, Professeur Titulaire en microbiologie à l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour votre soutien au cours de ce doctorat. Trouver ici l'expression de notre profonde reconnaissance ;

Professeur Zoubeirou MAYAKI ALZOUMA, Professeur Titulaire en microbiologie à l'Université Abdou Moumouni de Niamey, responsable du Laboratoire de microbiologie à la Faculté des Sciences et Techniques pour avoir accepté de nous créer les conditions de faire les manipulations entrant dans le cadre de cette thèse;

Professeur Guéro YAGI, directeur de l'école doctorale pour nous avoir ouvert cet espace de discussion et d'échange qui nous a été très utile et pour nous avoir donné l'opportunité de participer aux formations de l'Ecole doctorale ;

Dr Harouna AMADOU, Maître de Conférences, Chef de Département de Biologie pour ces conseils, sa disponibilité et la mise à notre disposition des locaux et du matériel lors de nos activités ;

Nous tenons à remercier les personnes suivantes :

- Professeur Lassana SANGARE, Professeur Titulaire, Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO pour avoir accepté d'évaluer cette thèse en tant que rapporteur et de présider le jury de soutenance ;
- Professeur Nicolas BARRO, Professeur Titulaire, Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO pour avoir évalué cette thèse en tant que rapporteur et membre du jury ;
- Professeur Zoubeirou ALZOUMA MAYAKI, Professeur Titulaire en microbiologie à l'Université Abdou Moumouni de Niamey, pour avoir accepté d'examiner cette thèse et faire partie du jury;

Dr INOUSSA Maman Maârrouhi, pour ces suggestions, ses conseils constructifs et ces corrections qu'il apporte à nos rédactions. Il nous été d'un grand apport pour l'aboutissement de notre travail ;

Dr SAMNA SOUMANA Oumarou, pour ses multiples suggestions, encouragement, ces corrections et les différents échanges fructueux que nous avons eu dans le cadre de nos travaux de recherche ;

La finalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien de la société de transformation alimentaire (STA), je tiens à remercier son Directeur Général. Mr Ismaël Barmou pour sa bonne compréhension et son soutien.

Je tiens à remercier tout le personnel technique et administratif particulièrement Monsieur ArzikaTanimou et les chercheurs du laboratoire Garba Mounkaila et du Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel GeVaBioS sans laquelle ce travail n'aurait pas été possible.

## Table des matières

Dédicace .....	I
Remerciement.....	II
Table des matières .....	IV
Liste des figures .....	X
Liste des tableaux .....	XII
Liste des sigles et abréviations .....	XIV
Résumé .....	XVI
Abstract .....	XVII
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>Chapitre I : Synthèse sur les caractères bactériologiques des <i>Salmonella</i> .....</b>	<b>5</b>
1. Introduction .....	6
2. Généralités sur les <i>Salmonella</i> .....	6
2.1 Historique .....	6
2.2 Taxonomie.....	7
2.3 Caractères bactériologiques.....	10
2.3.1 Caractères morphologiques.....	10
2.3.2 Caractères cultureux.....	10
2.3.4 Caractères biochimiques .....	10
2.3.5 Caractères antigéniques.....	12
2.3.5.1-Lipopolysaccharide (LPS) ou antigène somatique (O).....	12
2.3.5.2-Antigènes H .....	12
2.3.5.3-Antigène d'enveloppe Vi .....	13
2.3.5.4-Antigènes R et M .....	13
2.4 Pouvoir pathogène et facteurs de virulence des <i>Salmonella</i> .....	13
2.5 Évolution de la sensibilité des <i>Salmonella</i> aux antibiotiques .....	15
3. Réservoir et habitat des <i>Salmonella</i> .....	16
4. Modes de contamination .....	17
5. Salmonelloses humaines .....	18
5.1 Gastroentérites.....	18
5.2 Salmonelloses systémiques .....	19
6. Salmonelloses animales.....	19

6.1 Pullorose.....	20
6.2 Typhose .....	20
7. Salmonelloses végétales .....	<b>20</b>
8. Conclusion partielle.....	<b>23</b>
<b>Chapitre II : Prévalence et diversité des sérotypes de <i>Salmonella</i> en Afrique : analyse qualitative et quantitative .....</b>	<b>24</b>
1. Introduction .....	<b>26</b>
2. Méthodologie .....	<b>26</b>
2.1 Identification des articles.....	26
2.2 Eligibilité des études .....	26
2.3 Sélection des articles .....	27
2.4 Extraction des données .....	27
2.5 Analyse des données .....	27
2.6 Hétérogénéité et biais de l'analyse.....	28
3. Résultats .....	<b>28</b>
3.1 Recherche de la littérature et éligibilité des études .....	28
3.2 Risque de biais des publications.....	30
3.3 Source d'hétérogénéité .....	34
3.4 Prévalences des <i>Salmonella</i> .....	35
3.5 Comparaison des différentes prévalences des <i>Salmonella</i> trouvées chez différents hôtes. ....	40
3.6 Sérotypes dominants .....	41
4. Discussion .....	<b>43</b>
5. Conclusion partielle.....	<b>44</b>
<b>Chapitre III: Epidémiologie, diversité et résistance aux antibiotiques des souches de <i>Salmonella</i> isolées chez l'homme au Niger .....</b>	<b>46</b>
1. Introduction .....	<b>48</b>
2. Matériel et Méthodes.....	<b>48</b>
2.1 Présentation de la zone d'étude : le Niger.....	48
2.2 Échantillonnage des souches d'origines humaines .....	49
2.3 Analyse microbiologique .....	49
2.4 Analyse statistique.....	50
3. Résultats .....	<b>50</b>
3.1 Confirmation des isolats d'origine humaine acheminés au laboratoire .....	50

3.2 Caractéristiques des patients porteurs de Salmonellose.....	51
3.2.1 Répartition mensuelle des isolats de <i>Salmonella</i> d'origine humaine pour les années 2015-2016.....	51
3.2.2 Répartition des cas salmonellose par laboratoire en fonction de l'âge et du sexe...	53
3.2.3 Nature des prélèvements des <i>Salmonella</i> d'origine humaine.....	54
3.3 Caractéristiques phénotypiques de souches de <i>Salmonella</i> humaines.....	54
3.3.1 Etude de la similarité biochimique des isolats de <i>Salmonella</i> humaines.....	54
3.3.2 Prévalence des sérotypes de <i>Salmonella</i> circulants chez l'homme.....	57
3.3.3 Prévalence des sérotypes de <i>Salmonella</i> en fonction des laboratoires.....	58
3.3.4 Répartition des sérotypes de <i>Salmonella</i> en fonction de l'âge.....	59
3.3.5 Evaluation de la sensibilité aux antimicrobiens d'isolats humains.....	59
3.3.5.1-Sensibilité aux antibiotiques des <i>Salmonella</i> humaines.....	59
3.3.5.2-Répartition de la résistance des antibiotiques en fonction des sérotypes des <i>Salmonella</i> humaines.....	62
3.3.5.3-Étude des profils de résistance aux antibiotiques des différents isolats de <i>Salmonella</i> d'origine humaine.....	64
3.3.5.4-Distribution du nombre de <i>Salmonella</i> en fonction de leurs concentrations minimales inhibitrice (CMI).....	66
4. Discussion.....	<b>69</b>
5. Conclusion partielle.....	<b>71</b>
<b>Chapitre IV : Diversité et dynamique des <i>Salmonella</i> isolées de la laitue (<i>Lactuca sativa L.</i>) dans les cultures maraîchères au Niger (Afrique de l'ouest). .....</b>	<b>72</b>
1. Introduction.....	<b>74</b>
2. Matériel et méthodes.....	<b>75</b>
2.1 Présentation des Sites de collecte.....	75
2.2 Échantillonnage de la laitue aux champs.....	77
2.3 Analyses microbiologiques.....	77
2.4 Analyses statistiques.....	77
3. Résultats.....	<b>78</b>
3.1 Caractéristiques des producteurs de laitue :.....	78
3.2 Prévalence des <i>Salmonella</i> :.....	79

3.3	Caractéristiques phénotypiques de souches de <i>Salmonella</i> isolées de la laitue .....	82
3.3.1	Etude de la similarité biochimique des isolats de <i>Salmonella</i> isolées de la laitue...	82
3.3.2	Prévalence des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolées de la laitue .....	84
3.3.3	Evaluation de la sensibilité aux antimicrobiens des souches de <i>Salmonella</i> isolées de la laitue .....	85
3.3.3.1	Répartition de la sensibilité aux antibiotiques des souches de <i>Salmonella</i> isolées de la laitue .....	85
3.3.3.2	Distribution des sérotypes en fonction des régions et des zones de collectes...	87
3.3.3.3	Répartition de la sensibilité aux antibiotiques en fonction des sérotypes des <i>Salmonella</i> isolées de la laitue.....	89
3.3.3.4	Étude de la similarité des profils de résistance aux antibiotiques entre les différentes souches de <i>Salmonella</i> isolées de laitue .....	91
3.3.4	Distribution du nombre de <i>Salmonella</i> en fonction de leurs concentrations minimales inhibitrice (CMI). .....	94
4.	Discussion .....	95
5.	Conclusion partielle.....	96
<b>Chapitre V : Diversité et distribution des <i>Salmonella</i> isolées des abats de volaille au Niger .....</b>		<b>98</b>
1.	Introduction .....	100
2.	Matériel et méthodes .....	101
2.1	Présentation des sites de collecte des abats de volaille. ....	101
2.2	Echantillonnage des abats de volaille.....	103
2.3	Analyses microbiologiques .....	103
2.4	Analyses statistiques .....	103
3.	Résultats .....	103
3.1	Caractéristiques et pratiques des vendeurs de volaille. ....	103
3.2	Prévalence des <i>Salmonella</i> isolées de la Volaille dans les régions du Niger .....	104
3.3	Caractéristiques biochimiques des souches de <i>Salmonella</i> isolées de la volaille .....	106
3.4	Prévalence des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolées de la volaille.....	108
3.5	Répartition de la sensibilité aux antibiotiques.....	108
3.6	Distribution des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolées des abats de volaille en fonction des régions et des zones de collectes.....	110

3.7	Fréquence de résistance aux antibiotiques des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolées des abats de la volaille .....	112
3.8	Étude de la similarité des profils de résistance aux antibiotiques entre les différentes souches de <i>Salmonella</i> isolées de laitue .....	114
3.9	Distribution du nombre de <i>Salmonella</i> en fonction de leurs concentrations minimales inhibitrice (CMI).....	116
4.	Discussion .....	117
5.	Conclusion partielle.....	118
	<b>Chapitre VI: Activité bactéricide <i>in vitro</i> des composés chimiques et naturels sur des souches de <i>Salmonella</i> .....</b>	<b>120</b>
1.	Introduction .....	122
2.	Matériel et méthodes .....	122
2.1	Activité bactéricide de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) à différentes dilutions sur trois souches de <i>Salmonella</i> .....	122
2.1.1	Préparation des solutions .....	122
2.1.2	Evaluation de l'efficacité du désinfectant .....	123
2.1.2.1	Préparation de cultures bactériennes.....	123
2.1.2.2	Mise en contact du désinfectant avec l'inoculum .....	123
2.1.2.3	Annulation de l'activité du produit à l'issue du temps de contact.....	123
2.1.2.4	Mise en culture des germes survivants par culture sur milieu approprié.....	124
2.2	Évaluation <i>in vitro</i> de l'activité antibactérienne des extraits de trois plantes ( <i>Combretum micranthum</i> ; <i>Acacia nilotica</i> et <i>Phyllanthus pentandrus</i> ) sur des souches de <i>Salmonella</i> .....	124
2.2.1	Matériel végétal .....	124
2.2.2	Souches bactériennes .....	124
2.2.3	Préparation des extraits aqueux et alcooliques .....	124
2.2.4	Screening photochimique.....	124
2.2.5	Étude de l'activité antibactérienne.....	125
2.2.5.1	Préparation des disques.....	125
2.2.5.2	Méthode de diffusion en milieu gélosé.....	125
2.3	Analyse statistique.....	125

3. Résultats .....	<b>126</b>
3.1 Activité bactéricide de l' <i>hypochlorite de sodium</i> (eau de Javel) à différentes dilutions sur trois souches de <i>Salmonella</i> .....	126
3.1.1 Activité bactéricide de l' <i>hypochlorite de sodium</i> (eau de Javel) .....	126
3.1.2 Détermination de la réduction logarithmique par le désinfectant .....	127
3.2 Évaluation in vitro de l'activité antibactérienne des extraits de trois plantes ( <i>Combretum micranthum</i> ; <i>Acacia nilotica</i> et <i>Phyllanthus pentandrus</i> ) sur des souches de <i>Salmonella</i> . .....	128
3.2.1 Rendements des extractions .....	128
3.2.2 Screening photochimique.....	129
3.2.3 Test de sensibilité sur les souches bactériennes des extraits végétaux .....	130
4. Discussion .....	<b>134</b>
5. Conclusion partielle.....	<b>135</b>
CONCLUSION GENERALE .....	<b>136</b>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	<b>141</b>
Annexe 1 : Publications dans le cadre de la thèse.....	<b>i</b>
Annexe 2: Communications scientifiques.....	<b>xii</b>
Annexe3 : Questionnaires d'échantillonnage.....	<b>xiii</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Classification du genre <i>Salmonella</i> . .....	9
<b>Figure 2:</b> Interaction de <i>Salmonella</i> Typhimurium avec la feuille de laitue ( <i>Lactuca sativa</i> ).22	
<b>Figure 3:</b> Diagramme de sélection des études éligibilités. ....	29
<b>Figure 4:</b> Courbes de régression d' Egger pour l'évaluation des biais des prévalences de <i>Salmonella</i> chez les humains (A), la volaille (B), le bétail(C) et les végétaux (D). ....	33
<b>Figure 5:</b> Graphique en forêt (Forests plots) des prévalences non transformées des <i>Salmonella</i> isolées chez l'homme. ....	36
<b>Figure 6:</b> Graphique en forêt (Forests plots) des prévalences non transformées des <i>Salmonella</i> isolées chez la volaille. ....	37
<b>Figure 7:</b> Graphique en forêt (Forests plots) des prévalences non transformées des <i>Salmonella</i> isolées chez le bétail. ....	38
<b>Figure 8:</b> Graphique en forêt (Forests plots) des prévalences non transformées des <i>Salmonella</i> isolées chez les végétaux. ....	39
<b>Figure 9:</b> Répartition mensuelle des isolats de <i>Salmonella</i> en fonction sur la période 2015-2016 au Niger. ....	52
<b>Figure 10:</b> Dendrogramme représentatif de la similarité des caractéristiques biochimiques des <i>Salmonella</i> d'origine humaine. ....	56
<b>Figure 11:</b> Fréquence des différents sérotypes de <i>Salmonella</i> d'origine humaine. ....	57
<b>Figure 12:</b> Distribution des sérotypes en fonction des groupes d'âge. ....	59
<b>Figure 13:</b> Fréquence de la résistance aux antibiotiques des souches de <i>Salmonella</i> humaine. ....	61
<b>Figure 14:</b> dendrogramme représentatif de la similarité des sensibilités aux antibiotiques des <i>Salmonella</i> d'origine humaine. ....	65
<b>Figure 15:</b> Photos des sites de production de Laitue. ....	76
<b>Figure 16:</b> Prévalence des <i>Salmonella</i> isolées de la laitue dans les régions du Niger . ....	80
<b>Figure 17:</b> Dendrogramme représentatif de la similarité des caractéristiques biochimiques des <i>Salmonella</i> isolées de la laitue. ....	83
<b>Figure 18:</b> Fréquences des différents sérotypes de <i>Salmonella</i> d'origine humaine. ....	84
<b>Figure 19:</b> Fréquence de la résistance aux antibiotiques des souches de <i>Salmonella</i> isolées de la laitue. ....	86
<b>Figure 20:</b> Dendrogramme représentatif de la similarité des profils de sensibilités aux antibiotiques des <i>Salmonella</i> isolées de la laitue. ....	92
<b>Figure 21:</b> Sites d'abattage de la volaille. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

<b>Figure 22:</b> Fréquences des <i>Salmonella</i> isolées des abats de volaille dans les régions du Niger. .....	105
<b>Figure 23:</b> Dendrogramme de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) représentatif de la similarité des caractéristiques biochimiques des <i>Salmonella</i> isolées des abats de volaille. . .....	107
<b>Figure 24:</b> Pourcentage de différents sérotypes de <i>Salmonella</i> isolées des abats de volaille. .....	108
<b>Figure 25:</b> Fréquence de la résistance aux antibiotiques des souches de <i>Salmonella</i> isolées des abats de volaille. ....	109
<b>Figure 26:</b> Similarité des sensibilités aux antibiotiques des <i>Salmonella</i> isolées de la volaille. .....	115
<b>Figure 27:</b> Activité de l'eau de Javel « ETOILE » (EJ1) à différentes concentrations sur trois souches de <i>Salmonella</i> . ....	126
<b>Figure 28:</b> Activité de l'hypochlorite de sodium « ASEPTIC » (EJ2) à différentes concentrations sur trois souches de <i>Salmonella</i> . ....	127
<b>Figure 29:</b> Comparaison des rendements des extraits des trois plantes <i>Acacia nilotica</i> , <i>Combretum micranthum</i> et <i>Phyllanthus pentandrus</i> . ....	129
<b>Figure 30:</b> Photos montrant l'activité antimicrobienne de <i>Combretum micranthum</i> , d' <i>Acacia nilotica</i> et de <i>Phyllanthus pentandrus</i> par la méthode de diffusion en milieu gélosé. ....	133

## Liste des tableaux

<b>Tableau I:</b> Nomenclature des <i>Salmonella</i> .....	8
<b>Tableau II:</b> Caractères différentiels des espèces et sous-espèces du genre <i>Salmonella</i> . .....	11
<b>Tableau III:</b> Techniques utilisées pour l'isolement des <i>Salmonella</i> . .....	31
<b>Tableau IV:</b> Prévalences estimées et évaluation de l'hétérogénéité des <i>Salmonella</i> isolées chez les différents hôtes. ....	34
<b>Tableau V:</b> Comparaison des différentes prévalences des <i>Salmonella</i> trouvées chez différents hôtes. ....	40
<b>Tableau VI:</b> Fréquence des dix sérotypes de <i>Salmonella</i> les plus prédominants isolés chez les différents hôtes. ....	42
<b>Tableau VII:</b> Echantillons totaux d'origine humaine réceptionnés au laboratoire. ....	51
<b>Tableau VIII:</b> Distribution des cas de salmonellose en fonction des laboratoires, des âges et du sexe. ....	53
<b>Tableau IX:</b> Nature des prélèvements des <i>Salmonella</i> d'origine humaine. ....	54
<b>Tableau X:</b> Distribution des polygroupes, sérogroupes, sérotypes de <i>Salmonella</i> en fonction des laboratoires. ....	58
<b>Tableau XI:</b> Fréquence de la résistance aux antibiotiques des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés chez l'homme. ....	63
<b>Tableau XII:</b> Répartition des souches de <i>Salmonella</i> résistantes aux antibiotiques d'origine humaine en fonction de leur concentration minimale inhibitrice (CMI). ....	67
<b>Tableau XIII:</b> Caractéristiques des sites de collecte de la laitue. ....	75
<b>Tableau XIV:</b> Données sociodémographiques des producteurs de laitue. ....	79
<b>Tableau XV:</b> Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %. ....	81
<b>Tableau XVI:</b> Distribution des sérotypes en fonction des régions et des zones de collectes de laitue. ....	88
<b>Tableau XVII:</b> Fréquence de la résistance aux antibiotiques des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolés de la laitue. ....	90
<b>Tableau XVIII:</b> Répartition des souches résistantes aux antibiotiques isolées de la laitue en fonction de leur concentration minimale inhibitrice (CMI). ....	94
<b>Tableau XIX:</b> Caractéristiques des sites d'étude des abats de volaille. ....	101
<b>Tableau XX:</b> Caractéristiques et pratiques des vendeurs de volaille. ....	104
<b>Tableau XXI:</b> Distribution des sérotypes des souches de <i>Salmonella</i> isolées d'abats de la volaille en fonction des zones de collectes. ....	111

<b>Tableau XXII:</b> Fréquence de la résistance aux antibiotiques des sérotypes de <i>Salmonella</i> isolées des abats de la volaille.....	113
<b>Tableau XXIII:</b> Répartition des souches résistantes aux antibiotiques isolées de la volaille en fonction de leur concentration minimales inhibitrice (CMI).....	116
<b>Tableau XXIV:</b> Activité bactericide de l'hypochlorite de sodium à différentes concentrations sur trois souches de <i>Salmonella</i> . ....	128
<b>Tableau XXV:</b> Métabolites secondaires identifiés dans les extraits des trois plantes <i>Acacia nilotica</i> , <i>Combretum micranthum</i> et <i>Phyllanthus pentandrus</i> . ....	130
<b>Tableau XXVI:</b> Diamètres des zones d'inhibitions induites par les différentes concentrations des extraits des trois plantes. ....	132

## Liste des sigles et abréviations

ADH : Arginine Dihydrolase

ADN: Acide Désoxyribonucléique

ARN: Acide Ribonucléique

C3G : Céphalosporines de troisième Génération

CAH : Classification hiérarchique ascendante

CMI : Concentrations minimales inhibitrice

DSMA : Direction des Statistiques Ministère de l'Agriculture République du Niger,

DSRE : Direction de la Surveillance et de la Riposte et des Epidémies

FAO: Food and Agriculture Organization. Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

GeVaBioS : Laboratoire Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel

GFN: Global Foodborne Infections Network

GSS: Global Salm-Surv

H<sub>2</sub>S : Hydrogène sulfuré

HNL : Hôpital National de Niamey

HNZ : Hôpital National de Zinder

HRM : Hôpital Régional de Maradi

I<sup>2</sup> : indice d'hétérogénéité

IC : Intervalle de confiance

ICMSF: International Commission on Microbiological Specifications for Foods

INO : inositol

INVS : Institut de veille sanitaire

ISO: International Organization for Standardization

KCN: Potassium Cyanide Broth Base

LPS: Lipopolysaccharide

MDR: multidrug-resistant

MEL: mélibiose

MKTT : Müller Kauffmann Tétrathionate

MRA : Multirésistance aux Antibiotiques

NTS/SNT : Non-typhoidal *Salmonella*/ *Salmonella* non typhiques

OMA : sérums anti-O mélanges A

OMB : sérums anti-O mélanges B

OMC : sérums anti-O mélanges C

OMS : Organisation mondiale de la Santé

ONPG: Ortho-nitrophényl-b-D-galactopyranoside

SAC : Saccharose

SCVMPH: Scientific Committee on Veterinary Measures Relating to Public Health

SOR : Sorbitol

SS : *Salmonella-Shigella*

TTSS/SSTT : Type Three Secretion System/ système de sécrétion de type III

UAM : Université Abdou Moumouni

XLD: Xylose Lysine Desoxycholate;

INP : INJS Pavé

## Résumé

Les salmonelloses sont des infections bactériennes humaines et animales causées par diverses sérotypes de *Salmonella*. Le genre *Salmonella* comprend près de 2610 sérotypes. La proportion de bactériémies dues aux *Salmonella* en Afrique Subsaharienne aurait considérablement augmenté, récemment. Au Niger l'incidence des gastro-entérites est très élevée. Le taux de mortalité spécifique des maladies diarrhéiques est de 5,14%. La contamination à travers les aliments constitue un des risques potentiels des salmonelloses. L'objectif général de ce travail est d'étudier la diversité phénotypique des *Salmonella* pour une meilleure prise en charge des bactériémies et des gastroentérites dont elles sont responsables au Niger. Pour ce faire, une analyse bibliographique utilisant le modèle d'estimation de logit a été réalisée sur des revues ayant traité la thématique des *Salmonella* en Afrique. Des études évaluant la diversité sérotypique et la sensibilité aux antibiotiques ont été menées sur 544 souches dont 69 cliniques, 360 provenant de végétaux et 115 de volaille. Les activités bactéricides *in vitro* de l'hypochlorite de sodium et des composés naturels (*Combretum micranthum*; *Acacia nilotica* et *Phyllanthus pentandrus*) ont été évaluées sur des souches de *Salmonella*. Les études prospectives ont montré que 17 sérotypes circulent chez l'homme et les plus répandus sont les sérotypes Paratyphi A (14,75%), Paratyphi B (11,48%), Typhimurim (9,84%) et Typhi (6,56%). La fréquence de Paratyphi A chez les jeunes enfants (<5 ans) était de 50%. Le taux de résistance des souches cliniques aux antibiotiques était élevé. La prévalence des souches de *Salmonella* isolées de laitue était élevée et atteignait 56% dans certaines Régions. Les sérotypes prédominants étaient Typhimurim (10,57%), Virchow (9,76%) et Paratyphi C (8,13%). La fréquence des *Salmonella* dans les abats de volaille variaient entre 20% et 69% : les sérotypes prédominants étaient Derby (42,37%), et Hato (15,25%). L'évaluation des activités bactéricides *in vitro* des composés chimiques et naturels sur des souches de *Salmonella* a montré que les souches de *Salmonella* isolées chez l'homme ont été plus résistantes à l'hypochlorite de sodium et que *Combretum micranthum* et *Phyllanthus pentandrus* présentent des principes actifs antibactériens. Cette étude a permis de constater une forte prévalence dans les aliments et une résistance élevée aux antibactériens des souches de *Salmonella*.

**Mots clés :** *Salmonella*, sérotypes, résistance aux antibactériens, Niger.

## Abstract

Salmonellosis is a human and animal bacterial infection caused by various serotypes of *Salmonella*. The genus of *Salmonella* comprises 2610 serotypes. The proportion of bacteremia caused by *Salmonella* in sub-Saharan Africa has reportedly increased significantly recently. In Niger the incidence of gastroenteritis is very high. The specific mortality rate for diarrheal diseases is 5.14%. Contamination with food is the potential risks of salmonellosis. The overall objective of this work is to study the diversity of *Salmonella* for better management of bacteraemia and gastroenteritis in Niger. To do this, a bibliographic analysis using the logit estimation model was carried out on journals dealing with the topic of *Salmonella* in Africa. Studies evaluating serotype diversity and antibiotic sensibility conducted on 544 samples including 69, 360 and 115 samples respectively from humans, lettuce and poultry. *In vitro* bactericidal activities of sodium hypochlorite and natural compounds (*Combretum micranthum*, *Acacia nilotica* and *Phyllanthus pentandrus*) were evaluated on *Salmonella* strains. Prospective studies have shown that 17 serotypes circulate in humans and the most common serotypes are Paratyphi A (14.75%), Paratyphi B (11.48%), Typhimurim (9.84%) and Typhi (6, 56%). The frequency of Paratyphi A in young children (<5 years old) was 50%. The resistance rate of clinical strains to antibiotics was high. The prevalence of *Salmonella* strains isolated from lettuce was high and reached 56% in some regions. The major serotypes were Typhimurim (10.57%) followed by Virchow (9.76%), Paratyphi C (8.13%). The frequency of *Salmonella* in poultry offal varied between 20% and 69%. The predominant serotypes were Derby (42.37%), and Hato (15.25%). The evaluation of bactericidal activity in vitro of chemical and natural compounds on *Salmonella* strains shows that *Salmonella* strains isolated in humans have been more resistant to *sodium hypochlorite* and that the plants *Combretum micranthum* and *Phyllanthus pentandrus* present principles antibacterial actives. This study found a high prevalence in food and a high resistance to the antibacterial strains of *Salmonella*.

**Keywords:** *Salmonella*, serotypes diversity, antibacterial resistance, Niger.

## INTRODUCTION GENERALE

Les salmonelloses sont des infections bactériennes humaines et animales causées par diverses espèces de *Salmonella*. Le genre *Salmonella* comprend 2610 sérotypes différents (Patrick et al., 2007). Selon l'estimation de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 21 millions de cas de fièvre typhoïde, dont 222 000 décès, surviennent chaque année dans le monde (WHO 2015, Trong et al., 2015). Les salmonelloses comprennent deux principaux types d'infections : d'une part, la fièvre typhoïde et les fièvres paratyphoïdes et d'autre part les salmonelloses non typhiques (ou non typhoïdiques). Les *Salmonella* non-typhoïdiques (SNT) sont responsables d'infections sporadiques ou épidémiques, le plus souvent en raison de la contamination des aliments ou du portage asymptomatique. Ce sont les bactéries le plus souvent en cause dans les toxi-infections alimentaires. Elles entraînent des gastroentérites et des formes invasives observées chez les malades à risques, en particulier les malades immunodéprimés (Al-Dhaheri et al., 2017). Il a été estimé récemment que la proportion relative de bactériémies dues aux infections invasives à *Salmonella* en Afrique Subsaharienne a considérablement augmenté (Crump, 2014) alors que les autres causes majeures de bactériémies, telles que *Streptococcus pneumoniae* et *Haemophilus influenzae* de type b, ont diminué avec la mise en place d'un contrôle ciblé par des programmes de vaccination (Lozano et al., 2010, Murray et al., 2010). Des épidémies à *Salmonella* Typhimurium dans la région de Maradi au Niger (Langendorf et al., 2015) et à *S. Paratyphi B* au Burkina Faso (Somda et al., 2017) ont été décrites chez les enfants de 0 à 59 mois, récemment. Environ 6 296 cas de gastroentérite ont été signalés en 2012 par la Direction de la Surveillance et de la Réponse aux Epidémies (DSRE) du Ministère de la santé publique du Niger. Le taux de mortalité spécifique dû aux maladies diarrhéiques en 2012 était de 5,14%. De plus, Harouna et al., (2000) au Niger, ont montré que 73% des péritonites par perforation sont des perforations intestinales typhoïdes. Ces complications majeures surviennent chez des personnes infectées suite à une contamination massive par *Salmonella*.

Les produits alimentaires crus (fruits et légumes) et les produits à base de la volaille (viande de volaille, œuf et préparation à base d'œufs, charcuteries, etc.) sont considérés comme des sources majeures de la contamination humaine (Humphrey et al., 1988 ; Cowden et al., 1989 ; Humphrey, 1994; Schmid et al., 1996; Hayes et al., 1999). En Afrique et au Niger en particulier, l'agriculture maraîchère est réalisée dans les zones urbaines et péri-urbaines. Cette activité agricole est confrontée au problème de pollution de l'environnement, du fait de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation (Dan-Badjo et al., 2013). La réutilisation des eaux

usées favorise une forte contamination des légumes par des microorganismes tels que les *Salmonella* et *Escherichia coli* O157:H7 (Pettersson et al., 2010). La plupart du temps, il s'agit d'une contamination de surface. Cependant, des travaux récents montrent que les salmonelles sont capables d'infecter et de se multiplier dans le mésophile de certains végétaux comme la Laitue (Kroupitski et al., 2009 ; Schikora et al., 2011). L'alerte engendrée par ces études sur le risque potentiel des *Salmonella* à infecter et à coloniser les plantes justifie la nécessité d'évaluer le niveau de contamination des végétaux. La laitue constitue l'une des principales cultures maraîchères réalisées au Niger. Elle occupe une superficie de 4 551 ha avec une production de l'ordre de 68 885 tonnes, avec un rendement moyen de l'ordre de 15 tonnes/hectare (DSMA 2011), d'où la nécessité de réaliser des études dans l'optique d'évaluer spécifiquement la prévalence et la diversité des *Salmonella* isolées de la laitue cultivée sur différents sites maraîchers du Niger.

Les aliments d'origine animale, en particulier les produits d'origine aviaire et la volaille, sont largement reconnus comme étant le réservoir de *Salmonella* en raison de la prolifération de *Salmonella* dans le tractus gastro-intestinal de poulets (Baeumler et al., 2000; Barrow et al., 2004 ; Keller et al., 1995, Poppe, 2000). Au Niger, l'aviculture est une filière qui prend un essor important. Son cheptel avicole était estimé à 16 976 236 têtes en 2009 et la production nationale d'œufs à 62 257 836 œufs par an, toutes espèces confondues (Anonyme., 2015). La volaille fournit un apport en protéines d'origine animale à la plupart des populations du monde (Smith, 1997) : de ce fait, elle représente un aliment de choix. Cependant on note, au Niger, l'absence d'abattoirs modernes de la volaille. Les boyaux de volailles en particuliers le gésier sont très prisés et beaucoup consommés au Niger mais ils sont susceptibles de renfermer des germes pathogènes, tels que les *Salmonella* (Tibaijouka et al, 2003 ; Ouattara, 2005). Ces produits de grande consommation restent mal connus pour leur qualité microbiologique. Face à cette réalité, un travail sur les facteurs de contamination et la prévalence des *Salmonella* devrait être réalisée.

Le véritable problème de santé publique causé par les salmonelles a été amplifié par l'émergence des souches multirésistantes aux antibiotiques (MRA). Une situation alarmante signalée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1997). A cet effet, des techniques diverses de biologie ont été développées pour étudier la diversité phénotypique et moléculaire de cette bactérie (Nath et al.,2010), à savoir des techniques de biotypage, de sérotypage, d'antibiotypage (antibiogramme standard et détermination de la CMI) et de typage moléculaires plus discriminantes entre les souches de *S. enterica*. Avec une telle diversité d'expression phénotypique, une étude épidémiologique est devenue indispensable afin

d'apprécier ces différentes variations. Aussi, au vu des insuffisances des données sur ce germe pathogène, surtout sur les aliments vecteurs des salmonelloses destinés à la consommation humaine, il s'avère nécessaire d'appréhender toutes les voies de propagation de ces germes pathogènes.

L'objectif général de ce travail est d'étudier la diversité des *Salmonella* pour une meilleure prise en charge des fièvres typhoïdes et des gastroentérites au Niger.

Il s'agit spécifiquement :

- i) d'évaluer la diversité des *Salmonella*, isolées chez trois (3) hôtes majeurs qui sont l'homme, les plantes et la volaille dans les différentes régions du Niger ;
- ii) de décrire la prévalence et la distribution chez ces trois hôtes majeurs au Niger;
- iii) d'identifier les caractères phénotypiques communs et différentiels des souches de trois origines ;
- iv) d'apprécier le degré de sensibilité des souches d'origines alimentaires et humaine aux antibiotiques ;
- v) d'évaluer *in vitro* l'activité antibactéricide des composés chimiques et naturels couramment utilisés au Niger.

Le manuscrit de cette thèse a été divisé en six chapitres :

- les deux premiers chapitres ont été consacrés aux connaissances générales sur les *Salmonella* : tout d'abord nous avons fait une revue de la littérature sur les notions générales des *Salmonella* expliquant son historique infectieux, sa taxonomie et ses caractères bactériologiques. Ensuite, nous avons mené une synthèse bibliographique des études ayant évalué la diversité des *Salmonella* chez l'homme, le bétail, la volaille et les végétaux, afin de comprendre la prévalence et la distribution spatiale des sérotypes de *Salmonella* circulant en Afrique ;
- dans le troisième chapitre, nous avons présenté les caractéristiques épidémiologiques des salmonelloses humaines au Niger, la diversité phénotypique et les sensibilités aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées chez l'homme ;
- dans le quatrième chapitre, nous avons décrit le degré de contamination de la laitue par les *Salmonella*, évalué leur diversité phénotypique et leurs sensibilités aux antibiotiques couramment utilisés dans les traitements des souches isolées ;

- le cinquième chapitre présente aussi le degré de contamination des abats de volaille par les *Salmonella*. Nous avons évalué sa diversité phénotypique et la sensibilité aux antibiotiques des souches isolées ;
- le sixième chapitre a été consacré à l'évaluation in vitro de l'activité antibactéricide de certains composés chimiques et naturels couramment utilisés au Niger ;
- enfin, nous avons conclu et proposé différentes pistes de recherche.

**Chapitre I : Synthèse sur les caractères bactériologiques des**  
*Salmonella*

## **1. Introduction**

Le genre *Salmonella* est l'un des 32 genres de la famille des *Enterobacteriaceae* : ce sont des bacilles à Gram négatif aérobies-anaérobies facultatifs (Korsak et *al.*, 2004). Elles sont aussi des hôtes facultatifs du tractus digestif et potentiellement pathogènes pour l'homme et les animaux. Le genre *Salmonella* présente une grande diversité sérotypique (Patrick et *al.*, 2007). Ce sont des bactéries le plus souvent en cause dans les toxi-infections d'origine alimentaire. Elles entraînent des gastroentérites et des infections invasives observées chez les malades à risques, en particulier les malades immunodéprimés (Al-Dhaheri et *al.*, 2017). La proportion relative des bactériémies dues aux infections invasives à *Salmonella* en Afrique Subsaharienne a considérablement augmenté ces dernières années (Crump, 2014). La lutte contre ces bactéries est d'autant très difficile du fait du portage asymptomatique chez les volailles comme chez d'autres espèces animales. Ces derniers constituent le réservoir animal des infections humaines (Martel et *al.*, 1994). Les caractères bactériologiques et les vecteurs de virulence permettent de confirmer les souches isolées et de déterminer leur degré de similarité par rapport d'autres souches.

Dans cette synthèse, nous allons faire un rappel sur l'historique et la taxonomie de la bactérie, les caractères bactériologiques pour l'identification et la hiérarchisation du genre *Salmonella* en fonction de leur intérêt.

## **2. Généralités sur les *Salmonella***

### **2.1 Historique**

L'infection à *Salmonella* est une maladie ancienne et la fièvre typhoïde a été bien décrite tout au long de l'histoire (Cunha, 2004). Cependant, la confusion entre les maladies du typhus et la typhoïde existait jusqu'au milieu des années 1800, même si les chercheurs avaient différencié les deux (Miller et Pegues, 2000, Cunha, 2004). Le médecin français Pierre Charles Alexandre Louis (1787-1872) a utilisé le terme "Fièvre typhoïde" en 1829. William Jenner (1815-1898) a clarifié les différences entre le typhus et la typhoïde basées sur la symptomatologie et l'épidémiologie en 1850 ; le fait qu'il a personnellement souffert des deux maladies a renforcé son diagnostic différentiel. William Budd (1811-1880) a conclu en 1873 que la fièvre typhoïde s'est propagée par voie féco-orale. Karl Eberth (1835-1926) a observé en 1880 des organismes en forme de baguette dans la rates et les ganglions lymphatiques de patients atteints de typhoïde et est crédité d'avoir découvert l'organisme du sérovar Typhi. Georg Gaffky (1850-1918) a d'abord cultivé avec succès des souches du sérovar Typhi de patients en Allemagne en 1884 (Le Minor & Véron, 1989).

En 1885 Theobald Smith (1859-1934), assistant de recherche du vétérinaire américain et Daniel E. Salmon (1850-1914), ont isolé ce qui est devenu *Salmonella cholerae-suis* de l'intestin d'un porc (Griffith et *al.*, 2006). Le bactériologiste français Joseph Léon Marcel Lignières (1868-1933) a suggéré en 1900 que le groupe de bactéries représenté par « swine cholera organism » devrait être appelé "*Salmonella*" en l'honneur de Salmon. Georges Widal (1862-1929) en 1896 a inventé le terme "agglutinine" pour décrire l'agglutination de cellules Typhi serovars tuées par la chaleur par le sérum convalescent (la réaction de Widal) (Grimont et Bouvet, 2000).

## **2.2 Taxonomie**

La nomenclature des *Salmonella* change constamment et peut prêter à confusion (Brenner et *al.*, 2000). Jusqu'au milieu des années 1900, les "Espèces" de *Salmonella* étaient descriptives du syndrome de la maladie dont ils étaient associés, par exemple, *Salmonella* Typhi, *Salmonella* Choleraesuis, *Salmonella* Typhimurium. Kauffmann prolongeant les travaux de White (1926) sur les analyses sérologiques des *Salmonella* avait soutenu que les formules antigéniques étaient « beaucoup mieux » avec le nom d'une espèce (Kauffmann, 1971), de sorte que le sérotype était assimilé aux espèces (Kauffmann, 1941, 1966 et, 1971). C'est ainsi que le sérotype a été assimilé aux espèces par exemple *Salmonella salamae* pour le sous-genre II (Le Minor et Popoff, 1987). Les isolats ont été nommés aussi d'après le site de leur isolement, par exemple, *Salmonella* London, *Salmonella* Paris et *Salmonella* Casablanca. L'avènement de la taxonomie moléculaire a donné une base objective à la classification. Les hybridations génomiques ADN-ADN et l'analyse comparative des gènes codant pour les ARN ribosomiaux ont mis en évidence deux (02) espèces génomiques dans le genre *Salmonella* : *S. enterica* espèce habituelle et *S. bongori* (Grimont et *al.*, 2000 ; Popoff et *al.*, 2004). La première espèce est elle-même subdivisée en 6 sous-espèces différenciées entre elles par des caractères biochimiques (Tableau I).

Tableau I: Nomenclature des *Salmonella*

Sous-espèces	Ancienne Nomenclature	Nouvelle Nomenclature
I	<i>Salmonella choleraesuis</i> subsp. <i>choleraesuis</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i>
II	<i>Salmonella choleraesuis</i> subsp. <i>salamae</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>salamae</i>
IIIa	<i>Salmonella choleraesuis</i> subsp. <i>arizonae</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>arizonae</i>
IIIb	<i>Salmonella choleraesuis</i> subsp. <i>diarizonae</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>diarizonae</i>
IV	<i>Salmonella choleraesuis</i> subsp. <i>houtenae</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>houtenae</i>
VI	<i>Salmonella choleraesuis</i> subsp. <i>indica</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>indica</i>
V	<i>Salmonella choleraesuis</i> subsp. <i>bongori</i>	<i>Salmonella bongori</i>

Il y avait une telle confusion sur la nomenclature des *Salmonella* : des dénominations qui indiquaient à tort un syndrome (*S. Typhi*) ou une parenté (*S. Paratyphi* A, B, C), une spécificité d'hôte (*S. Abortusovis*, *S. Abortus-equi*) ou une origine géographique (*S. London*, *S. Panama*, *S. Tel-el-kebir*). C'est ainsi qu'un consensus international semble se dégager afin d'accepter des règles de nomenclature. Au Congrès International de Microbiologie de Moscou, il a été décidé que les noms composés seraient désormais condensés en noms simples (*S. typhimurium*, *S. choleraesuis*, *S. tel-el-kebir*), de conserver les noms anciennement attribués aux sérovars, de la sous-espèce *enterica* qui représentent plus de 99,5 % des souches isolées. Ils ne doivent plus être écrits en italique. La première lettre doit être une majuscule (caractères pleins) : *Salmonella enterica subsp. enterica* sérotype Typhimurium. Le nom de la sous-espèce (*subsp. enterica*) peut ne pas être mentionné parce que seuls les sérovars de la sous-espèce *enterica* ont un nom. Les sérovars des autres sous-espèces de *S. enterica* et ceux de *S. bongori* sont désignés uniquement par leur formule antigénique, exemple *S. enterica subsp. enterica* sérovar Typhimurium, ou *S. enterica* sérovar Typhimurium, ou *Salmonella* ser. Typhimurium, ou encore *Salmonella* Typhimurium.

De nos jours, 2610 sérotypes (ou sérovars) sont connus (figure 1), et la liste n'est pas close. Ils sont classés sur la base de la diversité du lipopolysaccharide (LPS=antigène somatique O) et des antigènes flagellaires H suivant un schéma appelé schéma de White-Kauffmann-Le Minor, mis à jour depuis 1934 successivement par F. Kauffmann, L ; Le Minor, M.Y. Popoff , Patrick A.D. Grimont et F.-X. Weill jusqu' à nos jours (Patrick et *al.*, 2007 ; Popoff, 2007).

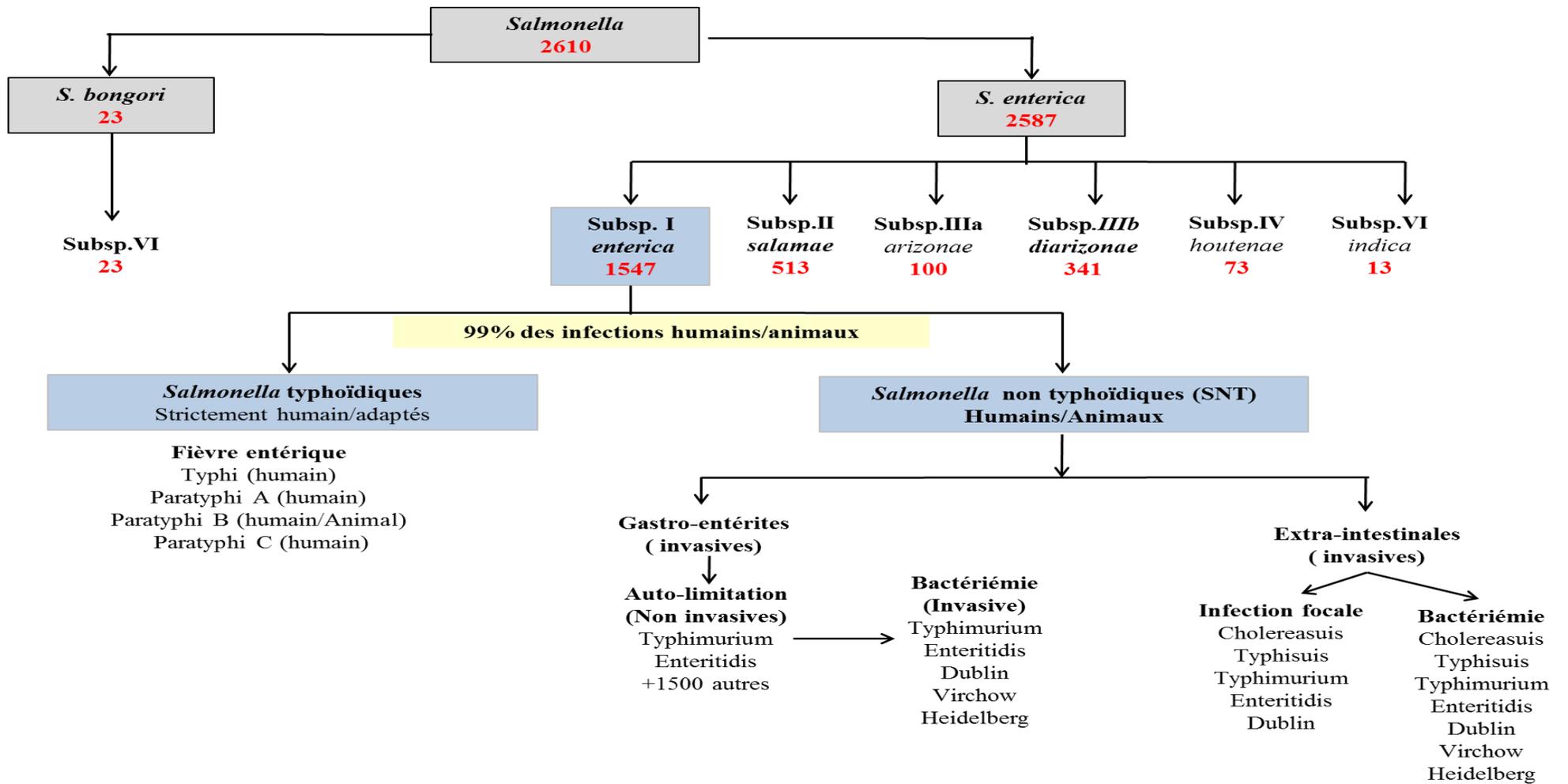


Figure 1: Classification du genre *Salmonella*. (Langridge et al., 2008)

## **2.3 Caractères bactériologiques.**

### **2.3.1 Caractères morphologiques.**

Le genre *Salmonella* appartient à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles à Gram négatif de 2 à 5 µm de longueur sur 0,7 à 1,5 µm de largeur (Korsak et al., 2004). Ils sont non sporulés et en général mobiles à ciliature péritriche, à l'exception des *Salmonella* appartenant aux sérotypes aviaires, tels *Salmonella Gallinarum* et *Salmonella Pullorum* et quelques rares mutants immobiles.

### **2.3.2 Caractères cultureux**

*Salmonella* est une bactérie mésophile, son optimum 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, 1996 ; SCVMPH, 2003). Les *Salmonella* supportent une gamme de pH allant de 4,5 à 9 avec un optimum entre 6,5 et 7,5 (Grimont, 2000). Ces bactéries se cultivent sur des milieux ordinaires à base d'extraits de viande. La plupart des *Salmonella* peuvent être cultivées sur milieu minimum, sans facteur de croissance. Cependant, quelques sérotypes présentant une spécificité d'hôtes tels que *S. Gallinarum*, Typhi ou Paratyphi A sont auxotrophes pour certains facteurs de croissance à un pH voisin de la neutralité et à une température optimale de croissance de 37°C. Les colonies sont généralement rondes, lisses (Smooth : S) à bords réguliers et ont un diamètre de 2 à 3 mm. Après subculture en bouillon, elles donnent des cultures homogènes mais il arrive exceptionnellement que des cultures de *Salmonella* soient isolées sous forme rugueuse (Rough : R).

### **2.3.4 Caractères biochimiques**

Au sein de la famille des *Enterobacteriaceae*, les caractères permettant l'identification biochimique du genre *Salmonella* sont :

- l'absence d'uréase et de tryptophane désaminase,
- l'absence de production d'indole et d'acétoïne,
- l'absence de fermentation du lactose, du saccharose, de l'inositol, de l'amygdaline, de l'adonitol et du 2-cétogluconate,
- la présence d'une thiosulfate-réductase,
- la décarboxylation fréquente de la lysine et de l'ornithine
- la capacité fréquente de croître sur milieu au citrate de Simmons.

Deux des trois espèces du genre *Salmonella* peuvent être différenciées par leurs caractères biochimiques : *Salmonella bongori* ne fermente pas le sorbitol et pousse sur un milieu contenant du cyanure de potassium (KCN), contrairement à *Salmonella enterica*.

Les six (06) sous-espèces de *Salmonella enterica* peuvent également être identifiées par leurs caractères biochimiques (Grimont et al., 2007) ( tableau II).

Tableau II: Caractères différentiels des espèces et sous-espèces du genre *Salmonella*.

Espèce Sous-espèce	<i>S. enterica</i>						<i>S. bongori</i>
	<i>enterica</i>	<i>salamae</i>	<i>arizonae</i>	<i>diarizonae</i>	<i>houtenae</i>	<i>indica</i>	
Caractères							
Dulcitol	+	+	-	-	-	d	+
ONPG (2 h)	-	-	+	+	-	d	+
Malonate	-	+	+	+	-	-	-
Gélatinase	-	+	+	+	+	+	-
Sorbitol	+	+	+	+	+	-	+
Culture sur KCN	-	-	-	-	+	-	+
L(+)-tartrate(a)	+	-	-	-	-	-	-
Galacturonate	+	+	-	+	+	+	+
Glutamyltransférase	+(*)	+	-	+	+	+	+
β-glucuronidase	d	d	-	+	-	d	-
Mucate	+	+	+	-(70%)	-	+	+
Salicine	-	-	-	-	+	-	-
Lactose	-	-	-(75%)	+(75%)	-	d	-
Lyse par le phage O1	+	+	-	+	-	+	d
Habitat de la majorité des souches	Animaux à sang chaud		Animaux à sang froid et environnement				

(a) = d-tartrate ;

(\*) = Typhimurium d, Dublin -.

+ = 90 % ou plus de résultats positifs.

- = 90 % ou plus de résultats négatifs.

d = résultats différents suivant les sérovars de la sous-espèce considérée.

### **2.3.5 Caractères antigéniques**

Les *Salmonella* possèdent 3 types principaux d'antigènes : antigènes somatiques O (" O " pour Ohne Hauch qui signifie " Sans indice"), antigène d'enveloppe Vi (Vi essentiellement capsulaire) et antigènes flagellaires H (H pour Hauch qui signifie "indice") (Le Minor and Veron, 1989).

#### **2.3.5.1-Lipopolysaccharide (LPS) ou antigène somatique (O)**

Les *Salmonella* synthétisent un lipopolysaccharide (LPS) ou antigène somatique (O) ou endotoxine. Le lipopolysaccharide (LPS) forme la couche la plus externe de bactéries à Gram négatif et sert à protéger la cellule de l'environnement. Ils constituent les endotoxines des bactéries à Gram négatif, cet antigène résiste au phénol et à l'alcool, il est thermostable même à une température de 100°C (Wray et al., 2003). Il induit une multitude d'effets biologiques qui ont une place importante dans la pathogenèse des infections et agit comme une barrière contre l'entrée des petites molécules. Sur le plan structurel, les antigènes O peuvent différer dans les composants monosaccharidiques, les liaisons entre les monosaccharides, et d'autres modifications mineures telles que l'acétylation. Même les changements chimiques subtils dans la structure de l'antigène O ont des effets profonds sur la reconnaissance des anticorps (Kim et al., 1999). Ainsi, le schéma de Kauffman-White reconnaît 67 facteurs de l'antigène O et divise la *Salmonella* approximativement en 50 sérogroupes différents.

#### **2.3.5.2-Antigènes H**

Les antigènes H sont des polymères de flagelline: protéine de structure des flagelles, qui présente une composition en acides aminés constante pour un type antigénique donné. La flagelline est sous la dépendance de 2 gènes de structure correspondants à la phase 1 et à la phase 2. La majorité des *Salmonella* sont diphasiques et peuvent donc exprimer alternativement deux spécificités différentes car elles possèdent deux systèmes génétiques.

Cependant un certain nombre de *Salmonella* sont monophasiques, car à un temps donné, un seul de ces deux gènes s'exprime et les flagelles seront soit en phase 1, soit en phase 2. En effet, il existe deux systèmes génétiques (*fliC* et *fljB*) situés à deux endroits séparés du chromosome. De manière aléatoire, avec une fréquence de  $10^3$  à  $10^5$  (toutes les 1000 à 100 000 divisions), le gène silencieux est exprimé alors que le premier gène ne l'est plus. C'est le phénomène de variation de phase. Le gène *fliC* est soumis à la répression par le produit du gène *fljAb* (qui fait partie de l'opéron *flj*). L'expression de l'opéron *flj* empêche donc

l'expression du gène *fliC* (Chilcott et Hughes, 2000). Les antigènes H sont thermolabiles, détruits par la chaleur à 100°C, par l'action de l'alcool et par les ferments protéolytiques. Ils résistent au formol et perdent leurs agglutinabilités par les anticorps en présence d'alcool et d'acide phénique. Le développement optimum de l'antigène H s'obtient sur les milieux liquides mous après un séjour de 8 heures à 37°C (Dumas, 1958).

### **2.3.5.3-Antigène d'enveloppe Vi**

L'antigène Vi est l'un des plus importants du point de vue du diagnostic dans le genre *Salmonella*. L'antigène Vi est un polysaccharide capsulaire exprimé par la très grande majorité des souches de *Salmonella* Typhi, plus rarement par des souches de *Salmonella* Paratyphi C et exceptionnellement par des souches de *Salmonella* Dublin.

La présence de la capsule Vi est déterminée par test d'agglutination sur lame. Si, sur la base d'une analyse biochimique, une souche est soupçonnée être un sérotype Typhi ou Paratyphi C, alors l'agglutination avec l'antisérum Vi est effectuée en même temps que les tests avec les antisérums du groupe O appropriés. Notez que la présence de la capsule peut bloquer la reconnaissance par les anticorps de l'antigène O. Par conséquent, si une souche est positive pour l'antigène Vi, la souche doit être chauffée dans de l'eau bouillante pendant 15 min, refroidie et testée à nouveau. Après chauffage, une souche sérovar Typhi devrait être négative pour l'antigène Vi et positive pour le groupe OMD (Difco, 1998).

### **2.3.5.4-Antigènes R et M**

Ce sont des antigènes plutôt rares et surtout ne présentant pas d'intérêt pour l'identification des *Salmonella*. L'antigène R est non virulent, dérivé de l'antigène O, ses colonies sont rugueuses (forme Rough: R), il est plus aisément phagocyté et plus sensible aux activités bactéricides cellulaires et sériques. L'antigène M, existe essentiellement chez *Salmonella* Paratyphi B et est responsable de l'aspect muqueux des colonies.

## **2.4 Pouvoir pathogène et facteurs de virulence des *Salmonella***

La transmission de *Salmonella* se fait majoritairement par la voie féco-orale après ingestion d'aliments contaminés. Après l'ingestion, elles survivent à l'acidité de l'estomac, et parviennent au niveau de l'intestin grêle où elles adhèrent aux cellules de l'épithélium intestinal, préférentiellement aux cellules M des plaques de Peyer. Le caecum, lieu de multiplication, semble jouer un rôle important dans l'infection (Conta et *al.*, 1995). Dans

l'intestin, les bactéries interagissent avec la face apicale des cellules épithéliales, formant des appendices appelés invasomes (Ginocchio et *al.*, 1994); elles provoquent simultanément une dégénérescence des microvillosités et de la bordure en brosse, et induisent des ondulations membranaires des cellules épithéliales (Gahring et *al.*, 1990). Les *Salmonella* sont alors observées entrent et dans les cellules épithéliales, à l'intérieur d'une vacuole. Une période de latence de plusieurs heures précède la phase de multiplication intracellulaire intense des *Salmonella* (Finlay et *al.*, 1988). Après 12-24 h de multiplication intracellulaire, la plupart des cellules présentent de larges vacuoles remplies de *Salmonella*. Les bactéries sont ensuite phagocytées par les macrophages de la *lamina propria* qui constituent une niche privilégiée pour sa persistance. Les bactéries sont alors transportées jusqu'aux ganglions mésentériques sous-jacents (Neutra, 1998). L'infection peut rester localisée et entraîner une pathologie de type gastroentérite. Dans ce cas, l'invasion cellulaire induit la mise en place d'une réponse inflammatoire, caractérisé notamment par la production d'IL-8. L'interleukine 8 (IL-8) est un chemoattractant pour les granulocytes et conduit à un afflux massif de neutrophiles et d'exsudat au niveau de la muqueuse intestinale qui participerait activement à la destruction de l'épithélium intestinal, à la formation d'œdème et la sécrétion de fluide au niveau de la muqueuse intestinale (McCormick et *al.*, 1998). Dans le cas des infections de type systémique, les monocytes s'infiltrant massivement dans les tissus intestinaux, n'entraînant pas de destruction de l'épithélium, les *Salmonella* prises en charge par les macrophages, développent une niche intracellulaire, dans laquelle elles survivent. Ainsi, elles sont véhiculées par les macrophages et gagnent les ganglions mésentériques puis la circulation sanguine sous forme libre où elles provoquent une bactériémie. Elles se disséminent dans l'organisme de l'hôte et colonisent rapidement le foie et la rate et notamment les macrophages de ces organes profonds. Les cellules infectées par des *Salmonella* se trouvent principalement en clusters qui forment différents foci individualisés entourés de tissus normaux (Richter-Dahlfors et *al.*, 1997).

De nombreux facteurs de virulence interviennent dans les principales étapes de la pathogénie. Pour interagir avec la cellule hôte, les *Salmonella* vont mettre en jeu des facteurs d'attachement, de pénétration et de survie intracellulaire. Les facteurs de virulence rassemblent ceux non spécifiques aux sérovars pathogènes représentés par: le lipopolysaccharide (LPS), le fimbriae ou pili et le flagelle, et ceux dit spécifiques aux sérotypes pathogènes dont le support génétique essentiel. Ce dernier est constitué par des îlots de pathogénicité. Toutefois des plasmides de virulence et des phages ont montré un rôle dans cette virulence (Hacker et *al.*, 2000). Les facteurs de virulence non spécifiques jouent aussi un

rôle dans l'attachement, la persistance et la colonisation intestinale et systémique, le franchissement du mucus. Ces rôles dans la virulence étudiés *in-vivo* sur des cultures cellulaires et *in-vitro* sur des modèles expérimentaux animaux sont sujet à controverse.

La majeure contribution dans la virulence des *Salmonella* est liée aux différents outils et mécanismes de virulence codifiés par des îlots de pathogénicités constitués principalement par des systèmes de sécrétion de type III (SSTT), des effecteurs sécrétés par les SSTT, des fimbriae et un système de captation du fer (Hensel, 2004). Les *Salmonella* disposent de deux SSTT, impliqués historiquement dans deux étapes distinctes du processus infectieux. Le SSTT-1 confère à la bactérie la capacité de pénétrer dans les cellules non phagocytaires et joue un rôle dans les interactions avec la barrière épithéliale intestinale et la réponse inflammatoire de l'hôte (Zhou et al., 2001). Le deuxième SSTT, le SSTT-2 permet à *Salmonella* de développer une infection systémique et de coloniser les organes profonds tels que la rate et le foie. Au niveau cellulaire, le SSTT-2 permet aux *Salmonella* de survivre dans le phagosome des macrophages et dans la vacuole des cellules non phagocytaires (Hansen-Wester et al., 2001).

## **2.5 Évolution de la sensibilité des *Salmonella* aux antibiotiques**

L'émergence de la résistance des *Salmonella* aux antimicrobiens est un problème de santé grave dans le monde entier (Chiu et al. 2002). C'est en 1960 que la première incidence (1,62%) de la résistance des *Salmonella* à un seul antibiotique, le chloramphénicol, a été rapporté (Montville et al., 2008). Depuis, la fréquence des souches de *Salmonella* résistante à un ou à plusieurs agents antimicrobiens a augmenté dans de nombreux pays (Yoke-Kqueen, 2008). Les molécules préconisées pour traiter les salmonelloses humaines étaient le chloramphénicol, l'ampicilline ou l'association triméthoprime/sulfaméthoxazole. Cependant, les problèmes de résistance rencontrés contre ces molécules ont conduit à utiliser des antibiotiques plus récents, notamment les céphalosporines de 3<sup>ème</sup> génération (C3G) et les fluoroquinolones (Parry et al., 2008). Toutefois résistances contre ces molécules ont été déjà mises en évidence chez *Salmonella*. L'émergence des souches résistantes en médecine humaine et vétérinaire a été observée avec le développement de l'élevage intensif d'animaux et l'utilisation systématique des antibiotiques comme promoteur de croissance et à des fins thérapeutiques destinées à la consommation humaine était évoquée (WHO, 2008).

Des études ont montré que les sérotypes de *Salmonella* présentant le phénotype MDR, ont la capacité de générer différents types de plasmides hybrides.

La majorité des gènes situés au sein de ces plasmides sont constitués de gènes de résistance qui confèrent aux sérotypes la propriété de résistance aux antimicrobiens contre les antibiotiques traditionnels tels que le chloramphénicol, la tétracycline, l'ampicilline et la streptomycine (Guerra et *al.*, 2001, 2002). L'émergence des sérotypes de *Salmonella* présentant une sensibilité réduite à la ciprofloxacine est le résultat de mutation aux chromosomes dans la région de détermination de la résistance à la quinolone du gène *gyrA* (Chiu et *al.*, 2002). Certains sérotypes de *Salmonella* ont commencé à développer des résistances en vers des céphalosporines à large spectre résultant de gènes mutés codant pour des  $\beta$ -lactamases à large spectre, hydrolysant les antibiotiques avec des  $\beta$ -lactamines comme les céphalosporines et les céphamycines (Carattoli et al. 2002).

### 3. Réservoir et habitat des *Salmonella*

Les *Salmonella* vivent principalement dans le tractus gastro-intestinal des animaux. La sous-espèce "*Salmonella enterica* subsp. *enterica*" est généralement isolée chez l'homme et les animaux à sang chaud, alors que toutes les autres sous-espèces de *S. enterica* et *S. bongori* sont commensaux des animaux à sang froid et infectent rarement les humains. Selon le spectre d'hôte trois catégories de sérovars de *S. enterica* subsp. *enterica* peuvent être individualisée (Uzzau et *al.*, 2000 ; Edwards et *al.*, 2002):

- celles qui sont "adaptés à l'hôte" et infectant principalement un hôte mais capables de provoquer la maladie chez d'autres (exemples : *S. Choleraesuis* et *S. Dublin*) ;
- celles qui sont "restreints à un hôte", connues pour infecter un seul hôte (exemples : *S. Typhi*, *S. Paratyphi A*, *S. Gallinarum* et *S. Pullorum*) ;
- et celles qui sont "généralistes" (capables d'infecter une variété d'animaux, bien que l'évolution de la maladie puisse différer selon les hôtes (exemples : *S. Typhimurium* et *S. Enteritidis*)).

La compréhension de cette diversité de *Salmonella* et l'interaction des sérovars spécifiques avec leur(s) hôte(s) a toujours été affectée par la préoccupation pour la santé. Les hôtes non humains étudiés sont pour la plupart des animaux producteurs d'aliments ou dans le cas des rongeurs, responsables de la contamination des installations de production alimentaire ou impliqués dans la recherche. La gamme réelle d'hôtes et la distribution de *Salmonella* pourraient être beaucoup plus grandes.

L'infection à *Salmonella* de beaucoup de ces hôtes conduit souvent à une gastroentérite auto-limitante. Cependant, pour être maintenue dans son habitat, *Salmonella* doit être capable de

persister ou de vivre de façon commensale avec au moins un certain pourcentage d'hôtes et être efficacement transmise de l'hôte à l'hôte.

Suite à une contamination fécale, les *Salmonella* peuvent se trouver dans l'environnement. Ils peuvent en outre survivre pendant des très longues périodes dans le milieu extérieur. La durée peut aller de quelques jours à 9 mois dans les sols et en surface des matériaux de construction des bâtiments agricoles (bois, béton, acier, fer et brique). Elles peuvent aussi survivre quelques mois dans les aliments secs non acidifiés, sur les tiges et les feuilles des végétaux. Selon Korsak et *al.*, (2004) la longévité peut-être plus d'un an dans les poussières, le duvet et les matières fécales bovines et jusqu'à 13 mois sur des carcasses de poulets congelés à - 21 °C (Euzéby 1982).

Tous les animaux sont des porteurs potentiels de *Salmonella* dans leur tube digestif. Ces dernières sont toutes virtuellement dangereuses et leur diffusion dans l'environnement est très importante : on parle de cycle des *Salmonella* (Bornert 2000). Chez les poulets, leur lieu d'élection est constitué par le caecum, ce qui explique leur diffusion dans les fientes caecales. Les animaux porteurs asymptomatiques excrètent de façon intermittente les *Salmonella* à raison de 10 à 10<sup>7</sup> bactéries par gramme de fèces (Euzéby 1982, Humbert 1998).

*Salmonella* est inactivée par la chaleur, 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).

#### **4. Modes de contamination**

La contamination directe joue un rôle restreint dans la propagation de la maladie (environ 5%). Elle a lieu dans l'entourage des typhiques par les selles ou le linge souillé.

La contamination indirecte, plus fréquente, se fait par ingestion de divers aliments pollués.

- L'eau est un facteur important de dissémination des *Salmonella* du fait qu'elle est sujette aux différentes contaminations issues des animaux et de l'homme. L'eau ingérée par l'homme et les animaux, peut passer via l'estomac aux intestins sans stimuler la digestion ce qui entraîne un passage au travers des barrières de défenses naturelles échappant aux défenses de l'hôte sans subir de préjudices ce qui augmente le potentiel infectieux du germe.

- Les aliments, surtout les fruits de mer récoltés dans des zones non contrôlées, contaminés le plus souvent avant leur récolte et consommés crus ou mal cuits. A un degré moindre, les légumes pollués par un engrais contaminé jouent un rôle dans la chaîne de transmission.

- Les insectes dont les blattes, les mouches (Bock et *al.*, 2003) et aussi les ténébrions (Agabou et *al.*, 2010) ; 50% des mouches au niveau d'un bâtiment avicole expérimentalement infecté par *S. Enteritidis* se voient contaminés au bout de 48h suivant l'infection et 75% après 4 à 7

jours suivant l'infestation après quoi le taux descend à 30% après 15 jours. Ce sont surtout les organes internes des mouches qui permettent l'isolement des *Salmonella*, les mouches peuvent disséminer les *Salmonella* dans un même bâtiment à tout le cheptel du bâtiment.

## **5. Salmonelloses humaines**

Les salmonelloses représentent toutes les maladies engendrées par les *Salmonella*. Chez l'homme, elles sont majoritairement de deux types : les gastro-entérites et les fièvres typhoïdes ou paratyphoïdes. Les sérovars de *Salmonella* responsables de ces infections appartiennent très majoritairement à la sous-espèce *Salmonella enterica* subsp. *enterica*. Au sein de la sous-espèce *enterica*, on distingue des sérovars ubiquistes, tels que *Salmonella* Typhimurium (*S. Typhimurium*) ou *Salmonella* Enteritidis (*S. Enteritidis*), c'est-à-dire capables d'infecter un large spectre d'hôtes dont l'homme et des sérotypes spécifiques strictement adaptés à un hôte tel que *Salmonella* Typhi (*S. Typhi*) qui est strictement adapté à l'homme. Ces sérovars spécifiques d'hôtes sont souvent responsables d'infections systémiques généralement mortelles, alors que les sérovars ubiquistes sont responsables d'infections diverses en fonction de l'hôte. *S. Enteritidis*, et *S. Typhimurium* sont par exemple responsables de gastroentérites chez l'homme (SCVMPH, 2003 ; Hu et al., 2003).

### **5.1 Gastroentérites**

Chez l'homme, les gastroentérites à *Salmonella* sont présentes partout dans le monde. Elles représentent une des causes principales de mortalité infantile dans les pays en voie de développement et constituent la 2ème cause derrière *Campylobacter*, de toxi-infections alimentaires en Europe et la première cause d'hospitalisation et de mortalité d'origine alimentaire (Anonymous, 2010). Le nombre total de gastroentérites à *Salmonella* est estimé dans le monde à 1,3 milliards parmi lesquelles 3 millions de personnes décèdent suite à l'infection (<http://www.phac-aspc.gc.ca/labbio/res/psds-ftss/Salmonella-ent-eng.php>).

*Salmonella* Enteritidis et Typhimurium sont les plus incriminées dans ces salmonelloses humaines (Delmas et al., 2007). Les principaux symptômes sont la fièvre, les douleurs abdominales, les nausées et une diarrhée parfois accompagnée de vomissements. Dans la plupart des cas, la maladie ne donne pas habituellement de bactériémie prolongée car les germes sont rapidement captés par les phagocytes et tués, sauf pour Typhimurium et Enteritidis (INVS, 2004). Cependant, chez les personnes les plus sensibles comme les personnes âgées et les nourrissons, dans les cas où la bactérie rejoint la circulation sanguine,

une antibiothérapie peut être requise (Hohmann, 2001). Cette dernière doit tenir compte de la résistances aux antibiotiques (Ruiz et *al.*, 2004).

## **5.2 Salmonelloses systémiques**

On estime à 22 millions le nombre de cas de fièvre typhoïde chaque année dont 200 000 décès et six millions de fièvre paratyphoïde dans le monde (Anna et *al.*, 2016). En 2010, l'incidence des fièvres paratyphoïdes était de 0,8 cas pour 1000 en Afrique du Nord et de l'Est et de 77,4 cas pour 1000 en Afrique Subsaharienne. Ces pathologies sont les formes les plus graves des salmonelloses. Elles se traduisent par une septicémie (infection généralisée) en l'absence de traitement. Les symptômes incluent une forte fièvre, des maux de tête, une constipation ou une diarrhée et une hépatosplénomégalie. Le réservoir strictement humain est entretenu par des personnes contaminées (malades, convalescents ou porteurs asymptomatiques) qui excrètent la bactérie via leurs selles ou leurs urines. La maladie se transmettant par ingestion d'aliments ou d'eau, contaminés par ces produits biologiques. Le taux de létalité moyen était estimé à 10% même s'il peut atteindre 30% dans les régions endémiques comme l'Asie. Il pouvaient être inférieurs à 1%, si les cas étaient pris en charge précocement et si l'antibiothérapie était initiée à temps et soutenue (Mermin et *al.*, 1999; Hu & Kopecko, 2003). Les fièvres paratyphoïdes causées par les sérotypes *Salmonella* Paratyphi A, Paratyphi B ou Paratyphi C sont caractérisées par des symptômes similaires à ceux de la fièvre typhoïde mais moins sévères et un taux de mortalité plus faible. Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes sont à déclaration obligatoire en France (Pang et *al.*, 1998), mais pas au Niger et dans la quasi-totalité des autres pays africains.

## **6. Salmonelloses animales**

Les réservoirs animaux de *Salmonella* sont nombreux : ils sont retrouvés chez les volailles, les porcs, les bovins, les ovins et les caprins. Dans les pays industrialisés, les animaux d'élevage sont les principaux réservoirs (Sánchez-Vargas et *al.*, 2011). Ils peuvent être porteurs asymptomatiques, ce qui rend difficile le contrôle des salmonelloses. Le portage et la propagation des *Salmonella* sont favorisés par les modes d'élevages industriels (Leclerc et *al.*, 1989). C'est pour cela que l'on rencontre fréquemment des *Salmonella* chez les animaux élevés en forte densité de population sur des surfaces réduites : veaux, porcs et volailles. Chez la volaille, la salmonellose se caractérise par un simple portage (pullorose) ou par une maladie contagieuse et virulente (typhose).

## 6.1 Pullorose

La pullorose touche les jeunes oiseaux : elle est le plus souvent périnatale. La maladie évolue sous forme bactériémique avec des signes respiratoires et une grande indolence. Une diarrhée liquide blanchâtre qui colle les plumes du cloaque. Les poussins sont frileux, ébouriffés, blottis sous l'éleveuse. Ils ont soif et meurent déshydratés. Il y a parfois des arthrites (*Salmonella* Typhimurium), et des omphalites. Des formes moins aiguës et plus tardives se traduisent par un mauvais état général et des arthrites tibiotarso-métatarsiennes. *Salmonella* Gallinarum Pullorum est très souvent isolé sur des poussins (Villate, 2001). La pullorose occasionne des pertes par mortalité en coquille dès le 15ème jour d'incubation et une mortalité foudroyante chez les poussins pouvant atteindre 80 à 90 % (Bell, 1990).

## 6.2 Typhose

Elle touche les adultes et correspond à la forme aiguë de la maladie : c'est la "fièvre typhoïde" des volailles. Les oiseaux sont prostrés, assoiffés, cyanosés (crêtes, barbillons, caroncules bleuâtres) et présentent une diarrhée jaunâtre parfois légèrement hémorragique. Certains oiseaux ont des troubles respiratoires et nerveux (Villate, 2001). La mortalité est de l'ordre de 50 à 75% de l'effectif (Bell, 1990). La maladie peut sévir sous forme d'infection chronique de la grappe ovarienne par *Salmonella* Gallinarum Pullorum avec ovarite, salpingite, ponte abdominale et production de poussins contaminés. Certaines femelles peuvent pondre des œufs contenant des *Salmonella* (Villate, 2001).

## 7. Salmonelloses végétales

La contamination des végétaux se fait à partir d'une source environnementale (épandages, ruissellements), animale (fèces d'animaux de rente ou domestiques, insectes) ou humaine (excréments, eaux usées) au moment de la culture, de la récolte ou de la manipulation des végétaux avant leur consommation (Beuchat et Ryu, 1997). Lors de la culture, c'est souvent pendant la fertilisation du sol avec des engrais d'origine animale ou l'irrigation avec des eaux usées contaminées que les bactéries entrent en contact avec la plante. La plupart du temps, il s'agit d'une contamination de surface. Au cours de ces dernières années beaucoup d'études ont été menées sur l'interaction des *Salmonella* avec le végétale, cette capacité de colonisation des plantes justifiée par une adhérence de la bactérie aux feuilles qui implique plusieurs structures présentes à la surface des bactéries : certains fimbriae, le LPS ou encore les flagelles (Westrell et al., 2009). Les bactéries sont également capables de pénétrer et de se multiplier dans les plantes entre la paroi externes et les cellules végétales, toute fois une

possibilité de localisation intracellulaire a été rapportée dans d'autres études chez les plantes modelés *Arabidopsis thaliana* encore la laitue (*Lactuca sativa*), infectées au niveau des feuilles, on observe l'apparition d'un flétrissement, d'une chlorose, voir la mort de la feuille (Kroupitski et *al.*, 2009 ; Schikora et *al.*, 2008). Les capacités des *Salmonella* à coloniser les plantes varient en fonction des serovars, de l'espèce végétale infectée et de l'époque de l'année. Les serovars *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* et *S. Senftenberg* adhèrent fortement aux feuilles tandis que les sérotypes *S. Arizona*, ou *S. Heidelberg* n'adhèrent pas (Berger et *al.*, 2011 ; Golberg et *al.*, 2011) (figure 2).

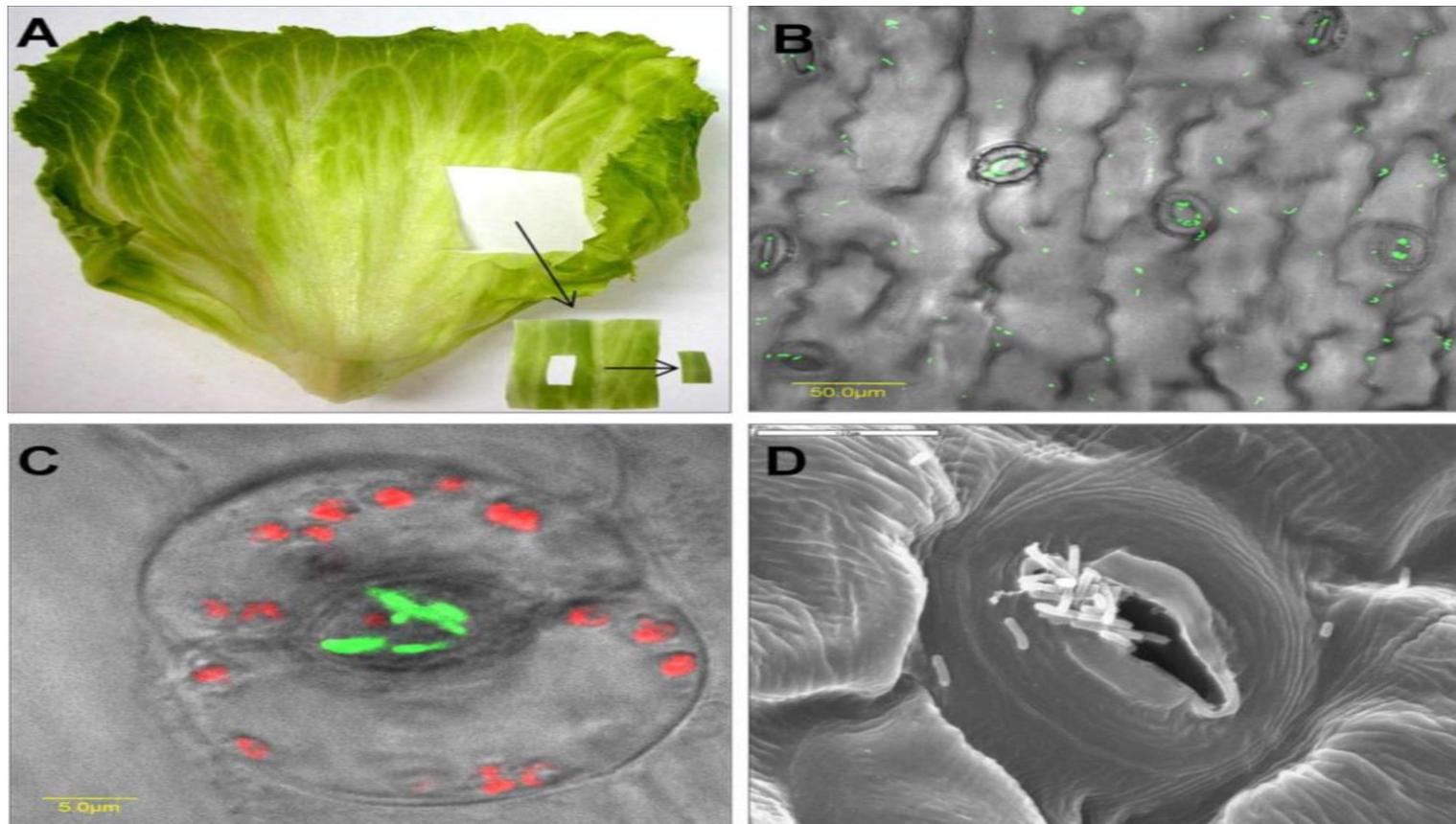


Figure 2: Interaction de *Salmonella* Typhimurium avec la feuille de laitue (*Lactuca sativa*).

(A) *S. Typhimurium* est incubé 2 heures avec une pièce de laitue de 9 cm<sup>2</sup> puis une partie de cette pièce est observée au microscope confocal. (B-C) Des images de microscopie confocale ont été superposées avec des images de lumières transmises. (B) Les salmonelles exprimant la GFP (vert) ont adhéré à la feuille principalement au niveau des stomates. (C) La fluorescence rouge correspond à l'autofluorescence des chlorophylles des cellules de garde stomatiques. (D) Visualisation de nombreuses salmonelles à l'entrée stomatique en microscopie électronique à balayage (Echelle = 10µm) (Kroupitski et *al.*, 2009).

## **8. Conclusion partielle**

L'infection à *Salmonella* reste un problème de santé publique inquiétant dans le monde entier. Sa structuration génétique fait de *Salmonella* un germe complexe et lui permet de s'adapter à divers environnements y compris l'homme, les animaux et les aliments. La maîtrise des caractères bactériologiques et de virulences parfois spécifiques au germe permet une bonne identification. Avec une meilleure compréhension de la spécificité des *Salmonella*, des méthodes et des techniques pourraient être bien implémenté pour sa parfaite caractérisation.

**Chapitre II : Prévalence et diversité des sérotypes de *Salmonella* en Afrique : analyse qualitative et quantitative**

### *Avant-propos*

*Ce chapitre rentre dans une démarche de synthèse sur les Salmonella. Ici nous avons évalué la prévalence et la diversité des Salmonella en Afrique par une méthodologie de sélection qualitative de plusieurs revues ayant traitées la thématiques des Salmonella et validé l'assemblage des données recueillis par un modèle de LOGIT dans le but d'établir un modèle pour nos études sur les Salmonella au Niger. Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'une publication dans la revue European Scientific Journal (voir résumé en annexe 1)*

## **1. Introduction**

Les salmonelloses sont les principales causes des toxi-infections alimentaires collectives chez l'homme. On estimait à 93,8 millions de cas de gastroentérites (5<sup>e</sup>- 95<sup>e</sup> percentile, 61,8-131,6 millions) qui étaient dues aux *Salmonella* dont 80,3 millions étaient d'origine alimentaire, et 155.000 décès (Shannon et *al.*, 2010). Depuis Janvier 2000, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a lancé le Réseau mondial des infections d'origine alimentaire (GFN : Global Foodborne Infections Network) connu sous le nom du Programme mondial Salm-Surv (GSS : Global Salm-Surv). Un effort mondial visant à renforcer la surveillance des infections et d'autres maladies d'origine alimentaire en laboratoire et à promouvoir des activités de prévention et de contrôle. Ainsi les résultats montrent que *S. Typhimurium* et *S. Enteritidis* sont largement répandues dans les différents réservoirs animaux (porcs, bovins, volailles, ...), dans certains aliments (œufs, fruits, ...) destinées à l'homme : ces germes figurent en première et deuxième positions des sérotypes les plus fréquemment isolés chez l'homme (Hendriksen, 2010). La plupart des cas de *Salmonella* non Typhi isolées en Afrique sont des *S. Typhimurium* ou *S. Enteritidis* (Nicholas et *al.*, 2012) bien que des investigations rapportent la contribution d'autres sérotypes tels que *S. Isangi* en Afrique du Sud (Wadula et *al.*, 2009), *S. Concord* en Ethiopie (Beyene et *al.*, 2011), et *S. Dublin* au Mali (Tennant et *al.*, 2010). La distribution globale des sérotypes chez l'homme est complexe, du fait de l'influence des facteurs tels que les réservoirs animaux et/ou environnementaux et la complexité des voies de transmission. Au regard de tout ce qui précède, il était important d'étendre l'étude de la diversité aux autres réservoirs. L'objectif était de faire une revue des données disponibles de la diversité des *Salmonella* en Afrique. Ce qui permettrait de mettre à jour les données sur la diversité génétique et la distribution des *Salmonella* en fonction des hôtes et des régions géographiques.

## **2. Méthodologie**

### **2.1 Identification des articles**

La recherche bibliographique a été réalisée avec les moteurs de recherche «Google» et «PubMed». Le but était d'identifier la prévalence, la distribution, la diversité et l'épidémiologie des *Salmonella* en Afrique. Les termes utilisés dans le moteur de recherche sont : «*Salmonella*» en combinaison avec le pays concerné.

### **2.2 Eligibilité des études**

Une étude est éligible pour l'analyse si :

- son objectif n'est pas d'étudier un sérotype spécifique,
- la taille de la population totale étudiée est bien décrite,
- la taille des échantillons positifs de *Salmonella* est bien décrite,
- les différents sérotypes de *Salmonella* trouvés sont bien décrits.

### 2.3 Sélection des articles

Les articles dont seuls les titres sont obtenus ont été exclus de l'analyse, de même que les résumés et les textes complets dont les auteurs n'ont travaillé que sur des sérotypes spécifiques. Les résumés et les textes complets qui ont été recueillis plusieurs fois ont été exclus.

### 2.4 Extraction des données

Pour toute étude retenue, les données suivantes sont collectées et notées dans un tableau Excel. Il s'agit : du premier auteur, du titre de l'article, du titre du journal, de l'espèce étudiée, de l'hôte étudié, du pays où l'étude a été réalisée, du site de prélèvement, de la taille de la population totale, de la taille des échantillons positifs, des techniques de sérotypage et des sérotypes.

### 2.5 Analyse des données

- La prévalence des échantillons (**p**) est calculée suivant la formule :

$$P = \frac{n(\text{nombre d'échantillons positifs})}{N(\text{nombre total d'échantillons})}$$

- L'erreur standard (**SE**) suivant la formule:  $SE = \frac{P}{\sqrt{PN}}$ , avec **n** = le nombre d'échantillons positifs, **N**= le nombre total d'échantillons.
- La variance est calculée suivant la formule : **Var = SE<sup>2</sup>**.

Afin de normaliser la distribution des données et d'intégrer l'influence du poids des échantillons sur le résultat, le poids individuel des études (**w**) est calculé.

- Le poids de chaque étude est égal à l'inverse de la variance.

Ainsi  $W = \frac{1}{SE^2}$

Le poids des effets pondérés est déduit de la formule (**w\*P**) (Tadesse, 2014a; Tadesse et al., 2014b).

## 2.6 Hétérogénéité et biais de l'analyse.

Les différentes techniques d'isolements et d'identifications des *Salmonella* ainsi que les droites de régression sont utilisées pour évaluer visuellement les biais des études. Le rôle biaisant des types d'études a été évalué en utilisant un coefficient de corrélation  $R^2$  et l'intercept. Le niveau de signification a été établi à 0,05.

Pour évaluer la variabilité de l'effet du traitement selon les études, on utilise le test d'hétérogénéité dit de Cochran (Cochran., 1954). Sous l'hypothèse nulle de l'homogénéité de l'effet du traitement entre les  $n$  études, la statistique  $Q$  ci-après suit une loi de  $\text{Chi}^2$  à  $n-1$  degrés de liberté :

$$Q = \sum(w P^2) - \frac{[\sum wP]^2}{\sum w},$$

Les taux de variation attribués à l'hétérogénéité sont quantifiés par le calcul de :

$$I^2 = \frac{(Q-df)}{Q} \cdot 100.$$

Les études sont considérées comme hétérogènes lorsque le rapport entre  $Q$  et le degré de liberté  $df$  est supérieur à 1.  $I^2$  ne dépend pas du nombre d'études considérées.

- Si  $I^2 < 0$ ,  $I^2$  est considéré comme nul.
- Si  $I^2 < 25\%$  cela indique une hétérogénéité faible,
- Si  $25 < I^2 < 75\%$  on a une hétérogénéité modérée
- $I^2 > 75\%$  on parle d'hétérogénéité importante.

Les analyses ont été réalisées sur les logiciels Excel et MedCaL.

## 3. Résultats

### 3.1 Recherche de la littérature et éligibilité des études

La figure 3 présente les résultats de la recherche des articles. Cette recherche a permis de trouver cent trente-et-une (131) études. Dix-sept (17) études présentant seulement des titres ont été immédiatement exclues. Sur les cent-quatorze (114) retenues, trente-cinq (35) dont les auteurs ont travaillé sur des sérotypes spécifiques et trente-sept (37) ayant des données manquantes sur l'échantillon total et/ou le sérotype ont été exclues. Six (6) études rétrospectives ont été exclues. De plus onze (11) autres études ont été exclues, parce qu'elles ont été faites exclusivement sur des aliments et/ou sur l'environnement. Au total seules vingt-cinq (25) études sont donc retenues.

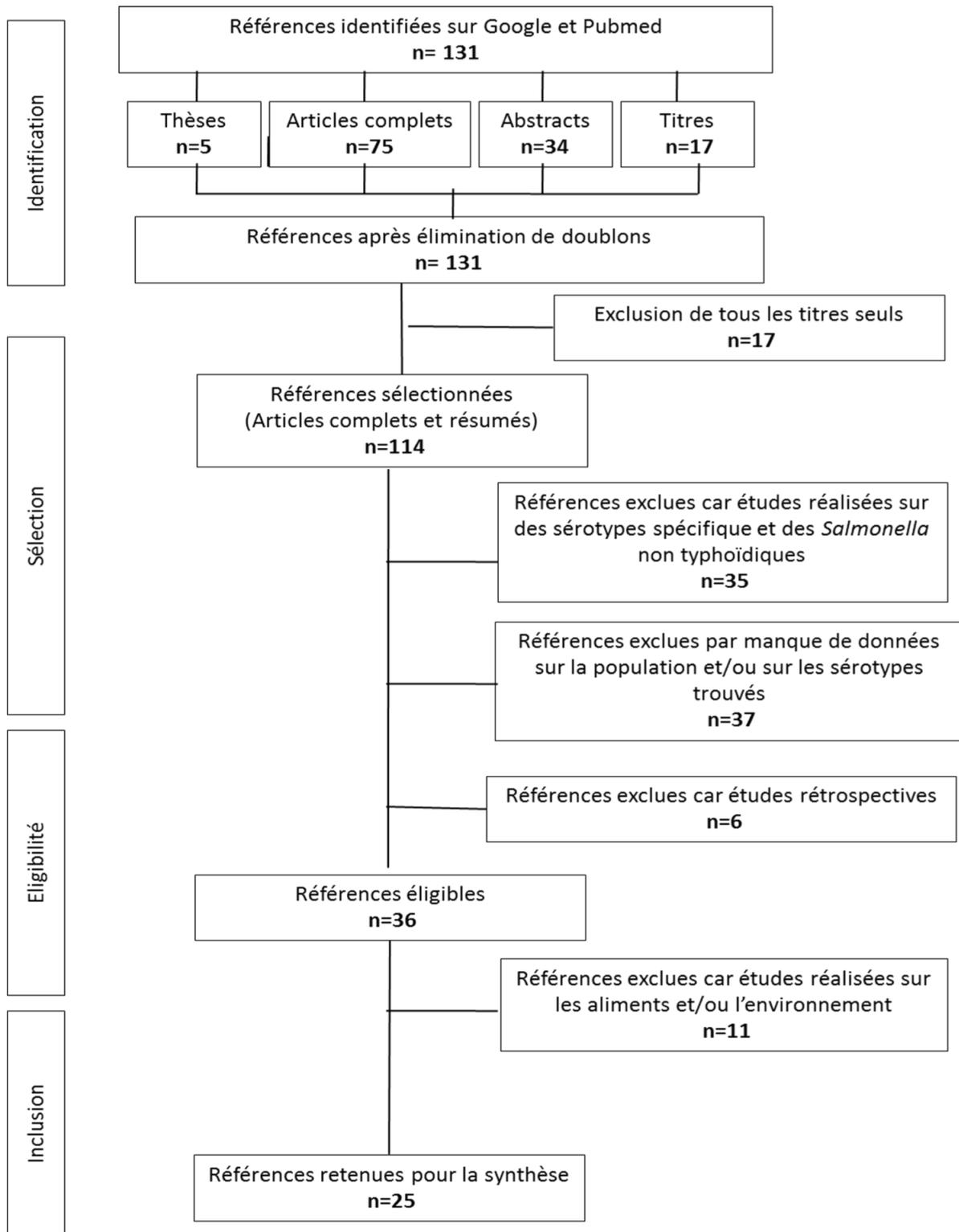


Figure 3: Diagramme de sélection des références éligibilités.

### 3.2 Risque de biais des publications

Le tableau III présente les techniques utilisées pour l'isolement des *Salmonella*. Le pré enrichissement a été rapporté dans dix-sept (17) études. Six (6) études ont utilisé simultanément deux techniques d'enrichissement (Chaiba et al., 2009 ; Ammar et al., 2010 ; Karou et al., 2013; Stevens et al., 2006 ; Abbassi-Ghozzi et al., 2012 ; Shilangale et al., 2012) et une seule étude a utilisé trois (3) techniques d'enrichissement (Kagambèga et al., 2010) . Cinq (5) études ont rapporté avoir utilisés des normes de références dont trois (3) références Afnor ((Bounar-Kechih et al., 2012) ; El Allaoui et al., 2014) ; Mezali et al., 2012) et deux (2) références ISO ((Karou et al., 2013) ; El Hussein et al., 2010). Les techniques et les méthodes d'isolement sont très variées.

Les courbes de régressions (Figure 4) ont été utilisées pour évaluer les biais de publications étudiées. L'analyse de régression d' Egger a signalé l'existence d'un biais de publication concernant les prévalences trouvées chez hommes (intercept = -0,072 ;  $R^2=0,371$  ;  $P=0,047$ ). Par contre il n'y avait pas de biais de publication des prévalences trouvées chez la volaille (intercept =-0,443 ;  $R^2=0,708$  ;  $P=0,450$ ), chez le bétail (intercept = -0,646 ;  $R^2=0,708$  ;  $P=0,064$ ) et chez les végétaux (intercept = -0,151 ;  $R^2=0,590$  ;  $P=0,827$ ). L'intercept des droites de régression des effets standards par rapport à la précision s'écarte sensiblement de zéro. Ces tests indiquent un faible risque de biais.

Tableau III: Techniques utilisées pour l'isolement des *Salmonella*.

Hôtes	Auteurs/Pays/Dates	Pré-enrichissement	Enrichissement	Isolement
<b>Humain</b>	Le Noc [Cameroun 1976]	nr	GN	XLD
	Ammari [Maroc 2009]	BPW	RVS	Hecktoen
	Fashae [Nigeria 2010]	BHI	SF	DCA, XLD
	Beyene [Ethiopie 2011]	BHI	nr	SS, McContey
	Dembelé [Burkina 2014]	BHI	nr	SS, McContey
	Langendorf [Niger 2015]	Cary Blair Tube	nr	Hecktoen
<b>Volaille</b>	Uche Orji [Nigeria 2005]	nr	SF	DCA
	Chaiba [Maroc 2009] *	BPW	SC, RVS	SS
	Ammar [Algérie 2010] *	BPW	RVS, SC	BGA, Hecktoen
	El Hussein [Soudan 2010] ¥	ISO6579 (1998)		
	Ashraf [Egypte 2012]	nr	RVS	XLD
	Boko [Bénin 2012]	BPW	RVS	XLD, SS
	Boumar-Kechih [Algérie 2012] !	NF U47-100/2007		
	Mezali [Algérie 2012] !	NF V08-052		
	Karou [Côte d'Ivoire 2013] *¥	BPW	RVS, MKTT	Hecktoen, SS (ISO6579 (2002))
	El Allaoui [Maroc 2014] !	NF V08-052		
Kagambèga [Burkina Faso 2013]	BPW	RVS	XLD	
<b>Bétail</b>	Uche Orji [Nigeria 2005]	nr	SF	DCA, PDGA
	Stevens [Sénégal 2006] *	BPW	SC, RVS	Hecktoen
	Kagambèga [Burkina Faso 2010]	BPW	SC, RVS, MKTTn	XLD
	Kikivi [Kenya 2010]	BPW		
	Mezali [Algérie 2012]	BPW	Tetrathionate	DCA
	Abbassi-Ghozzi [Tunisie 2012] *	BPW	SC, RVS	XLD, Hecktoen,
	Shilangale [Namibie 2012] *	BPW	SC, RVS	BS, Hecktoen
<b>Végétaux</b>	Ndiaye [Sénégal 2011]	nr	RVS	XLD
	Abakpa [Nigeria 2013]	nr	RVS	XLD
	Bagudo [Nigeria 2014]	nr	SF	SS
	Traoré [Burkina 2015]	BPW	RVS	Hecktoen

BHI : Bouillon Cœur Cerveille; BPW: Bouillon Eau Peptonée; DCA: Gélose Deoxycholate Citrate; GN : Gélose Nutritive; PDGA : Gélose Propylène Glycol Deoxycholate ; RVS : Bouillon Rappaport-Vassiliadis ; SC : Sélénite-Cystine ; SF : Bouillon au Sélénite de Fer ; SS : Gélose *Salmonella Shigella* ; XLD : Xylose Lysine Desoxycholate ; MKTT Müller Kauffmann Tétrathionate ; nr : non réalisé. \* Etude ayant utilisée simultanément deux techniques d'enrichissement. ! Etude ayant utilisée des normes de références Afnor. ¥ Etude ayant utilisée des normes de références ISO.

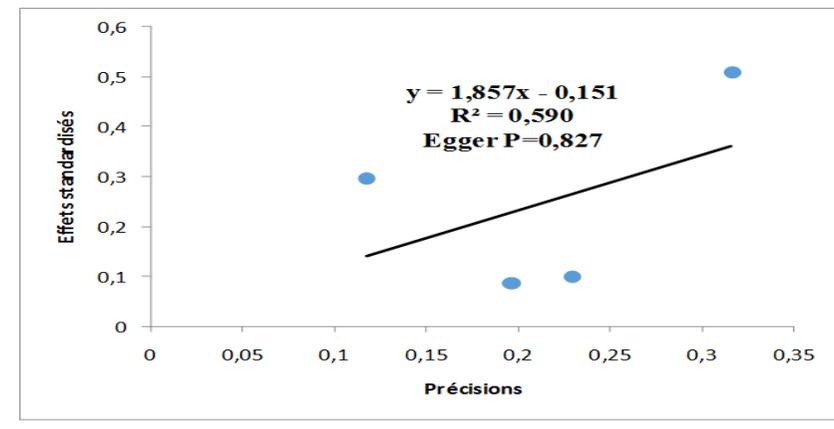
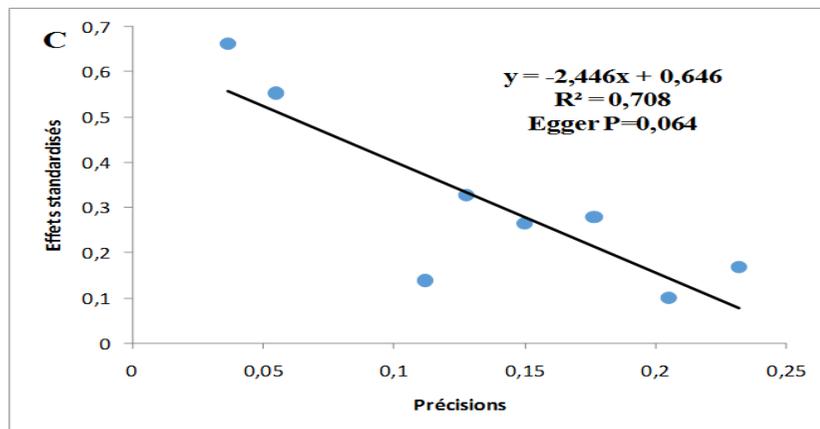
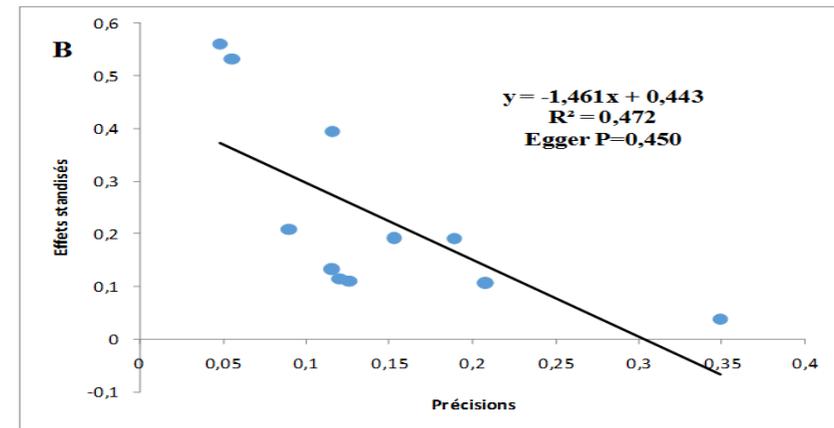
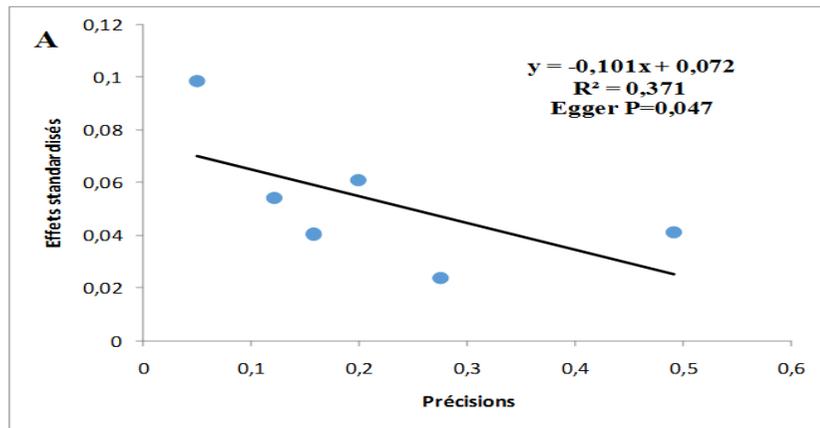


Figure 4: Courbes de régression d'Egger pour l'évaluation des biais des prévalences de *Salmonella* chez les humains (A), la volaille (B), le bétail(C) et les végétaux (D).

### 3.3 Source d'hétérogénéité

L'hétérogénéité est significativement élevée au niveau des études combinées chez l'homme, la volaille et le bétail avec des valeurs respectives de p-value ( $p=0,016$  ;  $p=0,0002$  ;  $p=0,18$ ) à l'exception des végétaux ou la valeur de  $p=0,127$ . Lorsque les études ont été analysées dans un modèle aléatoire, les valeurs de  $I^2$  ont montré une hétérogénéité faible chez le bétail et modéré chez la volaille avec respectivement  $I^2=22,97\%$  et  $I^2=55,08\%$ . De ce fait, les études ont été subdivisées chez la volaille en sous-groupes d'étude d'Afrique du Nord, d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique Australe. L'hétérogénéité s'est située dans le sous-groupe d'Afrique du nord. Elle est due à la petite taille des échantillons positifs trouvés par Ammar (Ammar 2010) et la grande taille des échantillons positifs trouvés par Bounar-Kechih (Bounar-Kechih *et al.*, 2012).

Tableau IV:Prévalences estimées et évaluation de l'hétérogénéité des *Salmonella* isolées chez les différents hôtes.

	Données non transformées				Données transformées			
	Prévalence % (IC95%)	Q	$I^2$	p-value	Prévalence % (IC95%)	Q	$I^2$	p value
<b>Humain</b>	5,21 (3,37;7,06)	102,04	95	0,016	5,3 (4,8;5,9)	3,03	0	-
<b>Volaille</b>	22,34 (17,04;27,63)	346,41	96,82	0,0002	23,51 (18,03;28,98)	24,48	55,08	0,004
<b>Bétail</b>	28,23 (21,38; 35,07)	295,86	97,63	0,018	31,18 (23,9;38,46)	9,09	22,97	0,064
<b>Végétaux</b>	23,93 (22,61;25,24)	38,54	0,92	0,127	24,79 (21,36;28,23)	38,54	0,92	-

### 3.4 Prévalences des *Salmonella*

Les figures 5, 6, 7, 8 présentent les graphiques en forêt des différentes études chez l'homme, la volaille, le bétail et les végétaux. L'analyse du graphique en forêt des prévalences de *Salmonella* des différentes études chez l'homme montre que trois études (Le Noc, 1976 ; Ammari 2009 ; Fashae 2010) ont présenté des prévalences de *Salmonella* inférieures à la prévalence moyenne (5,21%) et trois autres (Beyene2011 ; Dembélé 2014 ; Langendorf 2015) présentent des prévalences supérieures. Deux études (Le Noc 1976, Langendorf 2015) présentent des IC 95% qui ne coupent pas la ligne de tendance centrale donc présentent un poids statistiquement significatif à 5%. Ces deux études ont été plus influentes que les quatre autres études. Le degré d'hétérogénéité  $I^2$  est de 95%  $p < 0,016$ .

Chez la volaille, l'analyse du graphique en forêt des prévalences des différentes études montre que huit études (Chaiba 2009 ; Ammar 2010 ; El Hussein 2010 ; Mezali 2012 ; Bounar-Kechih ; Ashraf 2012 ; Boko 2012 ; El Allaoui 2014) ont présenté des prévalences inférieures à la prévalence moyenne (22,34%) et trois études ont présenté des prévalences supérieures (Uche Orji 2010 ; Karou 2013 ; Kagambéga 2013). Une seule étude a présenté un IC 95% qui coupe la ligne de tendance centrale. Cette dernière ne présente pas de poids statistiquement significatif sur les autres études. Le degré d'hétérogénéité  $I^2$  est de 96,82%  $p < 0,0001$ .

Chez le bétail, l'analyse du graphique en forêt des prévalences des différentes études montre que cinq études (Uche Orji 2005 ; El Hussein 2010 ; Kikuvi 2010 ; Mezali 2012 ; Shilangale 2012) ont présenté des prévalences inférieures à la prévalence moyenne (28,23%) et contre trois études (Stevens 2006 ; Abbasi-Ghozzi 2012 ; Kagambéga 2012) présentant des prévalences supérieures. Cinq études (Stevens 2006, El Hussein 2010, Kikuvi 2010 ; Shilangale 2012 ; Kagambéga 2012) présentent des IC 95% qui ne coupent pas la ligne de tendance centrale. Ces cinq études ont été statistiquement plus influentes que les trois autres études à 5%. Le degré d'hétérogénéité  $I^2$  est de 97,63%  $p < 0,018$ .

Chez les végétaux, l'analyse du graphique en forêt des prévalences différentes études montre qu'il y a autant d'études des deux côtés de la prévalence moyenne (23,93%). Deux études (Ndiaye 2011, Abakpa 2013) ont présenté des IC 95% qui ne coupent pas la ligne de tendance centrale. Ces deux études ont été statistiquement plus influentes que les autres études à 5%. Le degré d'hétérogénéité  $I^2$  est de 0,92%  $p < 0,125$ .

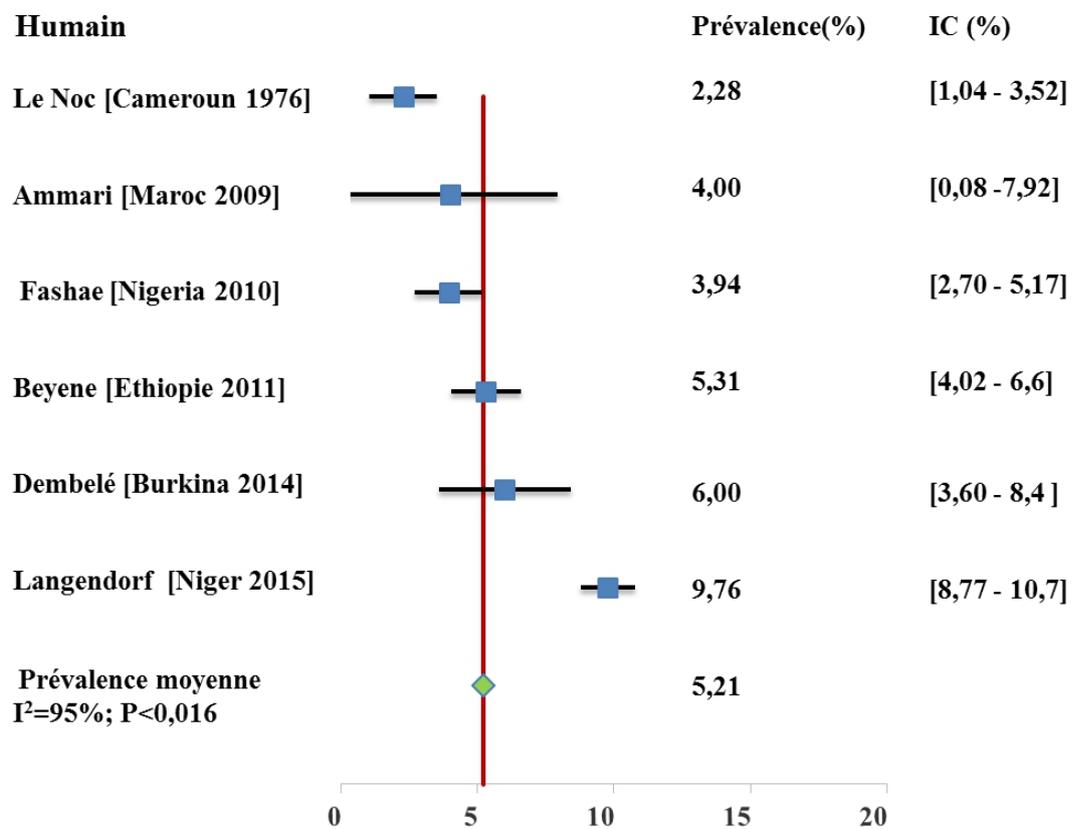


Figure 5: Graphique en forêt (Forests plots) des prévalences non transformées des *Salmonella* isolées chez l'homme. Chaque ligne représente une étude. La ligne rouge centrale représente la tendance centrale. Les carrés centraux en bleus représentent les prévalences des *Salmonella* de chaque étude. Les lignes en noires représentent les intervalles de confiances. Le losange en vert représente la prévalence moyenne.

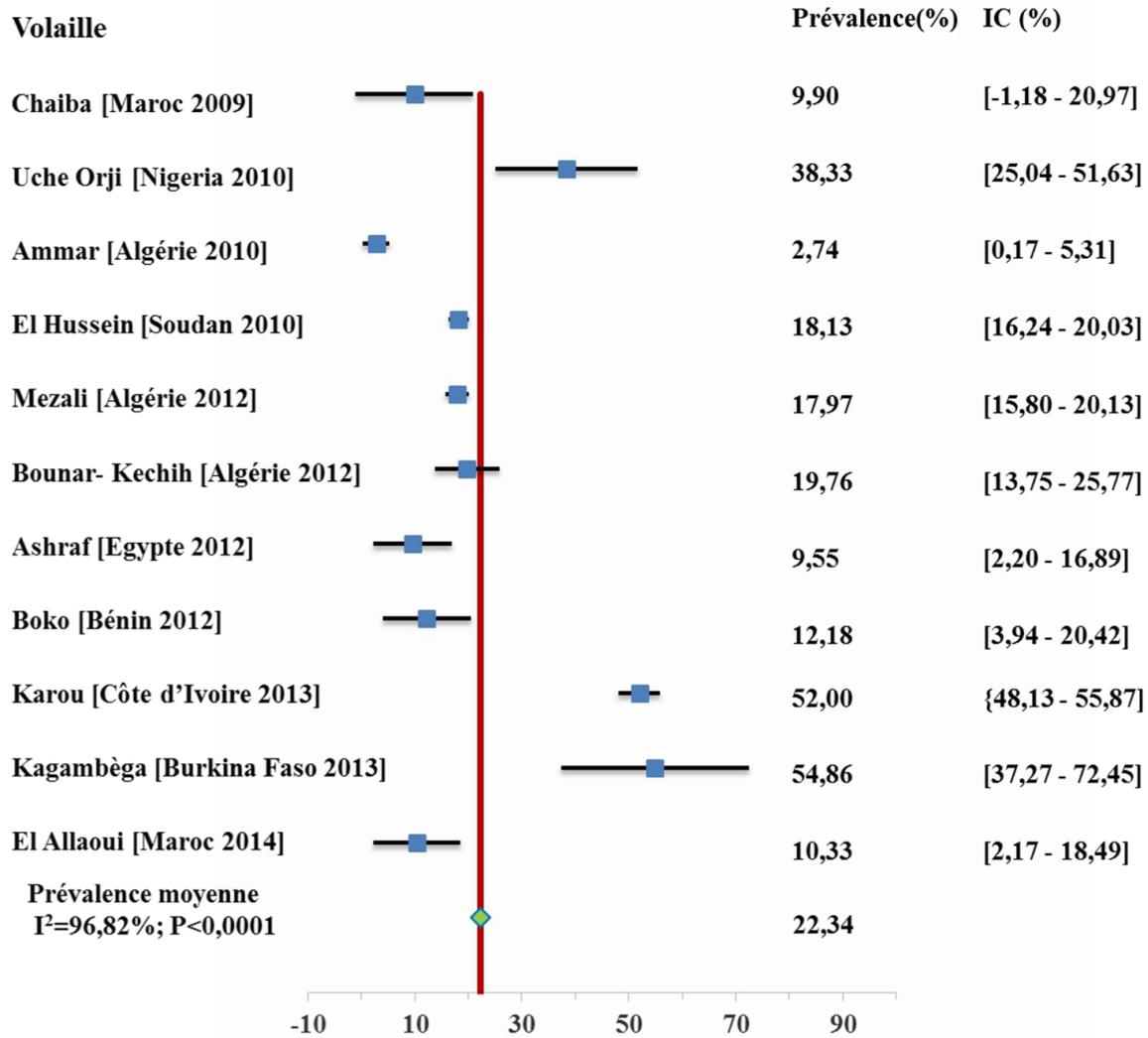


Figure 6: Graphique en forêt (Forests plots) des prévalences non transformées des *Salmonella* isolées chez la volaille. Chaque ligne représente une étude. La ligne rouge centrale représente la tendance centrale. Les carrés centraux en bleus représentent les prévalences des *Salmonella* de chaque étude. Les lignes en noires représentent les intervalles de confiances. Le losange en vert représente la prévalence moyenne.

## Bétail

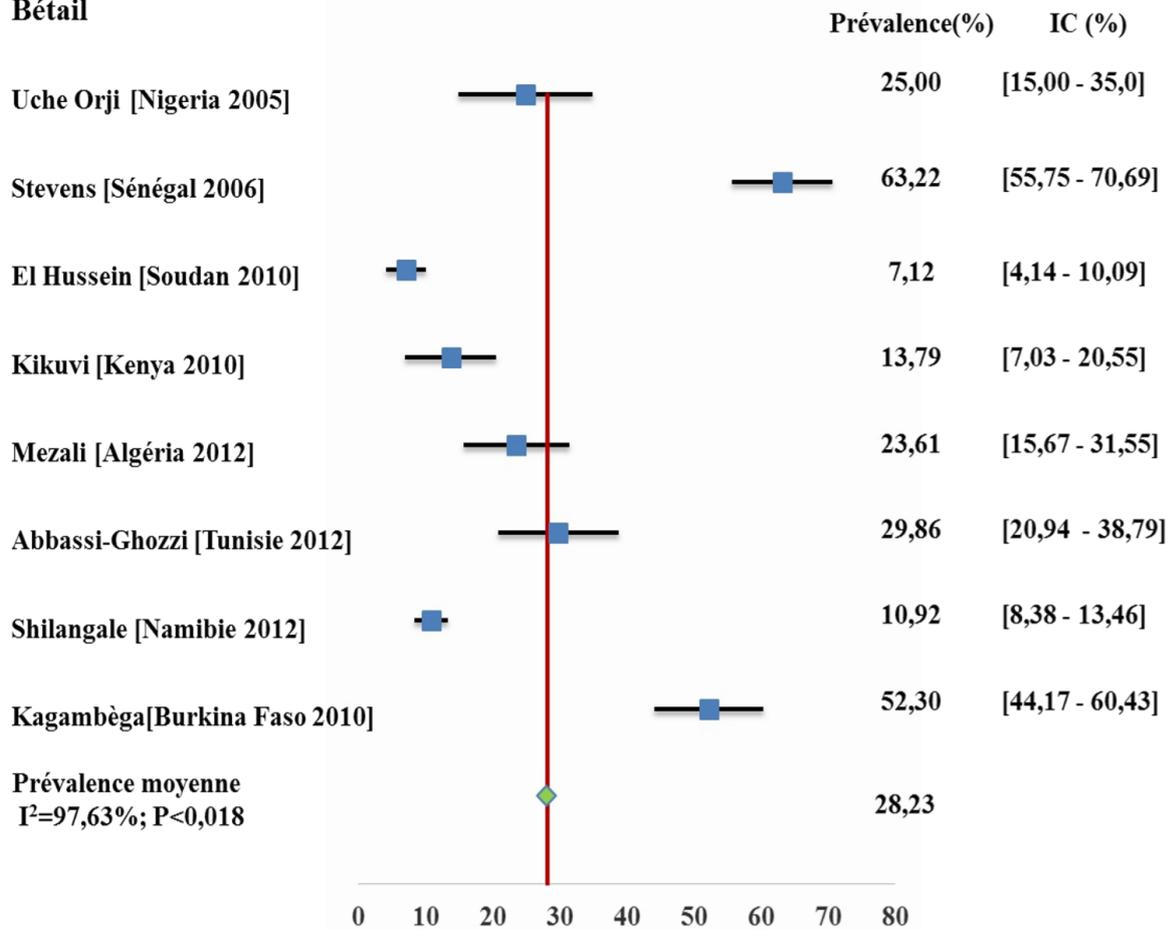


Figure 7: Graphique en forêt (Forests plots) des prévalences non transformées des *Salmonella* isolées chez le bétail. Chaque ligne représente une étude. La ligne rouge centrale représente la tendance centrale. Les carrés centraux en bleus représentent les prévalences des *Salmonella* de chaque étude. Les lignes en noires représentent les intervalles de confiance. Le losange en vert représente la prévalence moyenne.

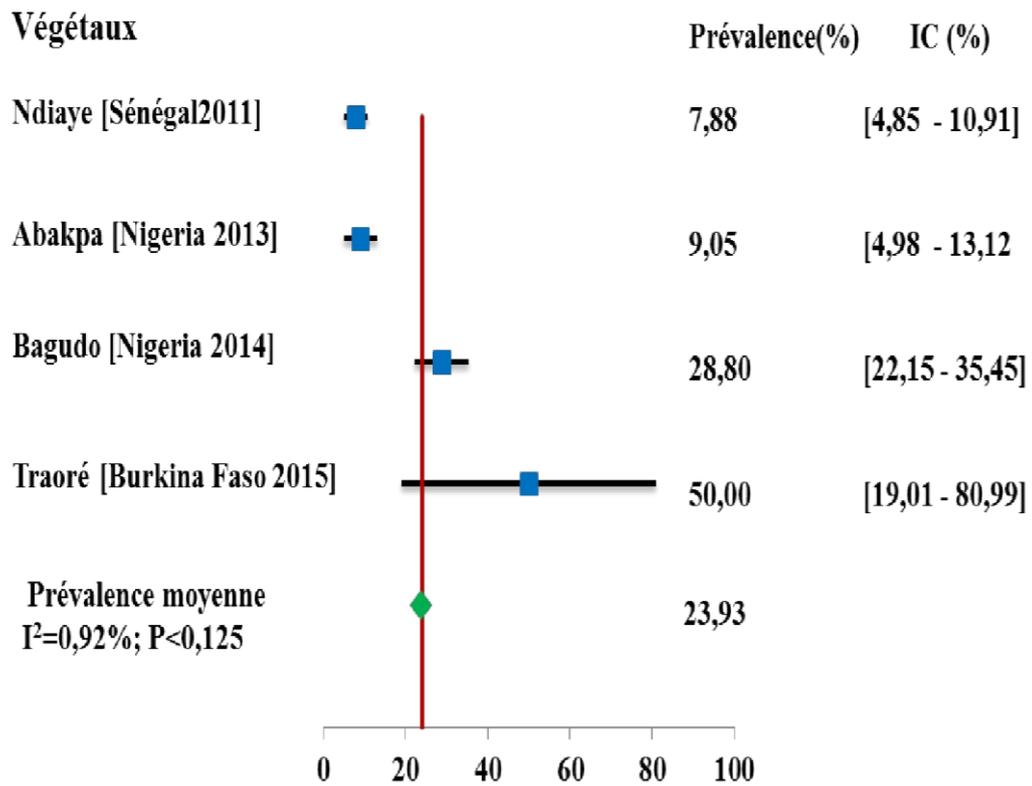


Figure 8: Graphique en forêt (Forest plots) des prévalences non transformées des *Salmonella* isolées chez les végétaux. Chaque ligne représente une étude. La ligne rouge centrale représente la tendance centrale. Les carrés centraux en bleus représentent les prévalences des *Salmonella* de chaque étude. Les lignes en noires représentent les intervalles de confiances. Le losange en vert représente la prévalence moyenne.

### 3.5 Comparaison des différentes prévalences des *Salmonella* trouvées chez différents hôtes.

La prévalence moyenne des *Salmonella* chez le bétail est supérieure à celle trouvée chez les autres hôtes. De plus, la prévalence trouvée chez l'homme est la plus faible. Pour ce qui est de la volaille et les végétaux, ils présentent les prévalences des *Salmonella* les plus proches (p-value=0,002) (tableau V)

Tableau V: Comparaison des différentes prévalences des *Salmonella* trouvées chez différents hôtes.

<b>Contrastes</b>	<b>Différences de prévalences</b>	<b>95%IC</b>	<b>X2</b>	<b>P-value</b>
p (Totale Humain) – p (Totale volaille)	-0,13	-0,14; -0,11	-17,77	0,0001
p (Totale Humain) – p (Totale bétail)	-0,22	-0,24; -0,20	-21,62	0,0001
p (Totale Humain) – p (Totale végétaux)	-0,08	-0,11; -0,06	-6,39	0,0001
p (Totale volaille) – p (Totale bétail)	-0,09	-0,12; -0,07	-7,96	0,0001
p (Totale volaille) – p (Totale végétaux)	0,04	0,015; 0,07	3,03	0,002
p (Totale bétail) – p (Totale végétaux)	0,14	0,10; 0,16	8,49	0,0001

### 3.6 Sérotypes dominants

La prévalence des dix (10) sérotypes prédominants cumulés isolés chez l'homme, la volaille, le bétail et les végétaux est respectivement de 68,16% ; 61,56% ; 54,56% et 78,40%.

Chez l'homme, l'analyse a donné 573 échantillons sérotypés avec 88 sérotypes circulants. Les dix (10) sérotypes prédominants retrouvés chez l'homme sont respectivement : *S. Typhimurium* 17,88% ; *S. Concord* 15,83% ; *S. Enteritidis* 13,59% ; *S. Corvallis* 8,57% ; *S. Johannesburg* 2,79% ; *S. Maastricht* 2,23% ; *S. Typhi* 2,23% ; *S. Banana* 2,05% ; *S. Poona* 1,49% ; *S. Dublin* 1,49%.

En Afrique de l'Ouest, *S. Typhimurium* est le sérotype le plus prédominant avec une prévalence 20,91% suivi de *S. Enteritidis* 16,59% et de *S. Corvallis* 11,06%.

Chez la volaille, il y a 783 échantillons sérotypés dont 48 sérotypes circulants. Les dix (10) sérotypes les plus fréquemment trouvés par ordre décroissant sont : *S. Hadar* 13,54% ; *S. Typhimurium* 9,45%, *S. Enteritidis* 7,28%, *S. Derby* 7,15%, *S. Muenster* 4,73%, *S. Heidelberg* 4,73%, *S. Chester* 4,09%, *S. Kentucky* 3,70%, *S. Drac* 3,45% , *S. Oakland* 3,45% .

*S. Hadar* est le sérotype prédominant en Afrique de l'Ouest avec une prévalence de 22,85% suivi respectivement de *S. Derby* 12,67% et *S. Muenster* 8,37% par contre en Afrique du Nord est les sérotypes prédominants sont *S. Typhimurium* 20,64%, *S. Enteritidis* 14,95% et *S. Heidelberg* 13,17%.

Au niveau du bétail, 493 échantillons sont collectés avec 71 sérotypes circulants. Les dix (10) sérotypes les plus fréquemment trouvés par ordre décroissant sont : *S. Bredeney* 15,42% ; *S. Typhimurium* 6,29% ; *S. Drac* 5,27% ; *S. Muenster* 4,87% ; *S. Typhi* 4,87% ; *S. Kentucky* 4,87% ; *S. Waycross* 3,65% ; *S. Muenchen* 3,45% ; *S. Corvallis* 3,04% ; *S. Chester* 2,84%.

*S. Bredeney* est le sérotype prédominant en Afrique de l'Ouest avec une prévalence de 19,56% suivi de *S. Muenster* 10,47% et *S. Drac* 7,16%.

Chez les végétaux, on trouve 125 échantillons sérotypés dont 29 sérotypes circulants. Les sérotypes trouvés sont respectivement *S. Typhi* 18,40% ; *S. Typhimurium* 15,20% ; *S. Enteritidis* 8,80% ; *S. Paratyphi C* 8,00% ; *S. Paratyphi B* 7,20% ; *S. Derby* 5,60% ; *S. Paratyphi A* 4,80% ; *S. Newport* 4,00%. A ce niveau, toutes les études proviennent de l'Afrique de l'Ouest.

Tableau VI: Fréquence des dix sérotypes de *Salmonella* les plus prédominants isolés chez les différents hôtes.

Hôtes	Sérotypes	Nombres	Prévalences	Hôtes	Sérotypes	Nombres	Prévalences
Humain	Typhimurium	96	17,88%	Bétail	Bredeney	76	15,42%
	Concord	85	15,83%		Typhimurium	31	6,29%
	Enteritidis	73	13,59%		Drac	26	5,27%
	Corvallis	46	8,57%		Muenster	24	4,87%
	Johannesburg	15	2,79%		Typhi	24	4,87%
	Maastricht	12	2,23%		Kentucky	24	4,87%
	Typhi	12	2,23%		Waycross	18	3,65%
	Banana	11	2,05%		Muenchen	17	3,45%
	Poona	8	1,49%		Corvallis	15	3,04%
	Dublin	8	1,49%		Chester	14	2,84%
	Autres	171	31,84%		Autres	224	45,44%
<b>Total</b>	<b>537</b>	<b>100%</b>	<b>Total</b>	<b>493</b>	<b>100%</b>		
Volaille	Hadar	106	13,54%	Végétaux	Typhi	23	18,40%
	Typhimurium	74	9,45%		Typhimurium	19	15,20%
	Enteritidis	57	7,28%		Enteritidis	11	8,80%
	Derby	56	7,15%		Paratyphi C	10	8,00%
	Muenster	37	4,73%		Paratyphi B	9	7,20%
	Heidelberg	37	4,73%		Derby	7	5,60%
	Chester	32	4,09%		Paratyphi A	6	4,80%
	Kentucky	29	3,70%		Newport	5	4,00%
	Darc	27	3,45%		Korlebu	4	3,20%
	Oakland	27	3,45%		Colindale	4	3,20%
	Autres	301	38,44%		Autres	27	21,60%
	<b>Total</b>	<b>783</b>	<b>100%</b>		<b>Total</b>	<b>125</b>	<b>100%</b>

#### 4. Discussion

La recherche par mots-clés avec les moteurs de recherche a permis de ressortir 131 études. Plusieurs pays ont effectué des études sur les *Salmonella* mais la plupart sont des études rétrospectives. Ces études (6) ont donc été exclues de l'analyse. D'autres études (35) ont porté sur des sérotypes spécifiques ou sur des *Salmonella* non-typhoïdiques, elles ne sont donc pas retenues. Enfin seulement 25 études présentant toutes les caractéristiques recherchées ont été retenues pour les analyses. Ces études ont porté sur des *Salmonella* isolées chez l'homme, la volaille, le bétail et les végétaux.

Les techniques utilisées pour l'isolement des *Salmonella* pourraient sous-estimer le nombre des échantillons positifs. En effet l'utilisation du pré-enrichissement augmente la sensibilité des cultures mais le nombre d'isolats pourrait différer selon les milieux utilisés (Hoorfar et al., 1988). Les souches de *Salmonella* peuvent présenter des caractéristiques différentes d'un milieu d'enrichissement à un autre et il pourrait y avoir une identification différentielle d'un échantillon à un autre (Singer et al., 2009). Le taux d'isolement et la sensibilité des *Salmonella* sont plus élevés lorsqu'on utilise un milieu d'enrichissement plutôt que la culture directe. De ce fait, les variations des estimations des prévalences attribuant une hétérogénéité pourraient être dues aux différentes populations étudiées et aux méthodes microbiologiques utilisées pour détecter les *Salmonella*. Mais l'analyse de ces travaux sous forme de modèle aléatoire a permis de réduire les hétérogénéités. Car le modèle d'étude aléatoire considère les études comme des échantillons d'une même étude. Les résultats montrent aussi une disparition du biais de publication chez la volaille, le bétail et les végétaux lorsque les prévalences ont été randomisées. Mais le biais de publication persiste chez l'homme. Plusieurs facteurs peuvent être à la base de ce biais de publication : les caractéristiques des populations évaluées par l'étude, les tests de diagnostics utilisés dans l'étude,...

La prévalence des *Salmonella* isolées chez l'homme est de 5,21%. Elle atteint 9,76% dans une étude réalisée au Niger en 2015 (Langendorf et al., 2015). Par contre, elle est de 22,34%, 28,23% et 23,93% respectivement chez la volaille, le bétail et les végétaux. Les prévalences élevées des *Salmonella* chez la volaille, le bétail et les végétaux comparées à la prévalence chez l'homme montrent que les *Salmonella* sont très présentes dans l'environnement. En effet, il a été rapporté que *Salmonella* est un agent pathogène persistant dans l'environnement. Elle est capable de survivre et de proliférer dans divers environnements d'où elle contamine l'homme (Winfield et al., 2003).

Chez l'homme, le sérotype prédominant était *S. Typhimurium*. Il a été rapporté dans trois études (Le Noc et *al.*, 1976 ; Dembélé et *al.*, 2014 ; Langendorf et *al.*, 2015).

Chez la volaille, le sérotype prédominant était *S. Hadar*. Cependant, dans les études réalisées en Afrique du Nord *S. Typhimurium* était le sérotype prédominant (Chaiba et *al.*, 2009 ; Ammar et *al.*, 2010). Chez le bétail, le sérotype prédominant était *S. Bredeney* mais une seule étude l'a décrit comme sérotype prédominant (Antoine et *al.*, 2003). Parmi les dix (10) sérotypes prédominants, un seul a été retrouvé chez les 4 hôtes, il s'agit *S. Typhimurium*. Deux sérotypes étaient présents chez trois hôtes différents : *S. Enteritidis* chez l'homme, la volaille, les végétaux et *S. Typhi* chez l'homme, le bétail, les végétaux. Quatre sérotypes sont présents chez deux hôtes différents : *S. Corvallis* (chez l'homme et le bétail), *S. Drac*, *S. Derby*, *S. Chester*.

Les différents résultats montrent une large distribution et une grande diversité des sérotypes à travers différents hôtes et différentes régions. La prédominance des sérotypes diffère d'un continent à un autre. En Europe, *S. Enteritidis* (44,4%) et *S. Typhimurium* (17,4%) ont été les sérotypes prédominants isolés chez l'homme. Chez la volaille, le sérotype le plus rapporté est *S. Infantis* (38,3%) suivi de *S. Mbandaka* (12,1%) et *S. Enteritidis* (11,9%). Chez le bétail, le sérotype prédominant est *S. Typhimurium* (46,8%) suivi de *S. Dublin* (31,3%) (The European Union summary report 2014). Aux Etats-Unis d'Amérique, les trois sérotypes prédominants chez l'homme étaient: *S. Enteritidis* (15,1%) et *S. Typhimurium* (12,8%) et *S. Newport* (8,3%) (CDC 2016 (<http://www.cdc.gov/Salmonella/outbreaks.html>)). Des éclosions de *Salmonella* suite au contact avec des volailles ont été rapportées (Basler et *al.*, 2016). Les sérotypes les plus décrits étaient *S. Typhimurium*, *S. Kentucky*, et *S. Heidelberg* (CDC 2016). Chez le bétail, le sérotype prédominant est *S. Dublin* (31,8%) suivi du sérotype *S. Montevideo* (10,9%) et de *S. Cerro* (6,6%)

La fluctuation des sérotypes par hôtes pourrait être due aux différences dans les interactions hôtes-sérotypes. Les caractéristiques génétiques des hôtes peuvent affecter les *Salmonella*. En outre, un sérotype peut avoir des capacités différentes pour infecter des hôtes différents. De plus les facteurs environnementaux peuvent influencer la survie des sérotypes et leur distribution entre les différents hôtes.

## **5. Conclusion partielle**

Cette étude a permis une meilleure compréhension de la distribution et de la prévalence des sérotypes de *Salmonella* en Afrique. La prévalence des *Salmonella* est élevée quel que soit

l'hôte. *Salmonella* présente une grande diversité d'un hôte à l'autre. Les sérotypes majeurs retrouvés chez l'homme en Afrique sont *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* et *S. Typhi*. Chez la volaille, le sérotype prédominant est *S. Hadar* par contre en Afrique du Nord, c'est *S. Typhimurium* qui prédomine. Cette étude pourrait être une référence pour des recherches épidémiologiques de la diversité des *Salmonella* dans les pays africains.

**Chapitre III: Epidémiologie, diversité et résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées chez l'homme au Niger**

### *Avant-propos*

*Ce chapitre décrit les caractéristiques épidémiologiques des patients souffrants de salmonellose et dont les germes responsables avaient été collectés de trois laboratoires disposés et volontaires pour l'étude au Niger. Les souches de Salmonella collectées ont été caractérisées et hiérarchisées à travers leurs aspects biochimiques, sérologiques et par leurs sensibilités aux antibiotiques. Ces travaux ont fait l'objet d'un article publié dans International Journal of Current Research, (IJCR) 10 (02) pp.65364-6537 (voir résumé en annexe 1)*

## 1. Introduction

Les salmonelloses sont des infections bactériennes humaines et animales causées par diverses espèces de *Salmonella*. Les salmonelloses comprennent deux principaux types d'infections : d'une part, la fièvre typhoïde et les fièvres paratyphoïdes et d'autre part les salmonelloses non typhiques (ou non typhoïdiques). Les *Salmonella* non-typhoïdiques (STN) responsables des toxi-infections d'origine alimentaire provoquent des épidémies sporadiques chez les personnes à risques et les malades immunodéprimés (Al-Dhaheri et al., 2017). Il a été récemment montré une augmentation considérable de la proportion relative de bactériémies dues aux infections invasives à *Salmonella* en Afrique subsaharienne (John, 2014). Ceci est dû à la diminution des causes majeures de bactériémies, telles que *Streptococcus pneumoniae* et *Haemophilus influenzae* de type b, avec la mise en place des programmes de vaccination (Lozano et al., 2010, Murray et al., 2010). Au Niger, le taux de mortalité spécifique dû aux maladies diarrhéiques en 2012 était de 5,14% selon la Direction de la Surveillance et de la Réponse aux Epidémies (DSRE) du Ministère de la santé publique. De plus, des études ont montré que 73% des péritonites par perforation sont des perforations intestinales typhoïdes (Harouna et al., 2000). Il est donc important de comprendre la diversité des espèces de *Salmonella* au Niger et leur réaction vis-à-vis des antibiotiques couramment utilisés afin de mettre en œuvre des stratégies efficaces de contrôle et de traitement. Cette étude n'a été réalisée que dans deux régions du Niger (Niamey et Maradi) car les autres régions (Agadez, Diffa, Dosso, Tahoua, Tillabéri et Zinder) ne disposaient pas de laboratoire de microbiologie. L'objectif général de chapitre est de déterminer l'épidémiologie, le phénotype et la sensibilité antimicrobienne des souches de *Salmonella* isolées chez des patients souffrant de salmonellose au Niger. Il s'agit plus spécifiquement : i) de déterminer la fréquence d'isolement des souches de *Salmonella* des prélèvements des différents liquides biologiques ; ii) de déterminer le profil sérotypique des souches de *Salmonella* isolés chez l'homme ; iii) de déterminer le profil de sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* par rapport aux antibiotiques couramment utilisés ; iv) de classer les différents profils de résistance par types de sérotypes circulants.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1 Présentation de la zone d'étude : le Niger

Le Niger est un vaste pays sahélo-saharien, enclavé, aux trois quarts (¾) désertiques avec une superficie de 1 267 000 km<sup>2</sup>. Il est situé entre le 11°37' et 24°33' de latitude nord et 0°06' et 16° de longitude Est. La capitale du Niger, Niamey est à 1035 Km à l'Est de la côte Atlantique et

à 1200 km au Sud de la Méditerranée. C'est un pays de steppes, limité au Nord par l'Algérie et la Libye, à l'Est par le Tchad, au Sud par le Nigeria et le Benin et à l'Ouest par le Burkina Faso et le Mali (SNIS, 2016).

Au plan démographique, la population totale du Niger est estimée à 19 251 386 habitants avec 50,29% de femmes (SNIS, 2016). L'Indice Synthétique de Fécondité (ISF) reste très élevé, de l'ordre de 7,3 enfants par femme en âge de procréer (15-49 ans) en 2015 (ENISED).

## **2.2 Échantillonnage des souches d'origines humaines**

Les souches de *Salmonella* ont été collectées dans cinq laboratoires de microbiologie générale : Dans la ville de Niamey, le laboratoire de biologie de l'Hôpital National de Niamey (HNN), le laboratoire de biologie l'Hôpital National de Lamordé (HNL), le laboratoire d'analyse biomédicale Tsoho Labo (TsL), à Maradi, le laboratoire d'analyse biomédicale de l'Hôpital Régional de Maradi (HRM) et à Zinder, le laboratoire d'analyse biomédicale de l'Hôpital National de Zinder (HNZ). Chaque échantillon devrait être accompagné des informations suivantes que sont l'âge et le sexe du patient, la date d'arrivée de l'échantillon, le type d'échantillon, l'aspect macroscopique des selles et les résultats de la culture. Cependant plusieurs échantillons ont été recueillis et acceptés sans ces informations, pour des raisons de confidentialité médicale et parfois par manque de ces informations. Tous les échantillons ont été ramené au Laboratoire Garba Mounkaila (GM) de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Abdou Moumouni (UAM) de Niamey pour être confirmés et stockés à -20 ° C pour des analyses ultérieures.

## **2.3 Analyse microbiologique**

Tous les échantillons ont été acheminés au laboratoire dans une thermos isotherme à la température de 4°C et traités dans la même journée. Puis ils sont placés sur la gélose Mueller Hinton et incubés à 37 ° C pendant 18-24 heures. Les colonies suspectes ont été soumises à des réactions biochimiques en utilisant la galerie API 20E Entérique selon les instructions du fabricant. Les profils biochimiques obtenus ont été transformés en un profil numérique, c'est-à-dire un nombre qui permet la transcription facile de tous les résultats obtenus pour un organisme et comparés aux profils listés dans l'Index. Les 6 réactions correspondantes sont codées de la même manière, ce qui donne un code numérique de 9 chiffres. Après les lectures des tests biochimiques des souches et leurs confirmations. Les résultats sont comparés suivant une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Des tableaux binaires ont été réalisés sur la base de la positivité ou de la négativité des tests biochimiques. La

similarité entre les souches est déterminée suivant l'indice euclidien et un dendrogramme illustrant cette similarité est élaboré. De plus, Le sérotypage est réalisé selon le schéma de KAUFFMANN- WHITE (1934) : La culture pure isolée sur gélose est sérotypée par la technique d'agglutination directe sur lame en mettant en jeu un panel d'antisérums (O, H et Vi) (Bio-Rad®). La détermination des sérotypes est la combinaison de formules antigéniques correspondant aux antigènes « O » et « H » exprimés lors des différentes agglutinations. Enfin, tous les isolats ont été testés pour la sensibilité à 18 agents antimicrobiens différents en utilisant la méthode de diffusion sur disque sur gélose Mueller Hinton II (Bio-Rad France) selon les directives EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Instructions). Les disques antimicrobiens utilisés étaient l'ampicilline: AMP (10 µg); amoxicilline: AML (25 µg); amoxicilline + acide clavulanique: AMC (20 / 10µg); ceftazidime: CAZ (30 µg); céfotaxime: CTX: (30 µg); ceftriaxone: CRO (30µg); céfépime: FEP: (30µg); chloramphénicol: C (30 µg); gentamicine: GM: (10 µg); aztréoname: AZT (30 µg); amikacine: AK (30 µg); Triméthoprime-sulfaméthoxazole: SXT (1,25 / 23,75 µg); acide nalidixique: NA (30 µg); colistine: COL (10 µg); ciprofloxacine: CIP (5µg); imipénème: IPM (10 µg). Les diamètres d'inhibition des antibiotiques ont été interprétés selon l'EUCAST (EUCAST, 2013).

## **2.4 Analyse statistique**

Le logiciel XL-Stat 2010 a été utilisé pour déterminer la prévalence et la p-value des différents paramètres (âge, sexe, type d'échantillon et sérotypes). PCORD a été utilisé pour réaliser le dendrogramme et la Classification hiérarchique ascendante CAH. Minitab 16 a été utilisé pour dessiner les boîtes à moustaches.

## **3. Résultats**

Au total, 138 isolats de *Salmonella* provenant de patients ayant des selles, des hémocultures, des liquides de ponction et du pus ont été collectés entre 2015 et 2016. Parmi ces 138 isolats de *Salmonella*, 37,68 % (52/138) provenaient de HNN; 2,17% (3/138) de HNL; 47% (34,06) de TSL; 17,39% (24/138) de HNZ et 8,70% (12/138) de HRM.

### **3.1 Confirmation des isolats d'origine humaine acheminés au laboratoire**

Sur les 138 isolats d'origines humaines réceptionnés des différents laboratoires collaborateurs, 69 isolats, dont 29 n'ont pas poussés et 40 caractérisés comme des non-*Salmonella*, ont été écartés sur la base des réactions biochimiques (Uréase-indole, ONPG et Kligler-Hajna). Les souches écartées ont présentés les caractéristiques suivantes : 26 souches sont urées positives,

12 souches sont ONPG positif et 2 souches sont Kligler-Hajna aspect non évocateur de *Salmonella*.

De ce fait seulement 69 souches isolées ont été retenues et se sont avérées oxydase négative, uréase négative, ONPG négative, Indole négative, Kligler-Hajna aspect évocateur (production du gaz, lactose négative, glucose positive, H<sub>2</sub>S positive) (Voir Tableau VII).

Tableau VII: Echantillons totaux d'origine humaine réceptionnés au laboratoire.

Site des Laboratoires	Echantillons reçus	Souches		
		Non- <i>Salmonella</i>	Non Poussées	confirmées
Hôpital National de Niamey (HNN)	52	6	9	37
Hôpital National de Lamordé (HNL)	3	3	0	0
Tsoho Labo	47	14	10	23
Hôpital Régional de Zinder (HNZ)	24	17	6	1
Hôpital Régional de Maradi (HRM)	12	0	4	8
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>40</b>	<b>29</b>	<b>69</b>

### 3.2 Caractéristiques des patients porteurs de Salmonellose.

#### 3.2.1 Répartition mensuelle des isolats de *Salmonella* d'origine humaine pour les années 2015-2016

Pendant la durée de l'étude, la prévalence des *Salmonella* ne variait pas significativement selon les mois ( $p=0,68$ ). Toutefois, de fortes prévalences ont été observées au mois d'Août (22,03%) et d'Octobre (15,25%) ce qui coïncidait avec la saison des pluies. En décembre, on assistait à une baisse de la prévalence. Puis nous avons obtenu de nouveau un pic au mois de Février (15,25%), avant que la prévalence ne baisse en Avril (0%) et en Juin (0%) ce qui coïncidait avec la saison chaude et sèche au Niger (figure 9).

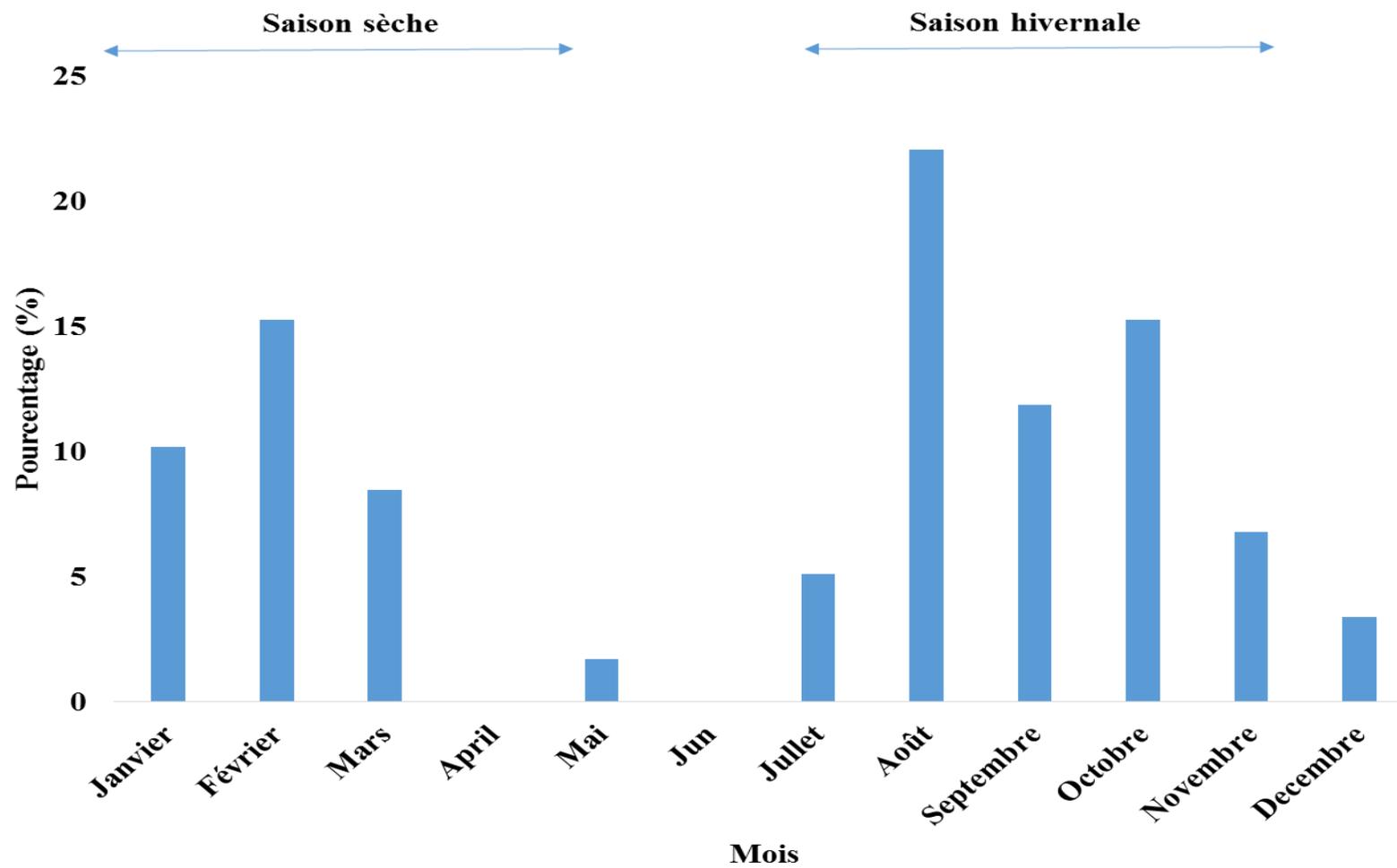


Figure 9: Répartition mensuelle des isolats de *Salmonella* en fonction sur la période 2015-2016 au Niger.

### 3.2.2 Répartition des cas salmonellose par laboratoire en fonction de l'âge et du sexe

Les résultats (tableau VIII) indiquent une prévalence élevée de *Salmonella* chez les hommes (52,17%) par rapport aux femmes (28,99%) alors que 18,84% des échantillons sont de sexe inconnu. L'étude a également montré que 30,43% de *Salmonella* ont été isolés chez des patients entre 0-5 ans, 11,59% de 6-15 ans, 10,14% de 16-25 ans, 8,70% de 26-35 ans et 36-60 ans. Environ 30,43% de *Salmonella* avaient des informations manquantes au niveau de l'âge et du sexe.

Tableau VIII: Distribution des cas de salmonellose en fonction des laboratoires, des âges et du sexe.

Sexe	Laboratoires	Age (ans)						Total (%)
		0-5	6-15	16-25	26-35	36-60	Non précisé	
Masculin	HNN	7	7	2	2	1	4	23
	TsL	1	1	1	2	-	3	8
	HMR	4	-	-	-	-	1	5
	Sous-total	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>36 (52,17)</b>
Féminin	HNN	7	-	1	1	4	-	13
	TsL	-	-	3	1	1	-	5
	HMR	2	-	-	-	-	-	2
	Sous-total	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>20 (28,99)</b>
Inconnu	HNN	-	-	-	-	-	3	3
	TsL	-	-	-	-	-	10	10
	Sous-total	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>13</b>	<b>13 (18,84)</b>
<b>Total</b>		<b>21</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>21</b>	<b>69</b>
		<b>(30,43)</b>	<b>(11,60)</b>	<b>(10,14)</b>	<b>(8,70)</b>	<b>(8,70)</b>	<b>(30,43)</b>	<b>(100)</b>

### 3.2.3 Nature des prélèvements des *Salmonella* d'origine humaine

La majorité des souches (72,46%) étaient isolées à partir de selles dont (37,68%) à partir des selles pâteuses. La nature des prélèvements pour les 8,7% restant est présentée dans le tableau IX

Tableau IX: Nature des prélèvements des *Salmonella* d'origine humaine.

Nature du prélèvement	Aspect du prélèvement	Nombre	%
Selles	Pâteuses	26	37,68
	Liquides	10	14,49
	Molle	6	8,70
	Glaireuse	4	5,80
	Dures	2	2,90
	Semi-liquide	2	2,90
	Sous-total		50
Hémocultures	-	4	5,80
Liquide de ponction	-	1	1,45
Pus	-	1	1,45
Sous-total	-	6	8,70
Non précisé	-	13	18,84
<b>Total</b>		<b>69</b>	<b>100</b>

### 3.3 Caractéristiques phénotypiques de souches de *Salmonella* humaines

#### 3.3.1 Etude de la similarité biochimique des isolats de *Salmonella* humaines

La caractérisation biochimique a été effectuée sur 61 isolats sur un total de 69, car 8 isolats n'ont pas poussé.

Toutes les souches ont été réparties en dix groupes phénotypiques. Le phénotype biochimique le plus fréquemment rencontré (groupe 1) qui montre le code de lecture pour la détermination du genre: 6704752 représente 36,07% (22/61) de l'isolat. Il diffère du groupe 2 représentant 29,51% (18/61) par leur capacité à fermenter l'inositol (INO +) qui est une caractéristique biochimique inhabituelle chez les *Salmonella*, indiquant le code de lecture pour la détermination du genre: 6704552. Le groupe 3 représente 13,11% (8/61) des isolats diffère de ceux des deux autres groupes dans leur incapacité à fermenter melibiose (MEL-) et ont

montré le code de lecture pour la détermination du genre: 6704712. Le groupe 4 représentant 6,56% (4/61) des isolats diffère du groupe 3 par leur incapacité à fermenter inositol (INO-) et a montré le code de lecture pour la détermination du genre: 6704512. Le groupe 5 et le groupe 10 représentant ensemble pour 8,20% (5/61) diffère des autres groupes (G1, G2, G3, G4, G6, G7 et G8) par l'absence de l'enzyme Arginine DiHydrolase (ADH). Les groupes 6, 7, 8 et 9 contiennent seulement un isolat chacun (figure 10).

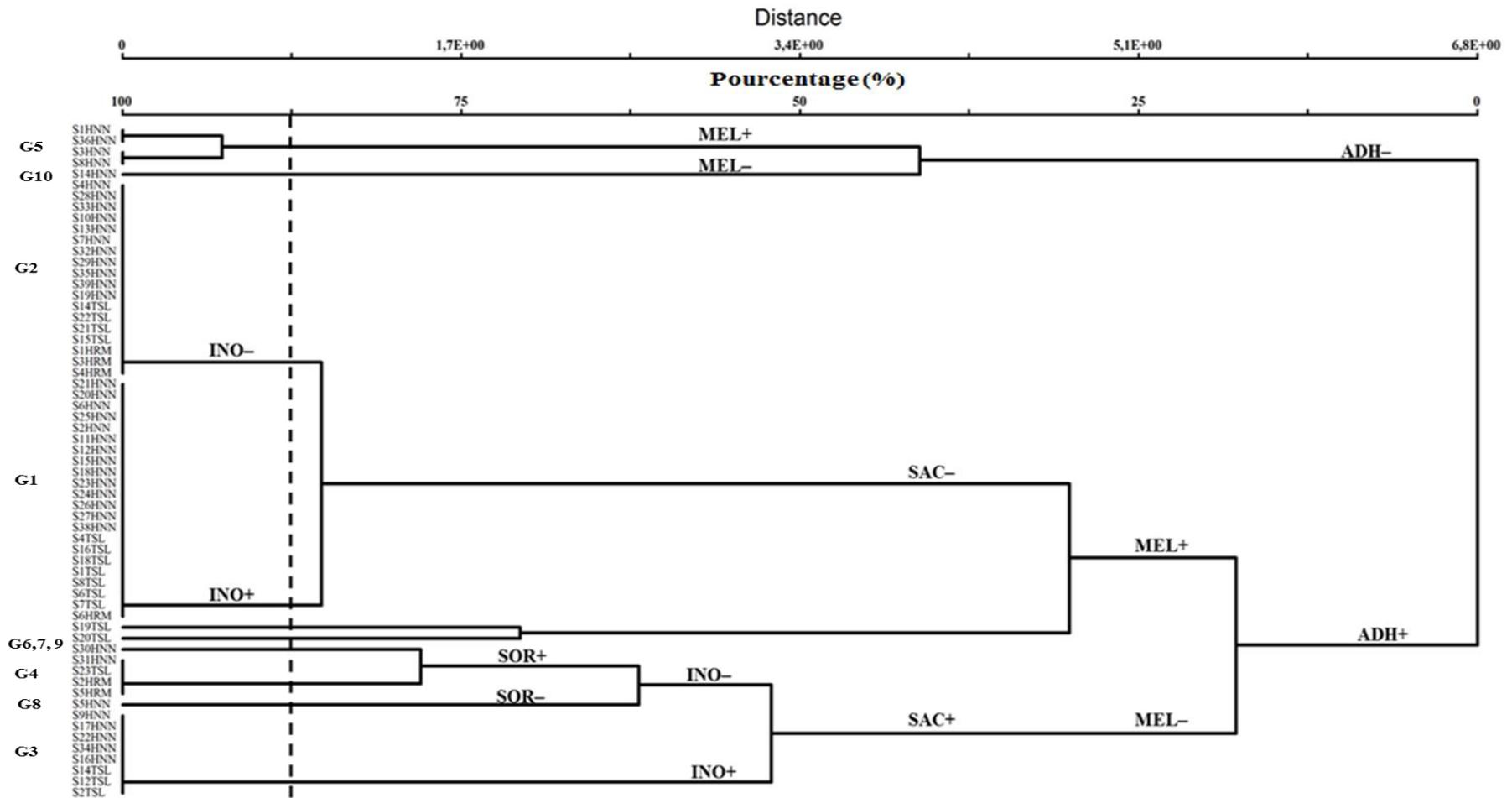


Figure 10: Dendrogramme représentatif de la similarité des caractéristiques biochimiques des *Salmonella* d'origine humaine.

Groupe 1: S21HNN, S20HNN, S6HNN, S25HNN, S2HNN, S11HNN, S12HNN, S15HNN, S18HNN, S23HNN, S24HNN, S26HNN, S27HNN, S38HNN, S4TSL, S16TSL, S18TSL, S1TSL, S8TSL, S6TSL, S7TSL, S6HRM. Groupe 2: S4HNN, S28HNN, S33HNN, S10HNN, S7HNN, S32HNN, S29HNN, S35HNN, S39HNN, S19HNN, S14TSL, S22TSL, S21TSL, S15TSL, S1HRM, S3HRM, S4HRM. Groupe 3: S9HN, S17HN, S22HN, S34HN, S16HN, S14TSL, S12TSL, S2TSL. Groupe 4: S30HNN, S31HNN, S23TSL, S2HRM, S5HRM. Groupe 5: S1HNN, S36HNN, S3HNN, S8HNN. Groupe 6: S19TSL. Groupe 7: S20TSL. Groupe 8: S5HNN. Groupe 9: S30HNN. Groupe 10: S14HNN.

### 3.3.2 Prévalence des sérotypes de *Salmonella* circulants chez l'homme

Le sérotypage des différents isolats de *Salmonella* d'origine humaine a été réalisé sur 61 isolats. Au total, 17 sérotypes circulants ont été identifiés chez l'homme. Les dix (10) sérotypes les plus prédominants étaient respectivement Paratyphi A (14,75%), Paratyphi B (11,48%), Typhimurim (9,84%), Typhi (6,56%), Paratyphi C (3,28%), Poona (3,28%), Paratyphi C (3,28%), Bredeney (1,59%), Chester (1,59%) et Derby (1,59%) (figure 11). Les *Salmonella* Spp non sérotypées représentent 34,92%. Parmi ces derniers 22,73% étaient du polygroupe OMA, OMB, OMC, OMD négatifs ; 27,27% du polygroupe OMA et 22,23% OMC.

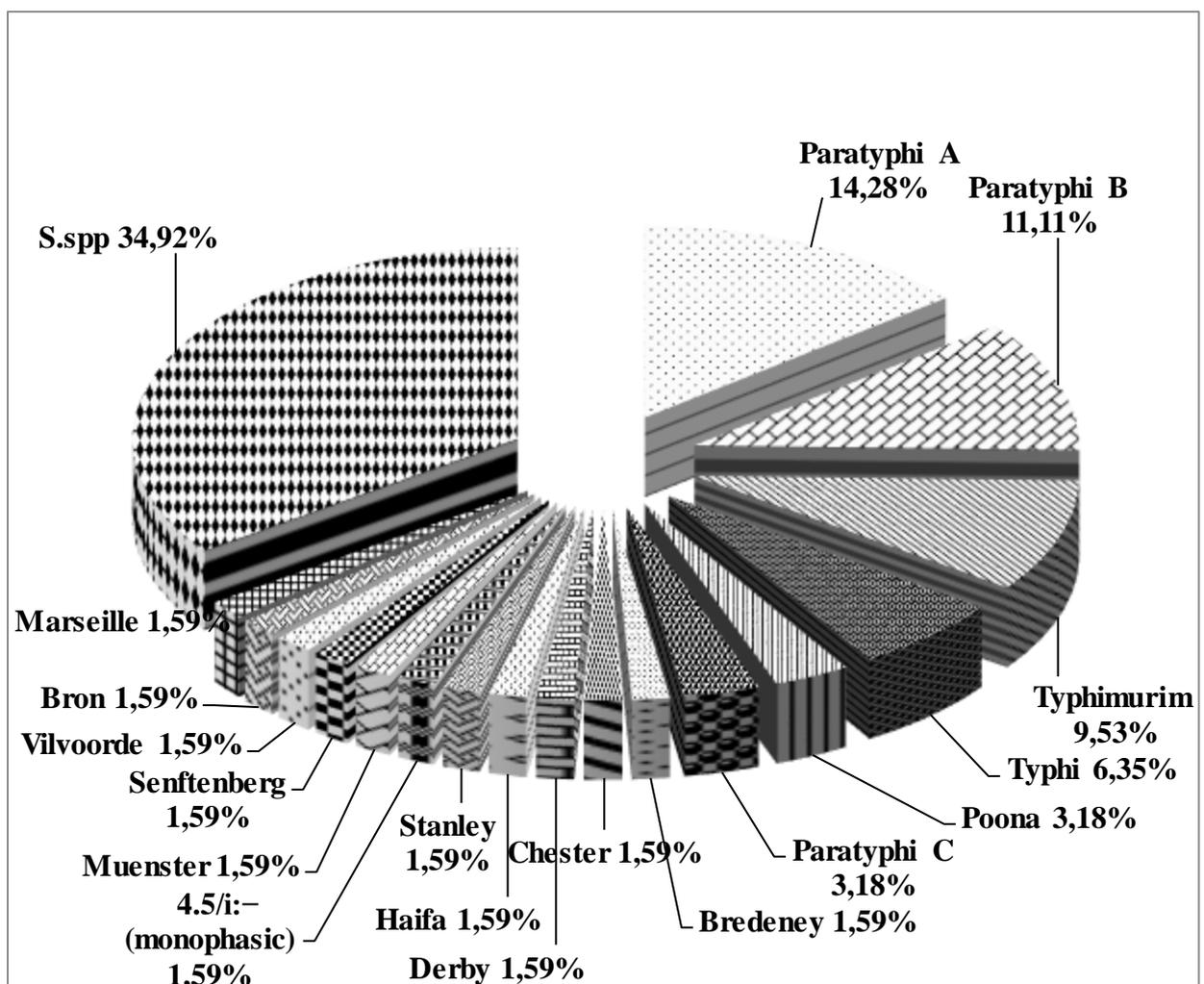


Figure 11: Fréquence des différents sérotypes de *Salmonella* d'origine humaine.

### 3.3.3 Prévalence des sérotypes de *Salmonella* en fonction des laboratoires.

Sur les 36 échantillons sérotypés de l'HNN, Paratyphi A avec 16,67% (6/36) a été le plus prédominant suivi du Paratyphi B avec 13,89% (5/36) et de Poona avec 5,56% (2/36). A TSL sur les 19 échantillons sérotypés, c'est le sérotype Typhimurium qui a prédominé avec 21,02% (4/19) suivi du Paratyphi A avec 15,79% (3/19) et de Paratyphi B avec 10,53% (2/19). *Salmonella* Typhi avec 33,33%(2/6) a prédominé sur les 6 échantillons de HRM suivi Typhimurium 16,67% (1/6) et Derby 16,67% (1/6) (tableau X).

Tableau X: Distribution des polygroupes, sérogroupes, sérotypes de *Salmonella* en fonction des laboratoires.

Poly Group	Sérogroupes	Sérotypes	HNN	TSL	HRM	Total
			Nbre (%)	Nbre (%)	Nbre (%)	Nbre (%)
OMA	A	Paratyphi A	6(9.84)	3(4.92)	0	9(14.75)
		Paratyphi B	5(8.20)	2(3.28)	0	7(11.48)
		Typhimurim	1(1.64)	4(6.56)	1(1.64)	6(9.84)
		Bredeney	1(1.64)	0	0	1(1.64)
		Chester	1(1.64)	0	0	1(1.64)
	B	Derby	0	0	1(1.64)	1(1.64)
		Haïfa	1(1.64)	0	0	1(1.64)
		Stanley	1(1.64)	0	0	1(1.64)
		4.5/i± (monophasic)	1(1.64)	0	0	1(1.64)
		S.spp	4(6.56)	2(3.28)	0	6(9.84)
	D1	Typhi	2(3.28)	0	2(3.28)	4(6.56)
	E1	Muenster	1(1.64)	0	0	1(1.64)
	E4	Senftenberg	1(1.64)	0	0	1(1.64)
		Vilvoorde	0	1(1.64)	0	1(1.64)
	G	Bron	1(1.64)	0	0	1(1.64)
Poona		2(3.28)	0	0	2(3.28)	
OMB	C	Paratyphi C	0	1(1.64)	1(1.64)	2(3.28)
	F	Marseille	1(1.64)	0	0	1(1.64)
OMC	ND	S.spp	0	4(6.56)	1(1.64)	5(8.20)
OMA-/OMB- /OMC-/OMD-		S.spp	7(11.48)	3(4.92)	1(1.64)	11(18.03)
<b>Total</b>			<b>36(59.02)</b>	<b>19(31.15)</b>	<b>6(9.84)</b>	<b>61(100)</b>

### 3.3.4 Répartition des sérotypes de *Salmonella* en fonction de l'âge

L'analyse de la distribution des sérotypes montre que leur répartition a été influencée par l'âge (Figure 12). Les personnes infectées par le sérotype Paratyphi A étaient majoritairement âgées de moins de 5 ans. Les sérotypes Paratyphi C, Typhi et Typhimurium ont été rencontrés dans les mêmes groupes d'âge que le sérotype Paratyphi A. Le sérotype Paratyphi B a été détecté principalement dans tous les groupes d'âge (0 à 60 ans).

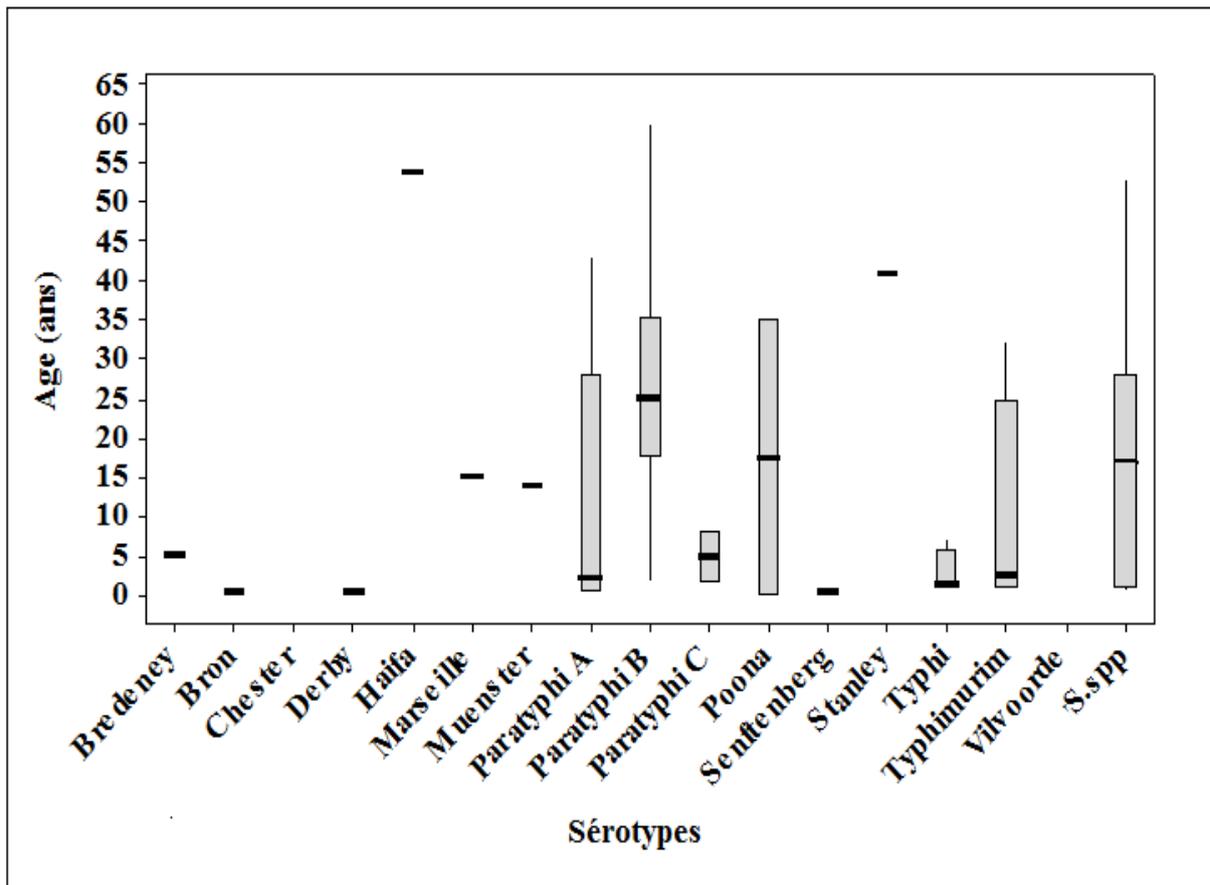


Figure 12: Distribution des sérotypes en fonction des groupes d'âge.

### 3.3.5 Evaluation de la sensibilité aux antimicrobiens d'isolats humains

#### 3.3.5.1-Sensibilité aux antibiotiques des *Salmonella* humaines

Les résistances les plus fréquemment rencontrées ont été la résistance à la famille de la pénicilline A [ampicilline (49,06%), amoxicilline (47,06%), amoxicilline + acide clavulanique (20,60%); le triméthoprime-sulfaméthoxazole (45,60%); le phénicol (chloramphénicol: (35,30%)) et la polymyxine (colistine (20,75%)). De faibles fréquences de résistance ont été observée chez les céphalosporines [ceftazidime (11,76%), céfotaxime (8,82%), Ceftriaxone (8,82%), céfépime (7,54%)]]; les Aminosides (Gentamicine: (8,82%)) et

les quinolones [Acide nalidixique (8,82%), Ofloxacine (7,46%); Ciprofloxacine (5,88%)]. Une sensibilité réduite à l'amikacine a été observé chez 14,92% d'isolats. Tous les isolats de *Salmonella* étaient sensibles à l'imipénème (figure 13).

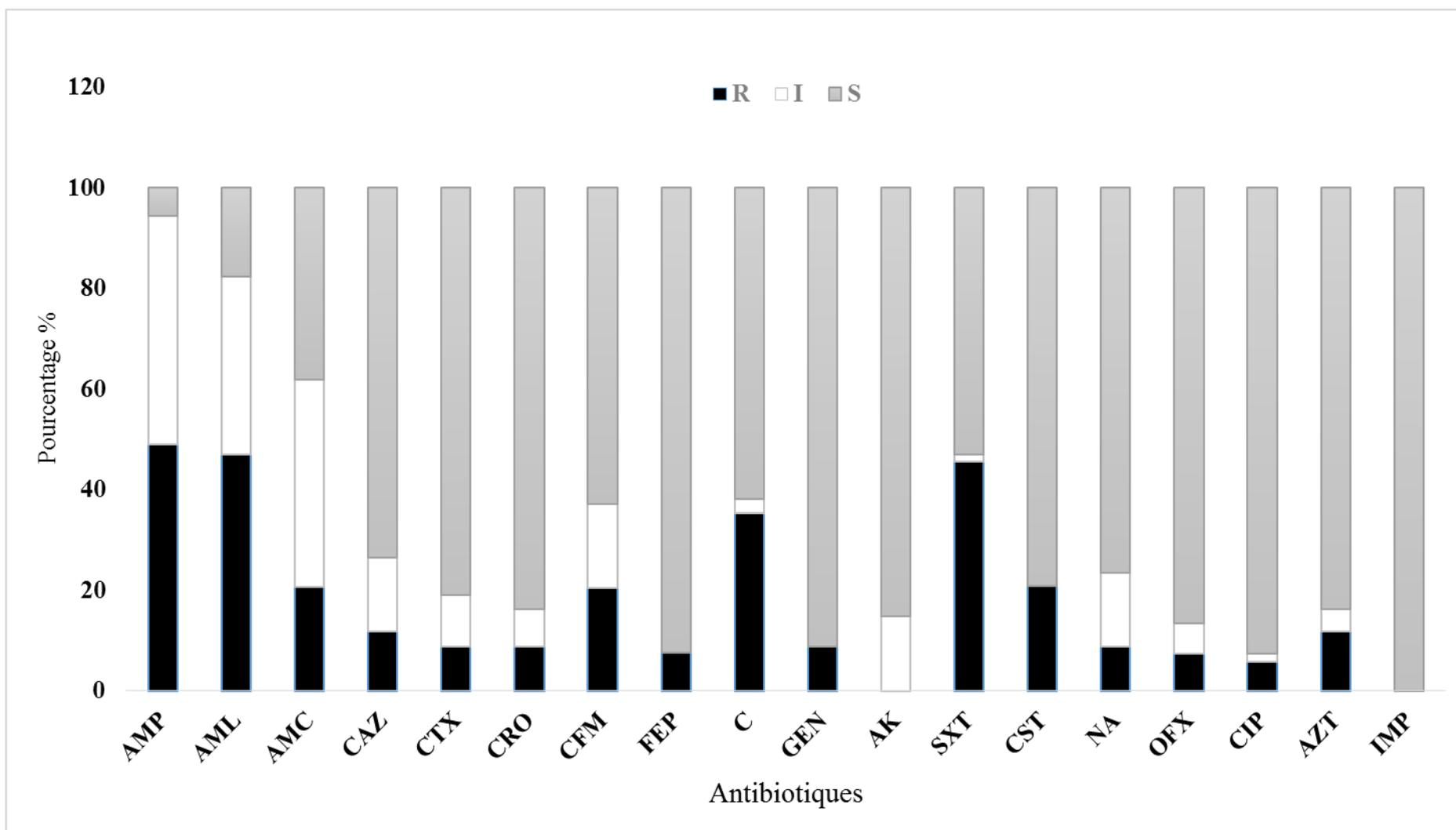


Figure 13: Fréquence de la résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* humaine.

### **3.3.5.2-Répartition de la résistance des antibiotiques en fonction des sérotypes des *Salmonella* humaines**

La fréquence de résistance de chaque sérotypes de *Salmonella* figure au tableau XI. Les souches présentant le sérotype Paratyphi A (n=9) ont été résistantes à 16 antibiotiques suivi des souches Seftemberg (n=1) résistantes à 14 antibiotiques, des souches Paratyphi B (n=7) à 9 antibiotiques, Typhimurium(n=6) à 8 antibiotiques, Marseille (n=1) à 6 antibiotiques, Derby et Haïfa à 5 antibiotiques chacun, 4.5/i:-(monophasic) (n=1) et Poona (n=1) à 3 antibiotiques chacun, Chester et Stanley à 1 antibiotique chacun. Une résistance élevée a été observée au niveau des souches Paratyphi A avec l'ampicilline (33,33%), l'amoxicilline (55,56%) et le triméthoprime-sulfaméthoxazole (77,78%). Une résistance élevée a également été observée aux souches Paratyphi B avec 100% pour l'ampicilline et l'amoxicilline et 85,71% pour le triméthoprime-sulfaméthoxazole. Aucunes souches n'a été résistantes à l'amikacine et l'Imipenème.

Tableau XI: Fréquence de la résistance aux antibiotiques des sérotypes de *Salmonella* isolés chez l'homme.

	AMP	AML	AMC	CAZ	CTX	CRO	CFM	FEP	C	GEN	AK	SXT	CST	NA	OFX	CIP	AZT	IMP
Paratyphi A n=9	3(33.33)	5(55.56)	1(11.11)	2(22.22)	2(22.22)	3(33.33)	4(44.44)	2(22.22)	3(33.33)	2(22.22)	0	7(77.78)	1(11.11)	2(22.22)	2(22.22)	1(11.11)	3(33.33)	0
Paratyphi B n=7	7(100)	7(100)	2(28.57)	0	0	0	0	0	7(100)	1(14.29)	0	6(85.71)	1(14.29)	1(14.29)	1(14.29)	0	0	0
Typhimurim n=6	3(50)	4(66.67)	3(50)	0	1(16.67)	0	1(16.67)	0	4(66.67)	0	0	3(50)	1(16.67)	0	1(16.67)	0	0	0
Typhi n=4	3(75)	4(100)	4(100)	0	0	0	0	0	2(50)	0	0	4(100)	1(25)	0	0	0	0	0
Senftenberg n=1	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	0	1(100)	0	1(100)	0	1(100)	1(100)	0
Marseille n=1	1(100)	1(100)	0	1(100)	0	0	1(100)	1(100)	0	0	0	0	0	0	0	0	1(100)	0
Derby n=1	1(100)	1(100)	1(100)	0	0	0	0	0	1(100)	0	0	1(100)	0	0	0	0	0	0
Haïfa n=1	1(100)	1(100)	0	0	0	0	0	0	1(100)	0	0	1(100)	1(100)	0	0	0	0	0
4.5/i:- (monophasic) n=1	0	1(100)	0	0	0	0	0	0	1(100)	0	0	1(100)	0	0	0	0	0	0
Poona n=2	0	0	0	1(50)	0	0	1(50)	0	0	0	0	1(50)	0	0	0	0	0	0
Chester n=1	1(100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stanley n=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(100)	0	0	0	0	0
Bredeney n=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bron n=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muenster n=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paratyphi C n=2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vilvoorde n=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella .spp</i>	6(27.27)	8(36.36)	2(9.09)	3(13.64)	2(9.09)	2(9.09)	3(13.64)	0	5(22.73)	2(9.09)	0	7(31.82)	5(22.73)	2(9.09)	1(4.55)	2(9.09)	3(13.64)	0

0= 0 nombre et 0 pourcentage

### **3.3.5.3-Étude des profils de résistance aux antibiotiques des différents isolats de *Salmonella* d'origine humaine**

Les résultats des profils antibiotiques des isolats d'origine humaine ont été soumis à une analyse CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) pour visualiser la similarité des souches et un dendrogramme qui illustre cette relation a été élaboré. Il a permis d'individualiser 7 groupes (figure 14):

-le groupe 1 est constitué de 27 souches qui sont caractérisées par une sensibilité à presque tous les antibiotiques. D'autres souches de ce même groupe ont présenté une résistance à l'ampicilline, à la triméthoprim-sulfaméthoxazole, l'amoxicilline et l'céfépime.

-le groupe 2 est constitué de 21 souches caractérisées par leurs résistances à l'Ampicilline, l'amoxicilline, l'amoxicilline + acide clavulanique, le chloramphénicol et la triméthoprim-sulfaméthoxazole.

-le groupe 3 comprend 8 souches qui diffèrent de celles des groupes 1 et 2 par leur résistance à la colistine et à la céfépime.

-le groupe 4 est constitué de 3 souches qui sont caractérisées par une résistance à la ceftazidime, la ceftriaxone, la céfépime, la céfotaxime et l'aztreoname par rapport aux souches des Groupes 1, 2 et 3.

-le groupe 5 constitué de 2 souches qui ont été caractérisées par leurs résistances à la ceftazidime, à la péfloxacin, la colistine, la céfotaxime

-le groupe 6 comprend 2 souches qui diffèrent de celles des autres groupes par la résistance à la gentamicine et l'acide nalidixique

-le groupe 7 avec 5 souches, est caractérisé par une résistance à plus de huit (8) antibiotiques. Les souches de ce groupe diffèrent de celles des autres groupes par leur résistance à la ciprofloxacine, l'acide nalidixique, l'azétroname, la ceftriaxone et la céfépime.

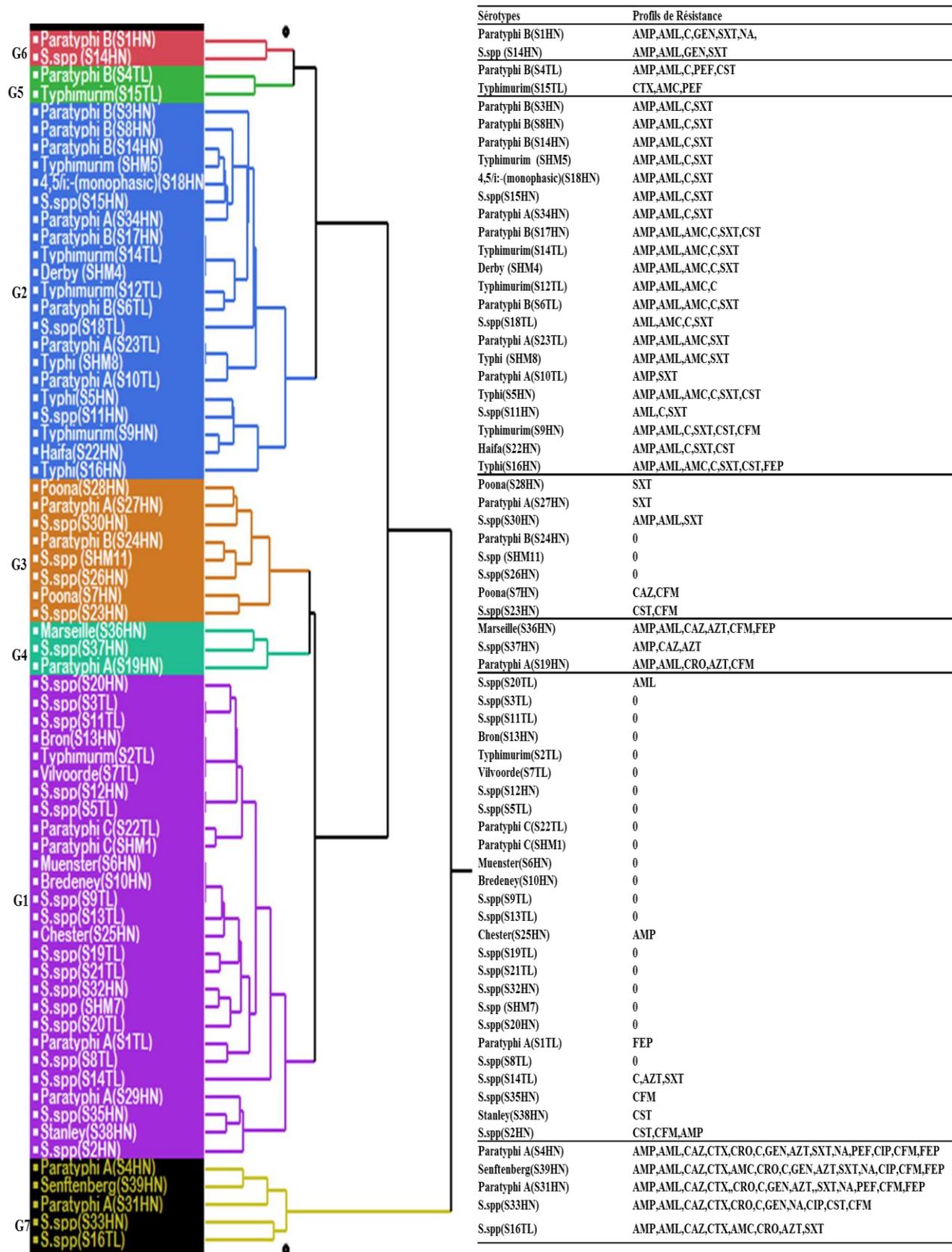


Figure 14: dendrogramme représentatif de la similarité des sensibilités aux antibiotiques des *Salmonella* d'origine humaine.

#### **3.3.5.4-Distribution du nombre de *Salmonella* en fonction de leurs concentrations minimales inhibitrice (CMI).**

La détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) figure au tableau XII. Elle montre que 98,9% (90/91) des souches de *Salmonella* isolées chez l'homme ont présenté un phénotype non sauvage vis-à-vis de l'ampicilline, de l'amoxicilline, de la céfotaxime, de la céftriaxone, de la gentamicine, de l'acide nalidixique et de la ciprofloxacine. Une seule souche sauvage a montré une résistance à la ceftriaxone (1/4). Aussi, il faut noter que 34,14% des souches ont montré une résistance au seuil maximal (CMI>256mg/L) à l'amoxicilline, 30,14% des souches sont résistante à l'ampicilline (CMI>256mg/L) et 83,3% des souches montrent une résistance à la céftriaxone (CMI>256mg/L).

Tableau XII: Répartition des souches de *Salmonella* résistantes aux antibiotiques d'origine humaine en fonction de leur concentration minimales inhibitrice (CMI).

Hôpitaux	Antibiotiques	% souches		Résistance > CMI (mg/L)																
		non-sauvage	% de souches résistantes	1	1,5	2	3	4	6	8	12	16	24	32	48	64	96	128	192	256
HNN	Amoxicilline	53,84	53,84	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	18
	Ampicilline	67,64	67,64	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-	-	-	19
	Cefotaxime	10,26	10,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	Ceftriaxone	10,25	12,82	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	Gentamicine	15,38	15,38	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	-	1	-	-	-	-
	Acide nalidixique	15,38	15,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	1	-	-	1
	Ciprofloxacine	4	10,26	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tshofo Labo	Amoxicilline	36,36	36,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	5
	Ampicilline	21,43	21,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	Cefotaxime	8,69	8,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
	Ceftriaxone	4,34	4,34	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gentamicine	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acide nalidixique	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ciprofloxacine	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HRM	Amoxicilline	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Ampicilline	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Cefotaxime	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ceftriaxone	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gentamicine	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Acide nalidixique	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciprofloxacine	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : aucun CMI relevée à la concentration correspondante. Nombre en gras: nombre de souches présentant une CMI inférieure ou égale à la plus faible concentration testée. = Les zones grisées correspondent aux CMI des souches considérées non-sauvages par EUCAST. Nombre en italique : nombre de souches présentant une CMI supérieure ou égale à la plus forte concentration testée.

[https://mic.eucast.org/Eucast2/SearchController/regShowAll.jsp?Title=Salmonella %20spp.](https://mic.eucast.org/Eucast2/SearchController/regShowAll.jsp?Title=Salmonella%20spp)

#### 4. Discussion

Au Niger, pour la période 2015-2016, deux pics d'infections à *Salmonella* ont été enregistrés. Un dans l'intervalle du mois d'Août à Novembre et l'autre dans l'intervalle du mois de Janvier à Mars. Le premier pic correspondait à la période hivernale et le deuxième pic à la période froide. Les deux périodes correspondent à la disponibilité de nombreux produits frais issus de l'agriculture. Ces résultats étaient comparables à ceux de Guiraud et *al.*, (2017) au Burkina Faso, qui ont trouvé deux pics, l'un en Septembre et l'autre en Février. Une autre étude au Ghana a trouvé deux pics de saisonnalité similaire (Labi et *al.*, 2014). Ces résultats ont été confirmés par une étude sur la dynamique de *Salmonella* dans les produits maraîchers où la prévalence est très élevée quelle que soit la saison au Niger (Alio et *al.*, 2017b). Les eaux d'irrigation contaminées ont été identifiées comme des sources possibles de contamination par *Salmonella* dans plusieurs produits agricoles frais (Greene, et *al.*, 2008). Les sources d'eau domestiques sont plus susceptibles d'être polluées pendant la saison des pluies par le vent et les débris et les déchets apportées par les eaux de ruissèlement (Verena et *al.*, 2002) : il serait donc intéressant de pouvoir collecter des données météorologiques (hygrométrie, température, vitesse des vents...) et de les corrélérer avec la présence de *Salmonella* afin de voir si ces variables pourraient influencer sur la présence de *Salmonella*.

Au cours de la période d'échantillonnage, seulement 69 isolats de *Salmonella* provenant des échantillons des patients ont été analysés. Les hommes ont présenté un taux d'infection plus élevé que les femmes. Ce résultat est similaire aux résultats de Langendorf et *al.*, 2015; Anchau et *al.*, 2016 et Somda et *al.*, 2017 qui ont signalé des taux d'infection plus élevés chez les hommes que chez les femmes.

Les patients du groupe d'âge de 0-5 ans présentaient le plus fort taux d'infection à *Salmonella* (30,43%) : ce résultats étaient comparables à ceux rapportés chez les enfants au Nigéria (Abdullahi et *al.*, 2012, Anchau et *al.*, 2016). Cependant, nos résultats ne sont pas en accord avec les résultats d'une étude réalisée au Burkina Faso où le taux d'infection était plus élevé chez les adolescents de 12 à 23 ans (Somda et *al.*, 2017) : cela pourrait être lié au système immunitaire sous-développé dans le groupe des moins de 5ans qui les rendrait plus vulnérables aux *Salmonella*, car peu de cellules bactériennes viables sont nécessaires pour initier l'infection (Unhanand 1993, Gendrel, 1998).

L'analyse biochimique de l'ensemble des souches d'origine humaine a abouti à dix (10) groupes dont le profil numérique de l'identification biochimique correspond au genre *Salmonella*. Ils diffèrent initialement les uns des autres par la décarboxylation de l'arginine (ADH). Une étude a démontré que la décarboxylation de l'arginine peut être à la base d'une diversité et que la grande majorité des isolats montrait une sensibilité réduite aux antibiotiques (Lee et al., 2003). En plus de la décarboxylation de l'arginine, la dégradation du mélibiose (MEL) a également fait la distinction entre les isolats. Toutes les souches appartenant aux groupes 1, 2, 6 et 7 ont pu dégrader l'inositol (INO+). Des études ont rapporté que les *Salmonella* utilisent une inositol phosphatase pour faciliter son internalisation (Guy et al., 2001, Zhou et al., 2001, ). En effet, la protéine (SopB) des *Salmonella* induit une diminution locale du phosphatidylinositol-4,5-bisphosphate [PtdIns(4,5)P<sub>2</sub>] à l'origine d'une déstabilisation du cytosquelette sous-membranaire, nécessaire à la formation des invaginations membranaires corrélatives de la phagocytose (Clos, 2012). Les profils biochimiques des *Salmonella* concernant le métabolisme de l'inositol et du saccharose sont vraisemblablement liés au mécanisme invasif (Eckmann et al., 1997). Ces caractères inositol (INO+) et saccharose (SAC+) constituent un témoignage de l'impact des facteurs environnementaux sur les bactéries, et ce qui renforce l'hypothèse de la multitude de réservoir (Jordan et al., 2003).

Le sérotypage des différents isolats de *Salmonella* d'origine humaine a permis d'identifier 17 sérotypes circulants au Niger. La distribution des sérotypes était respectivement Paratyphi A 14,75%, Paratyphi B 11,48%, Typhimurim 9,84%, Typhi 6,56%, Paratyphi C 3,28%, Poona 3,28%, Bredeney, Chester, Derby, Haïfa, Stanley, 4.5/i- (monophasic), Muenster, Steinberg, Vilvoorde, Bron et Marseille chacun 1,59%. Ces résultats étaient différents de ceux rapportés par Somda et al., (2017) au Burkina Faso où Paratyphi B avec 34% était le sérotype le plus prédominant suivi de Typhi (21%), Paratyphi C (14%) et Paratyphi A (10%). Ils étaient aussi différents de ceux trouvés à Kano au Nigeria où Typhi (7,8%) a été prédominant suivi de Typhimurium (7,0%), de Paratyphi C (2,8%), de Paratyphi B (2,2%) et de Paratyphi A (1,0%). La distribution des sérotypes dans cette étude présente une prédominance de Paratyphi A chez les enfants de moins de 5 ans de même que Paratyphi C, Typhi, Typhimurium. On constate une prédominance des Paratyphi des *Salmonella* isolées chez l'homme en Afrique de l'Ouest : cette forte prévalence des *Salmonella* Paratyphi pourrait probablement être due à l'ingestion des aliments contaminés ou de l'eau contaminée. Des études ont démontré que les *Salmonella* Typhi

étaient principalement d'origine hydrique alors que *S. Typhimurium* et *S. Paratyphi* étaient principalement d'origine alimentaire (Shukho K. 2010 ; Abdullahi, M. 2010). Au Niger, la population est surtout rurale et elle éprouve de graves insuffisances d'approvisionnement en eau : ce qui entraîne une forte consommation d'eau non hygiénique.

L'étude de la sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* d'origines humaines a montré une résistance élevée à la famille de la pénicilline A (ampicilline, amoxicilline, amoxicilline + acide clavulanique), au triméthoprime-sulfaméthoxazole, au phénicol et à la colistine. Des résultats comparables ont été rapportés au Burkina Faso (Somda, 2017). Les sérotypes les plus résistants aux antibiotiques étaient Paratyphi A, Senftenberg, Paratyphi B et Typhimurium. Le taux de résistance à l'ampicilline, l'amoxicilline et au chloramphénicol était à 100%, au triméthoprime-sulfaméthoxazole à 85% pour les souches Paratyphi B. Quant aux souches Paratyphi A, elles présentaient respectivement des résistances à 33,33%, 55,56%, 33,34% et 77,8% à l'ampicilline, l'amoxicilline, au chloramphénicol et le triméthoprime-sulfaméthoxazol. Somda (2017) au Burkina Faso a trouvé une résistance élevée du sérotypes Paratyphi B par rapport aux autres sérotypes trouvés. Ces classes d'antibiotiques sont largement utilisées dans les pays africains car elles sont assez abordables et disponibles dans des structures non conventionnelles et favorisent une forte pression de sélection au sein de la communauté hospitalière (Timbiné 2013). Les bêta-lactamines sont largement utilisées dans l'environnement thérapeutique en Afrique en particulier pour l'automédication dans les structures non conventionnelles et généralement utilisées par les non-professionnels.

## **5. Conclusion partielle**

La détermination précise du sérotype circulant de *Salmonella* est une condition préalable à l'introduction du vaccin et à la surveillance épidémiologique. Notre étude pourrait servir de mise à jour de la distribution nationale des sérotypes de *Salmonella* au Niger. Au cours de la période d'étude (2015-2016), Paratyphi A était le sérotype le plus souvent identifié. Globalement, le niveau de résistance aux antimicrobiens de *Salmonella* au Niger est très élevé, peut-être en raison de l'utilisation systématique et non systématique des antibiotiques chez les animaux et les humains. Il est donc urgent de renforcer le système de surveillance de la résistance aux antimicrobiens de *Salmonella* au Niger et de mettre à jour les recommandations sur l'utilisation des antimicrobiens chez l'homme et les animaux.

**Chapitre IV : Diversité et dynamique des *Salmonella* isolées de la laitue (*Lactuca sativa L.*) dans les cultures maraîchères au Niger (Afrique de l'ouest).**

## Avant-propos

*La laitue constitue l'une des principales cultures maraichères au Niger. Mais sa culture est réalisée dans des zones urbaines et péri urbaine, ce qui favorise une forte contamination aux Salmonella. Après avoir décrit la diversité des Salmonella isolées chez l'homme, dans cet article nous avons présenté les caractéristiques de sa production, la prévalence et la diversité biochimique, sérologique et la sensibilité aux antibiotiques des souches de Salmonella isolées de la laitue de sept régions du Niger. Cette étude a fait l'objet d'une publication parue dans Journal of Applied Biosciences 119: 11917-11928 (voir résumé en annexe 1)*

## 1. Introduction

Les pays en voie de développement sont confrontés à l'augmentation exponentielle de la population dans les centres urbains (Agossou et *al.*, 2014). Cette urbanisation galopante et la forte concentration économique ont favorisé une agriculture développée dans les zones urbaines et péri-urbaines en Afrique de l'ouest (Cissé et *al.*, 2002). Au Niger, comme dans plusieurs pays africains, l'agriculture urbaine et péri-urbaine est en pleine expansion. Cette activité agricole dominée par l'agriculture maraîchère est aujourd'hui confrontée à d'énormes difficultés, dont entre autres, l'épineux problème de pollution, du fait de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation et de la proximité des sites de production de grands axes de trafics urbains et des industries (Dan-Badjo et *al.*, 2013). La réutilisation des eaux usées partiellement ou non traitées dans l'agriculture maraîchère est une pratique répandue dans les villes africaines. Ces pratiques pourraient favoriser une forte contamination des légumes par des micro-organismes dont certains sont dangereux pour le consommateur. La contamination des fruits et des légumes constitue un des risques potentiels d'infection par des bactéries entéropathogènes telles que les *Salmonella* et *Escherichia coli* O157:H7. Cette contamination se fait à partir d'une source environnementale, animale ou humaine au moment de la culture, de la récolte ou de la manipulation des végétaux avant leur consommation (Beuchat et *al.*, 2002). La plupart du temps, il s'agit d'une contamination de surface. Cependant, des travaux récents montrent que les salmonelles sont capables de se multiplier dans le mésophylle et d'infecter certains végétaux comme la laitue (Kroupitski et *al.*, 2009 ; Schikora et *al.*, 2011). L'alerte engendrée par ces études sur le risque potentiel des *Salmonella* à infecter et à coloniser les plantes justifie la nécessité d'évaluer le niveau de contamination des végétaux. La culture de laitue constitue l'une des principales activités maraîchères réalisées au Niger. Elle occupe une superficie de 4 551 hectares avec une production de l'ordre de 68 885 tonnes et un rendement moyen de l'ordre de 15 tonnes/hectare. (DSMA 2011).

Cette étude a été réalisée dans l'optique d'évaluer spécifiquement la prévalence et la diversité des *Salmonella* isolées de la laitue cultivée sur différents sites maraîchers du Niger.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 Présentation des Sites de collecte

La collecte des échantillons a été réalisée dans 7 régions du Niger à l'exception de la région de Diffa. Dans chaque région un site de culture maraîcher urbain ou péri-urbain a été retenu à l'exception de Niamey où la collecte a été réalisée sur 4 sites différents avec plusieurs répétitions aux quartiers « Zongo » (figure 15). Les caractéristiques des sites d'étude ont été résumées dans le tableau XIII.

Tableau XIII: Caractéristiques des sites de collecte de la laitue.

Régions	Sites de	Dates de	Localisation du site	Source d'eau	
	prélèvements	prélèvements		d'arrosage	Type d'arrosage
	Zongo 1	20/01/2016	L:002°10',959; I:13°52',026	Caniveaux	Arrosoir (aspersion)
	Zongo 2	12/03/2016	L:002°10',959; I:13°52',026	Caniveaux	Arrosoir (aspersion)
	Zongo 3	13/08/2016	L:002°10',959; I:13°52',026	Caniveaux	Arrosoir (aspersion)
	Kourtéré Péage	20/02/2016	L:002°04',653; I:13°50',279	Forage	Irrigation (Planche)
	Riz du Niger	10/02/2016	L:002.10567; I:13°49',765	Bassin	Arrosoir (aspersion)
Niamey	INJS pavé	16/09/2016	L:002°10',016; I:13°50',382	Bassin	Arrosoir (aspersion)
Tillabéry	Tillakaina	17/03/2016	L:001°26',980; I:14°13',593	Fleuve	Arrosoir (aspersion)
Gaya	Centre-ville	26/03/2016	L:003°26',535; I:11°53',359	Puits	Arrosoir (aspersion)
Maradi	Safo	01/05/2016	L:007°07',547; I:13°24',180	Puits	Irrigation(Planche)
Zinder	Kangna	02/05/2016	L:008°57',173; I:13°47',902	Puits	Irrigation(Planche)
Tahoua	Gueben Zogui	07/06/2016	L:005°15',245; I:14°54',252	Forage	Irrigation(Planche)
Agadez	Tajjarate	08/06/2016	L:007°58',121; I: 16°59',415	Forage	Irrigation(Planche)



Figure 15: Photos des sites de production de Laitue.

Photos (A) et (B) : sites de production de Laitue du quartier Zongo à Niamey, Photos (C) : site de production de Laitue du quartier INJS Niamey ; Photos (D) : site de production de Laitue du village de Safo à Maradi ; (E) et (F) : sites de production de Laitue du quartier Guiden Zogui à Tahoua (Photo ALIO, 2016).

## 2.2 Échantillonnage de la laitue aux champs.

L'étude a combiné d'une part des investigations par questionnaire et d'autre part des prélèvements et analyses en laboratoire. L'échantillonnage a été réalisé dans des champs maraîchers de toutes les régions du Niger. Sur chaque site 30 pieds de laitues ont été prélevés. Les laitues sont mises dans des sachets plastiques stériles puis placés dans une glacière à 4°C jusqu'au laboratoire. Chaque prélèvement est accompagné d'un questionnaire.

## 2.3 Analyses microbiologiques

Elles ont été faites selon la norme ISO 6579:2002 en 4 étapes : le pré-enrichissement, l'enrichissement, l'isolement et l'identification biochimique. L'analyse bactériologique a été réalisée sur 360 échantillons.

**-Pour le pré-enrichissement:** chaque prise d'essai (25g) a été mise dans un sachet stomachers contenant 225 ml d'Eau Peptonnée Tamponnée et incubé à 37°C pendant 24h.

**-La phase d'enrichissement:** 0,1ml et 1ml de bouillon de culture de pré-enrichissement ont été prélevés et ajoutés respectivement à 10ml de Rappaport de Vassiliadis, puis à 10 ml du bouillon de Müller Kauffmann. Les tubes de RV, ont été incubés à 42°C pendant 24h et les tubes de Müller Kauffmann incubés à 37°C pendant 24h.

**-La phase d'isolement:** chaque culture d'enrichissement estensemencée par la technique des stries d'épuisement, sur 2 géloses sélectives (SS et XLD) et les boîtes de Pétri incubées à 37°C pendant 24h.

**-L'identification biochimique:** les colonies suspectées *Salmonella* spp sont examinées avec une mini galerie constituée de 4 milieux (gélose Kligler-Hajna ; milieu urée-indol, ONPG (0-nitrophényl-b-D-galactopyranoside, Citrate de simmons, mannitol-mobilité), la confirmation est faite avec une galerie Api 20E (Biomérieux, Marcy l'Étoile, France).

L'étude de la sensibilité des souches aux antibiotiques a été réalisée par la méthode de diffusion en milieu gélosé de Kirby-Bauer. Les antibiotiques testés et la technique de sérotypage ont été décrits dans le chapitre 3.

## 2.4 Analyses statistiques

Le logiciel XL-Stat version 2010 a été utilisé pour déterminer les prévalences et PCORD 5 pour réaliser le dendrogramme à travers la Classification ascendante hiérarchique (CAH).

### **3. Résultats**

#### **3.1 Caractéristiques des producteurs de laitue :**

Les producteurs de laitue présentent les caractéristiques citées dans le tableau XIV. Ils sont exclusivement de sexe masculin (100%) dont l'âge varie entre 30 et 60 ans. Ils sont majoritairement Gourmantché (33,3%) et ont un niveau d'étude primaire. Ils utilisent l'eau des caniveaux pour l'arrosage surtout dans les zones urbaines. La majorité des producteurs de laitue (83,3%) utilisent la fumure des animaux pour la fertilisation.

Tableau XIV: Données sociodémographiques des producteurs de laitue.

		<b>Fréquence</b>	<b>%</b>
<b>Age (ans)</b>	< 30	3	25
	30-60	6	50
	>60	3	25
<b>Sexe</b>	Masculin	12	100
	Féminin	0	0
<b>Ethnies</b>	Haoussa	3	25
	Gourmantché	4	33,33
	Zarma	2	16,67
	Tamashek	1	8,33
	Dandi	1	8,33
	Non précisée	1	8,33
<b>Niveau d'étude</b>	Non scolarisés	4	33,33
	Primaire	6	50
	Secondaire	1	8,33
	Cadre retraité	1	8,33
<b>Source de l'eau d'arrosage</b>	Puits	4	33,33
	Caniveaux	5	41,67
	Fleuve	1	8,33
	Forage	2	16,67
<b>Type d'engrais</b>	Fumure	10	83,33
	Fumure + Engrais	4	33,37

### **3.2 Prévalence des *Salmonella* :**

Au total 360 échantillons de laitue ont été analysés et 133 (36,94%) portaient des *Salmonella*. La figure 16 montre les distributions de différentes prévalences aux Niger : Les prévalences trouvées étaient respectivement par ordre décroissant de 56% à Niamey, 33% à Gaya ; 27% à Zinder, 13% à Maradi et Agadez, 10% à Tillabéri et enfin 0% à Tahoua.

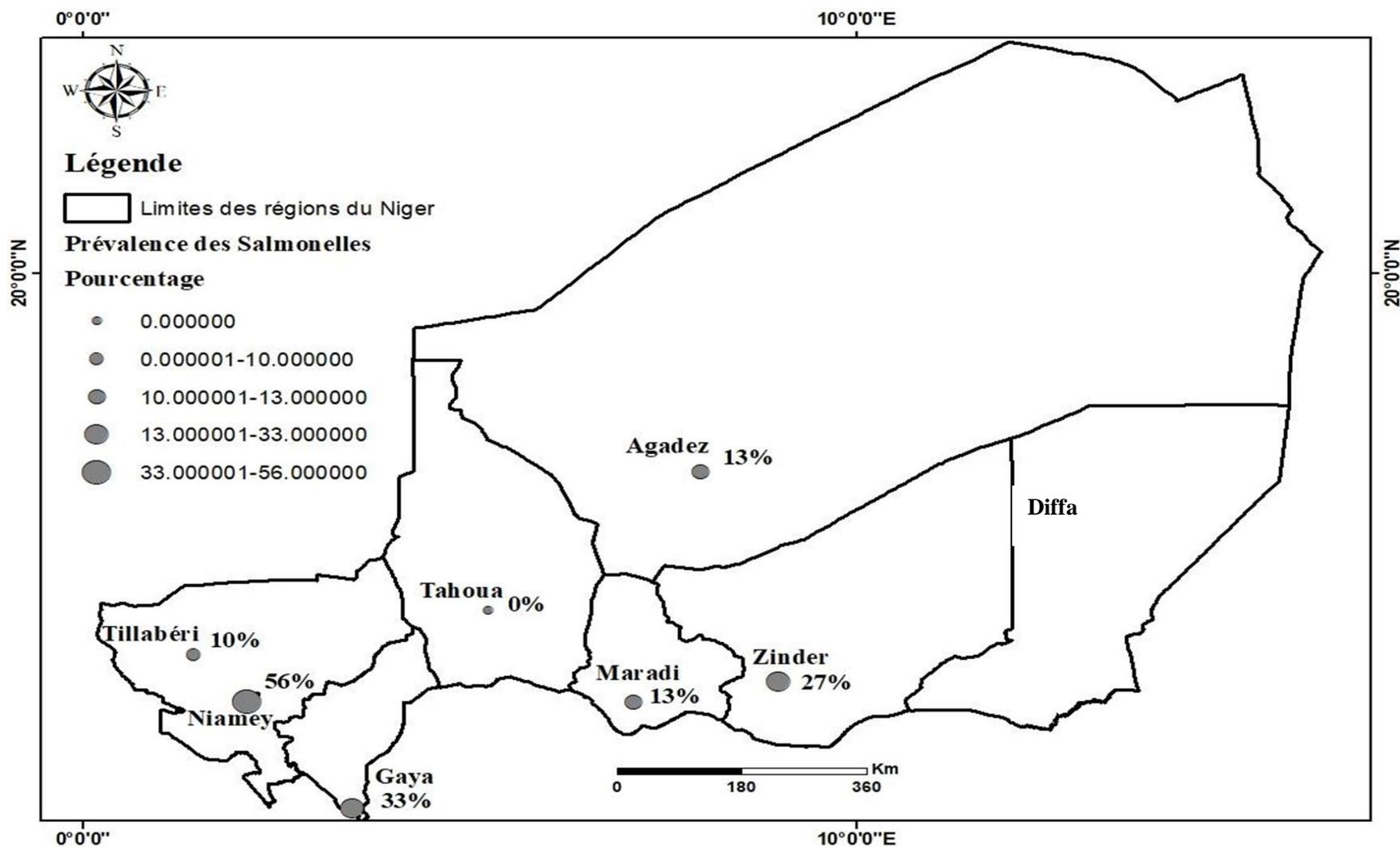


Figure 16: Prévalence des *Salmonella* isolées de la laitue dans les régions du Niger .

Pour ce qui concerne la prévalence des *Salmonella* par rapport aux sources d'eau d'arrosage, il existe une différence significative ( $p=0,023$ ) entre les échantillons où l'eau utilisée pour l'arrosage provient des bassins et des caniveaux par rapport à l'eau des puits, du fleuve ou du forage. Les *Salmonella* spp ont été plus isolées si l'eau utilisée pour l'arrosage provient d'un bassin ou de caniveaux.

Pour ce qui concerne la prévalence des *Salmonella* par rapport au mode d'arrosage, il existe une différence très hautement significative ( $p=0,0004$ ) entre les échantillons où le mode d'arrosage est l'utilisation d'un arrosoir par aspersion par rapport à l'irrigation par planche. Les *Salmonella* spp ont été plus isolées lorsque le mode d'arrosage est l'utilisation d'un arrosoir (tableau 15).

Pour ce qui concerne la prévalence des *Salmonella* par rapport à la localisation du site, il existe une différence significative ( $p=0,018$ ) entre les échantillons provenant des sites urbains par rapport aux sites péri-urbains. Les *Salmonella* spp ont été plus isolées lorsque la localisation du site maraîcher est urbaine (tableau XV).

Tableau XV: Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %.

Modalités	Nombre d'échantillon		(%)	p-value	
	Total analysé	Positif			
Sources d'eau d'arrosage	Bassin	60	40	66,67 <sup>a</sup>	0,023
	Caniveaux	90	59	66,67 <sup>a</sup>	
	Puits	90	22	24,44 <sup>ab</sup>	
	Fleuve	30	3	10 <sup>ab</sup>	
	Forage	90	4	5,56 <sup>b</sup>	
Mode d'arrosage	Arrosoir	210	112	53,3 <sup>a</sup>	0,0004
	Irrigation	150	17	11,3 <sup>b</sup>	
Sites	Urbain	270	125	48,6 <sup>a</sup>	0,018
	Péri-urbain	90	8	6,7 <sup>a</sup>	

La même lettre sur les valeurs d'une ligne signifie que ces valeurs ne sont pas significativement différentes ( $\alpha > 0,05$ ).

### **3.3 Caractéristiques phénotypiques de souches de *Salmonella* isolées de la laitue**

#### **3.3.1 Etude de la similarité biochimique des isolats de *Salmonella* isolées de la laitue**

Le regroupement des souches de *Salmonella* par la Classification Ascendante Hiérarchique CAH sur la base des tests biochimiques répartit les 86 souches identifiées en quatre (4) groupes (figure 17) :

Le groupe 1 constitué de 86 % (74/86) des isolats, est majoritaire. Il est présenté par le code de lecture pour la détermination du genre : 6704752 qui correspondent à une excellente identification de *Salmonella Spp*. Ce groupe présentant la capacité à fermenter l'inositol (INO +) qui est une caractéristique biochimique inhabituelle chez les *Salmonella*.

Le groupe 2 constitué de 9,3% (8/86) des isolats présente le code lecture pour la détermination du genre : 6704552 qui correspondent aussi à une excellente identification *Salmonella Spp*. Il diffère du groupe 1 par le manque de dégradation de l'inositol (INO-).

Le groupe 3 constitué de 3,5% (3/86) des isolats présente le code lecture pour la détermination du genre : 4504552, il diffère des deux (2) autres groupes (Groupe 1 et 2) par l'absence de l'enzyme Arginine Dihydrolase (ADH).

Le groupe 4 constitué de 1,2% (1/86) des isolats présente le code lecture pour la détermination du genre : 6504542, il diffère des autres groupes par l'absence d'enzyme qui dégrade le citrate.

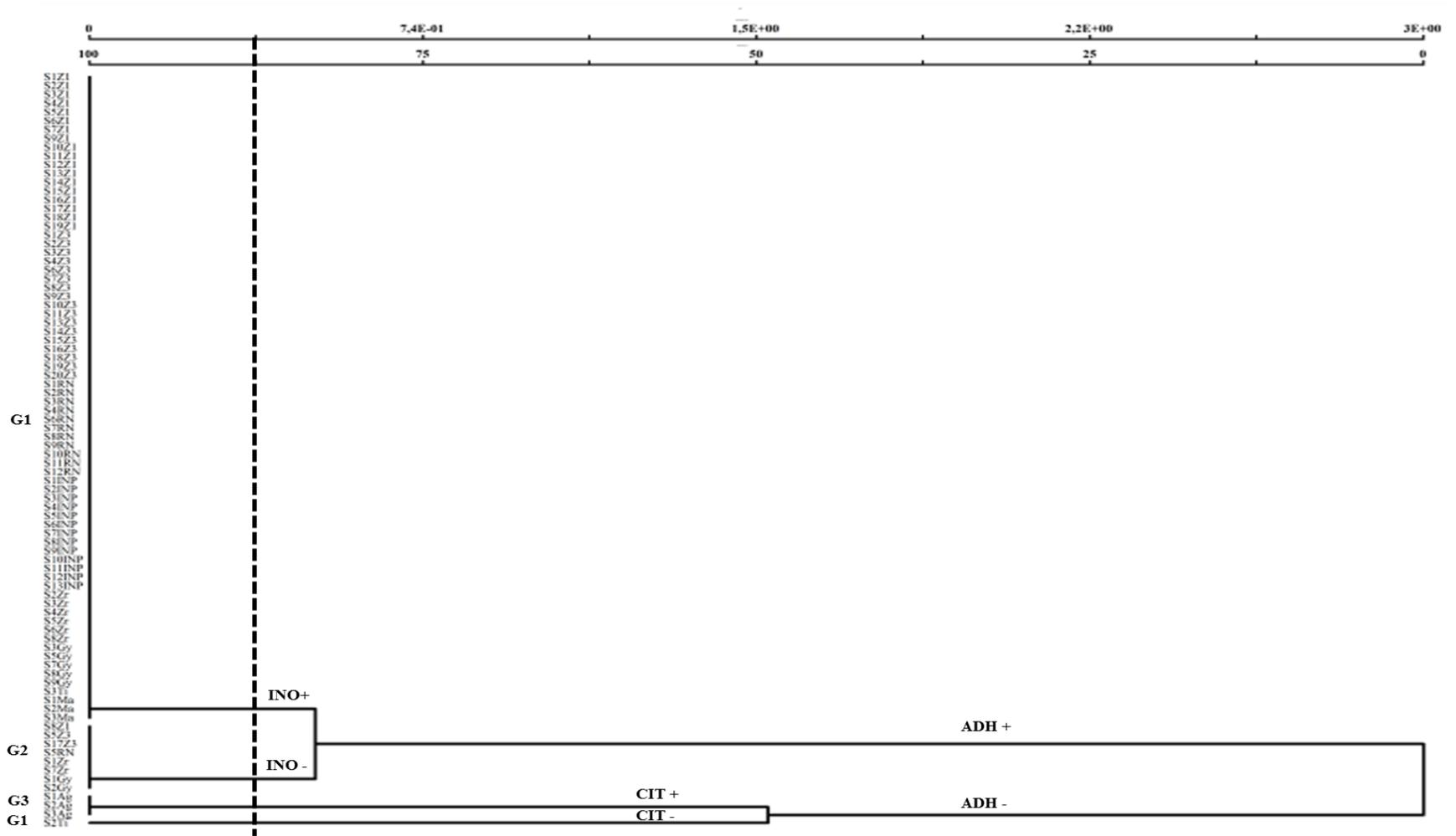


Figure 17: Dendrogramme représentatif de la similarité des caractéristiques biochimiques des *Salmonella* isolées de la laitue.

S : Souche, Z : Zongo, RN : Riz du Niger, INP : INJS Pavé, Zr : Zinder, Gy : Gaya, Ma : Maradi, Ag : Agadez. Groupe 1 : S1Z1, S2Z1, S3Z1, S4Z1, S5Z1, S6Z1, S7Z1, S9Z1, S10Z1, S11Z1, S12Z1, S13Z1, S14Z1, S15Z1, S16Z1, S17Z1, S18Z1, S19Z1, S1Z3, S2Z3, S3Z3, S4Z3, S6Z3, S7Z3, S8Z3, S9Z3, S10Z3, S11Z3, S13Z3, S14Z3, S15Z3, S16Z3, S18Z3, S19Z3, S20Z3, S1RN, S2RN, S3RN, S4RN S6RN, S7RN, S8RN, S9RN, S10RN, S11RN, S12RN, S1INP, S2INP, S3INP, S4INP, S5INP, S6INP S7INP, S8INP, S9INP, S10INP, S11INP, S12INP, S13INP, S2Zr, S3Zr, S4Zr, S5Zr, S6Zr, S8Zr, S3Gy, S5Gy, S7Gy, S8Gy, S9Gy, S3Ti, S1Ma, S2Ma, S3Ma. Groupe 2: S8Z1, S5Z3, S17Z3, S5RN, S1Zr, S7Zr, S1Gy, S2Gy. Groupe 3: S1Ag, S2Ag, S3Ag Groupe 4: S2Ti

### 3.3.2 Prévalence des sérotypes de *Salmonella* isolées de la laitue

Le sérotypage des échantillons de laitue a permis d'observer 20 sérotypes circulants. Les 10 sérotypes prédominants étaient respectivement le sérotype Typhimurim (10,57%) suivi de Virchow (9,76%), Paratyphi C (8,13%), Derby (7,32%), Heidelberg (4,07%), Kano (4,07%), Poona, Anatum, Chester et Newport avec 3,25% chacun. Le reste des sérotypes ont constitué 15,45% (figure 18).

Les *Salmonella* Spp ont représenté 26,83% des *Salmonella* non sérotypés. Parmi ces derniers 4,88% étaient du polygroupe OMC, 0,81% du polygroupe OMD, 13,01% OMA, OMB, OMC, OMD négatifs et 7,32 étaient non réalisés.

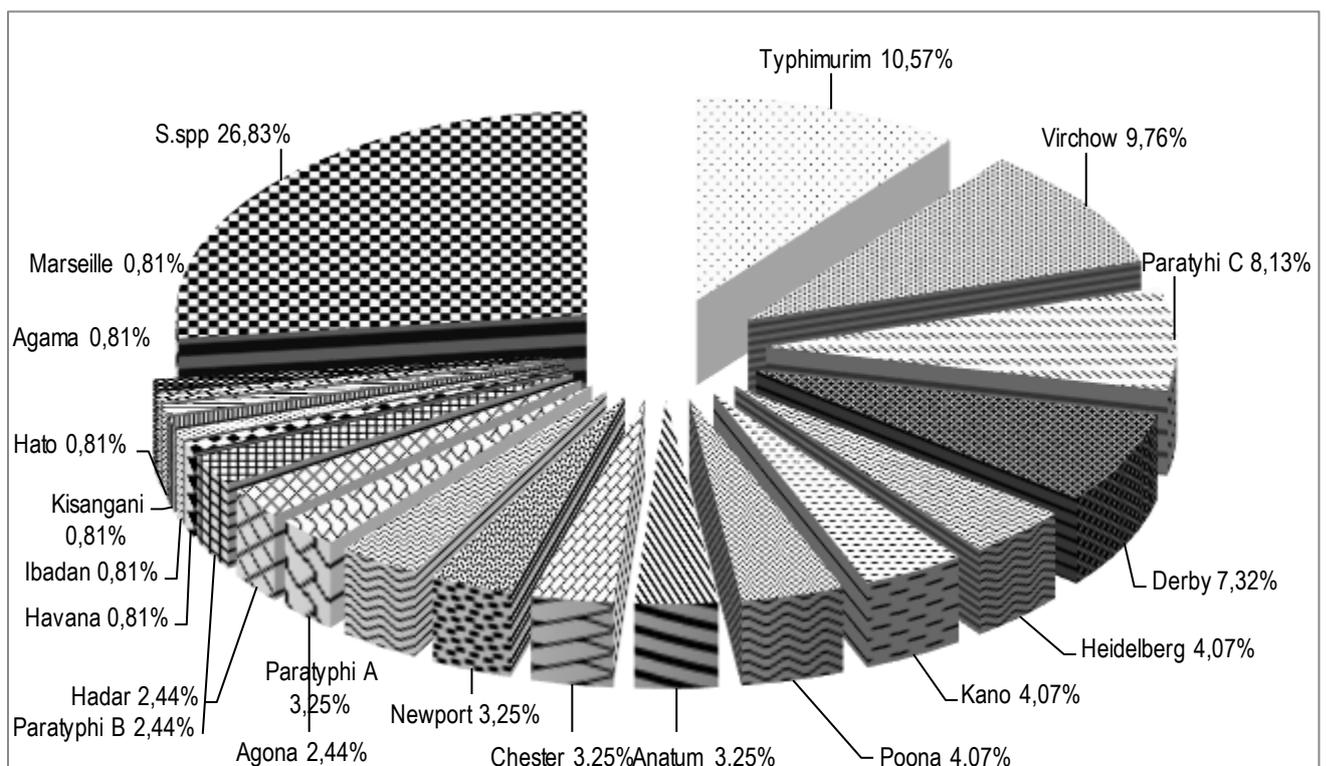


Figure 18: Fréquences des différents sérotypes de *Salmonella* d'origine humaine.

### **3.3.3 Evaluation de la sensibilité aux antimicrobiens des souches de *Salmonella* isolées de la laitue**

#### **3.3.3.1-Répartition de la sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées de la laitue**

Les résistances les plus fréquemment rencontrées ont été la résistance à la famille de la pénicilline A [ampicilline (27,27%), amoxicilline (11,02%), amoxicilline + acide clavulanique (7,63%)], les céphalosporines [ceftazidime (10,17%) et céfépime (11,94%)] et la polymyxine (colistine (29,85%)). On remarque une forte réduction de la sensibilité aux antibiotiques avec les souches présentant une sensibilité intermédiaires à la famille de la pénicilline A [ampicilline (42,42%), amoxicilline (16,95%), amoxicilline + acide clavulanique (10,17%)] et les céphalosporines [ceftazidime (17,8%), Ceftriaxone (38,8%)]. Tous les isolats de *Salmonella* étaient sensibles à l'imipénème (figure 19).

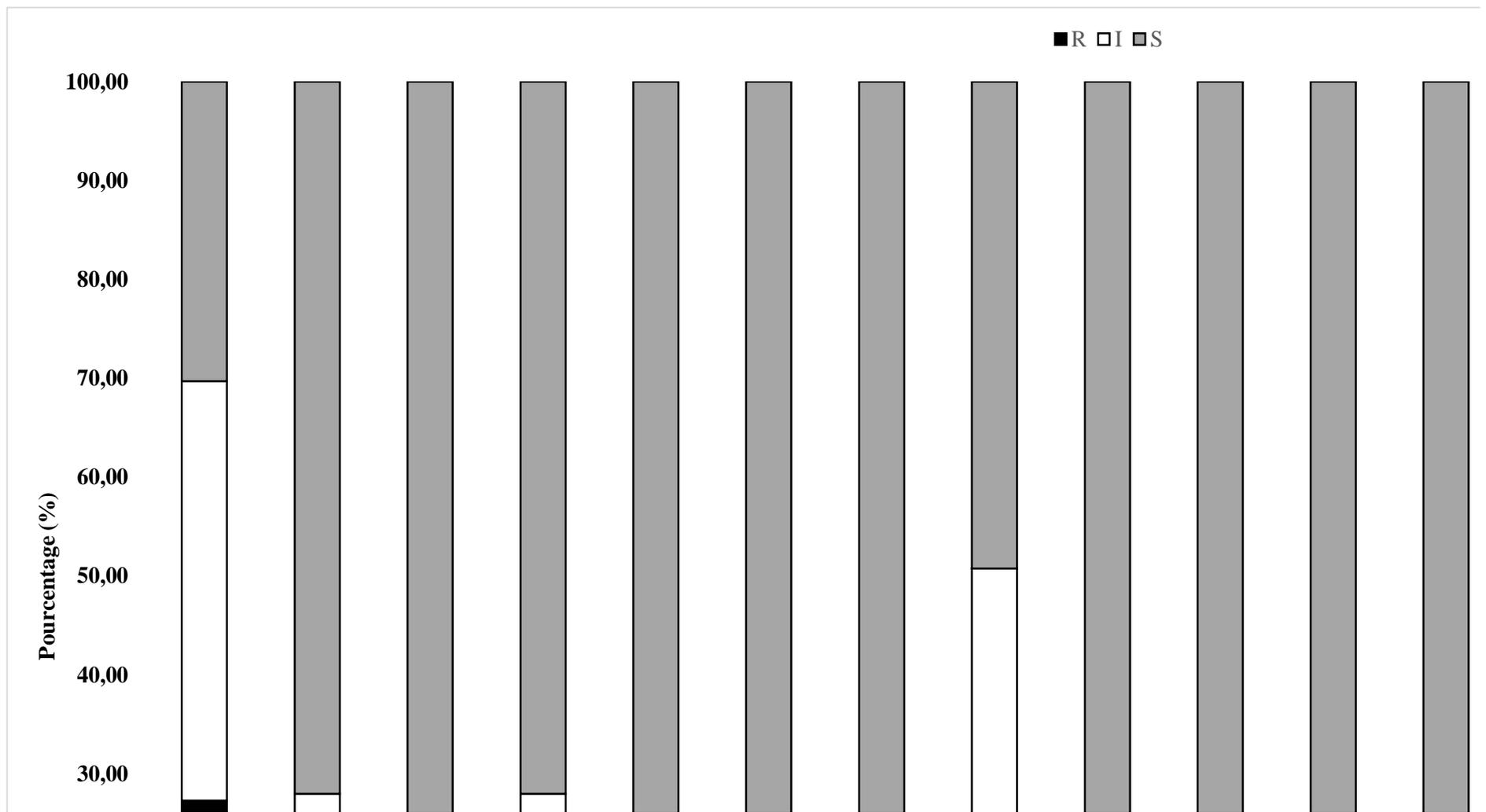


Figure 19: Fréquence de la résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées de la laitue.

### **3.3.3.2-Distribution des sérotypes en fonction des régions et des zones de collectes**

*Salmonella* Typhimurium a été prédominant à Niamey avec 91,67% (11/12), particulièrement à partir des prélèvements réalisés au quartier Zongo 44,44% (8/12), de même que Virchow 83,33% (10/12) et Anatum 75% (3/4). Hato et Agama ont été exclusivement retrouvés à Tillabéri. Certains sérotypes comme Virchow, Paratyphi C, Derby, Newport ont particulièrement été retrouvés dans les régions Ouest du Niger (tableau XVI)

Tableau XVI: Distribution des sérotypes en fonction des régions et des zones de collectes de laitue.

Sérotypes	Niamey			Tillabéri	Dosso	Agadez	Maradi	Zinder	Total		
	Zongo Février 2016	Zongo Avril 2016	Zongo Aout 2016	Riz du Niger	INJS Pavé	Route Tillakaina	Gaya	Tajajarate	Safo	Kangna	
	N=18	N=20	N=20	N=10	N=28	N=3	N=10	N=3	N=3	N=8	
Typhimurim	8(44,44)	2(10)	1(5)	0	0	0	0	1(33,33)	0	1(12,50)	12
Virchow	1(5,56)	3(15)	2(10)	0	4(14,29)	0	2(20)	0	0	0	12
Paratyphi C	1(5,56)	0	0	0	9(32,14)	0	0	0	0	0	10
Derby	0	4(20)	0	2(20)	0	0	3(30)	0	0	0	9
Heidelberg	3(16,67)	0	2(10)	0	0	0	0	0	0	0	5
Kano	0	0	0	0	0	0	3(30)	0	0	2(25)	5
Poona	0	0	0	0	3(10,71)	0	1(10)	0	0	1(12,50)	5
Anatum	1(5,56)	1(5)	1(5)	0	0	0	0	0	0	1(12,50)	4
Chester	2(11,11)	0	0	2(20)	0	0	0	0	0	0	4
Newport	0	3(15)	0	0	1(3,57)	0	0	0	0	0	4
Paratyphi A	0	0	2(10)	0	1(3,57)	0	0	0	0	1(12,50)	4
Agona	0	0	0	1(10)	0	0	1(10)	1(33,33)	0	0	3
Hadar	0	0	1(5)	0	0	0	0	0	2(66,67)	0	3
Paratyphi B	0	0	1(5)	2(20)	0	0	0	0	0	0	1
Havana	0	0	0	1(10)	0	0	0	0	0	0	1
Ibadan	0	0	0	0	1(3,57)	0	0	0	0	0	1
Kisangani	1(5,56)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Marseille	0	0	0	1(10)	0	0	0	0	0	0	1
Hato	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	1
Agama	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	1
OMC	1(5,56)	0	3(15)	0	0	0	0	0	1(33,33)	1(12,50)	6
OMD	0	0	1(5)	0	0	0	0	0	0	0	1
OMA, OMB, OMC, OMD -	0	2(10)	5(25)	0	8(28,57)	0	0	1(33,33)	0	0	16
ND	0	5(25)	1(5)	1(10)	1(3,57)	1(33,33)	0	0	0	1(12,50)	10

### **3.3.3.3-Répartition de la sensibilité aux antibiotiques en fonction des sérotypes des *Salmonella* isolées de la laitue**

La fréquence de la résistance aux antibiotiques des sérotypes de *Salmonella* isolés de la laitue est donnée dans le tableau XVII. Des différents isolats testés, les souches présentant le profil polygroupe OMC (n=7) ont montré une plus grande résistance à 16 antibiotiques testés suivi d'une autre *Salmonella* Spp (OMA, OMB, OMC, OMD -) (n=13) à 7 antibiotiques et Typhimurium à 6 antibiotiques. Une résistance élevée a été observée au niveau des Typhimurium avec l'ampicilline (15,38%), l'amoxicilline (30,8%), amoxicilline + acide clavulanique (23,08), la ceftazidime (15,38%), le chloramphénicol (7,69%) et triméthoprim-sulfaméthoxazole (7,69%).

Tableau XVII: Fréquence de la résistance aux antibiotiques des sérotypes de *Salmonella* isolés de la laitue.

SEROTYPES	AMP	AML	AMC	CAZ	CTX	CRO	CFM	FEP	C	GEN	AK	SXT	CST	NA	OFX	CIP	AZT	IMP	Total
Typhimurim	2(15,38)	4(30,8)	3(23,08)	2(15,38)	0	0	0	0	1(7,69)	0	0	1(7,69)	0	0	0	0	0	0	13
Virchow	2(9,52)	1(4,8)	1(4,8)	0	0	0	1(4,8)	0	0	0	0	0	2(9,52)	0	0	0	0	0	21
Paratyphi C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agona	1(33,33)	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	0	3
Anatum	1(33,33)	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	0	3
Chester	0	0	0	0	1(100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Derby	1(33,33)	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	0	3
Hadar	1(16,67)	1(16,67)	0	1(16,67)	0	0	0	0	0	0	0	1(16,67)	2(33,33)	0	0	0	0	0	6
Havana	0	0	0	0	1(100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Heidelberg	1(25)	1(25)	1(25)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(25)	0	0	0	0	0	4
Ibadan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kano	2(25)	0	0	0	0	1(12,5)	2(25)	0	0	0	0	0	3(37,5)	0	0	0	0	0	8
Kisangani	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marseille	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Newport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Paratyphi A	0	0	1(100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Paratyphi B	1(33,33)	2(66,7)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Poona (n=1)	1(100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OMA, OMB, OMC, OMD -	1(7,69)	2(15,4)	1(7,69)	5(38,48)	0	0	0	0	1(7,69)	0	0	1(7,69)	2(15,4)	0	0	0	0	0	13
OMC	2(28,57)	1(14,3)	1(14,3)	1(14,3)	1(14,3)	1(14,3)	2(28,57)	1(14,3)	1(14,3)	1(14,3)	0	1(14,3)	5(71,42)	0	1(14,3)	1(14,3)	1(14,3)	0	7
OMD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ND	1(10)	1(10)	1(10)	2(20)	1(10)	0	1(10)	0	0	0	0	1(10)	2(20)	0	0	0	0	0	10

### **3.3.3.4-Étude de la similarité des profils de résistance aux antibiotiques entre les différentes souches de *Salmonella* isolées de laitue**

Les résultats des profils antibiotiques des souches isolées de la laitue ont été soumis à une analyse multivariée à savoir la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) pour visualiser la similarité des souches. Le dendrogramme obtenu (figure 20) a permis d'individualiser douze groupes :

- le groupe 1, constitué de 31 souches, est caractérisé par une sensibilité à tous les antibiotiques ;
- le groupe 2 est constitué de 9 souches caractérisées par leurs résistances à la ceftazidime, à l'ampicilline et l'amoxicilline ;
- le groupe 3 est constitué de 13 souches qui diffèrent de celles des groupes 1 et 2 par la résistance à la cefotaxime, la ceftroxone et le chloramphénicol ;
- le groupe 4 est constitué de 6 souches qui diffèrent de celles du groupe 2 par la résistance à l'amoxicilline et à l'amoxicilline + l'acide clavulanique ;
- le groupe 5 est constitué de 8 souches qui diffèrent de celles du groupe 4 par la résistance à la céfépime et à l'amoxicilline + l'acide clavulanique ;
- le groupe 6 est constitué de 4 souches qui diffèrent de celles du groupe 5 par la résistance à la triméthoprim-sulfaméthoxazole;
- le groupe 7 est caractérisé par la résistances à la ceftazidime, la colistine et la céfépime .
- le groupe 8 est constitué de 3 souches qui sont caractérisées par la résistance à l'amoxicilline et la ceftazidime ;
- le groupe 9 est constitué de 8 souches qui sont caractérisées par la résistance à la triméthoprim-sulfaméthoxazole, la colistine et ceftazidime ;
- le groupe 10 est constitué de 6 souches qui sont caractérisées par la résistance à la colistine et à l'amoxicilline + l'acide clavulanique ;
- le groupe 11 est constitué de 12 souches qui diffèrent de celles du groupe 10 par la résistance à l'amoxicilline + l'acide clavulanique et ciprofloxacine ;
- le groupe 12 est constitué d'une seule souche caractérisée par une résistance à 13 antibiotiques.

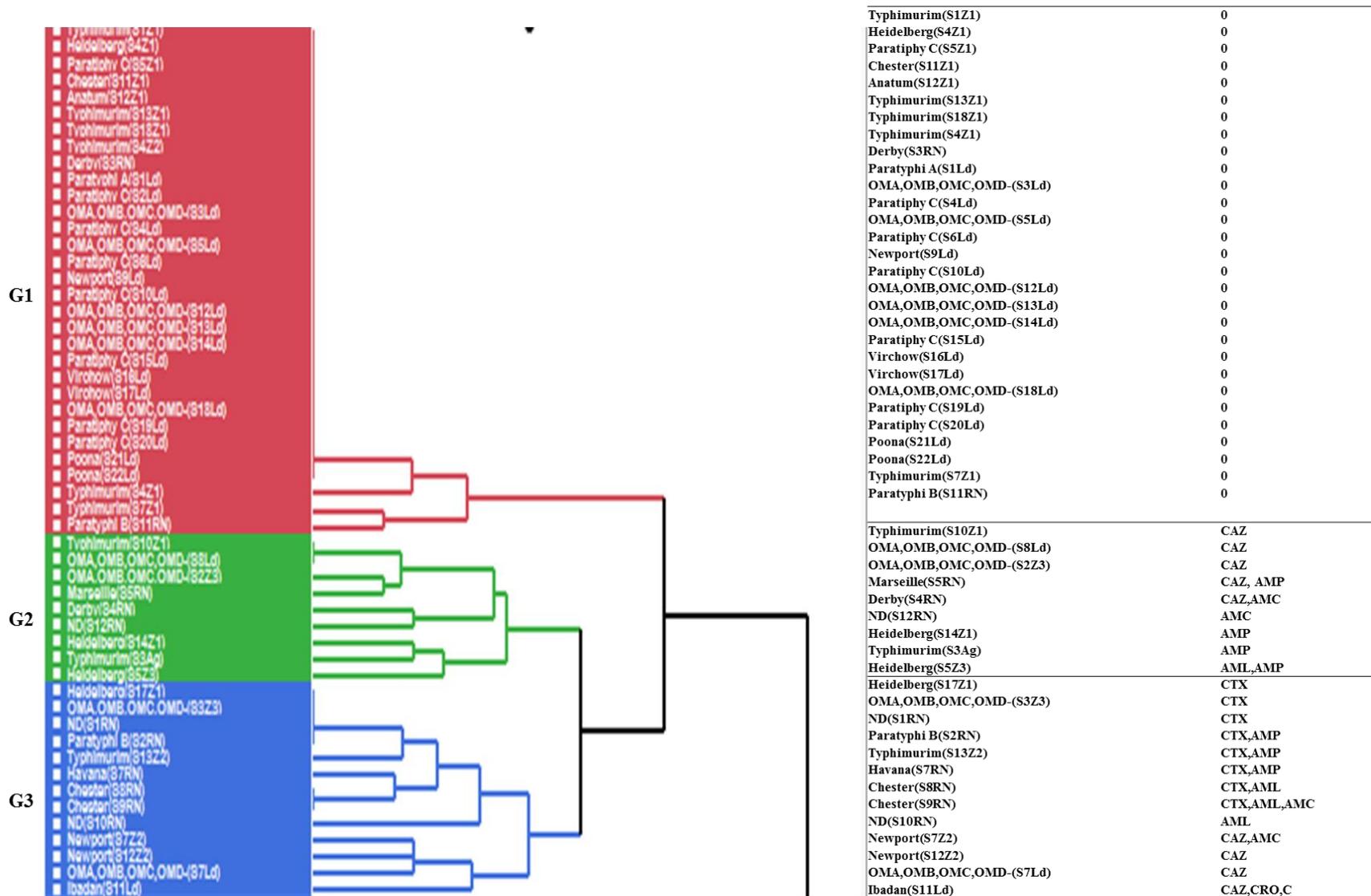


Figure 20: Dendrogramme représentatif de la similarité des profils de sensibilités aux antibiotiques des *Salmonella* isolées de la laitue.

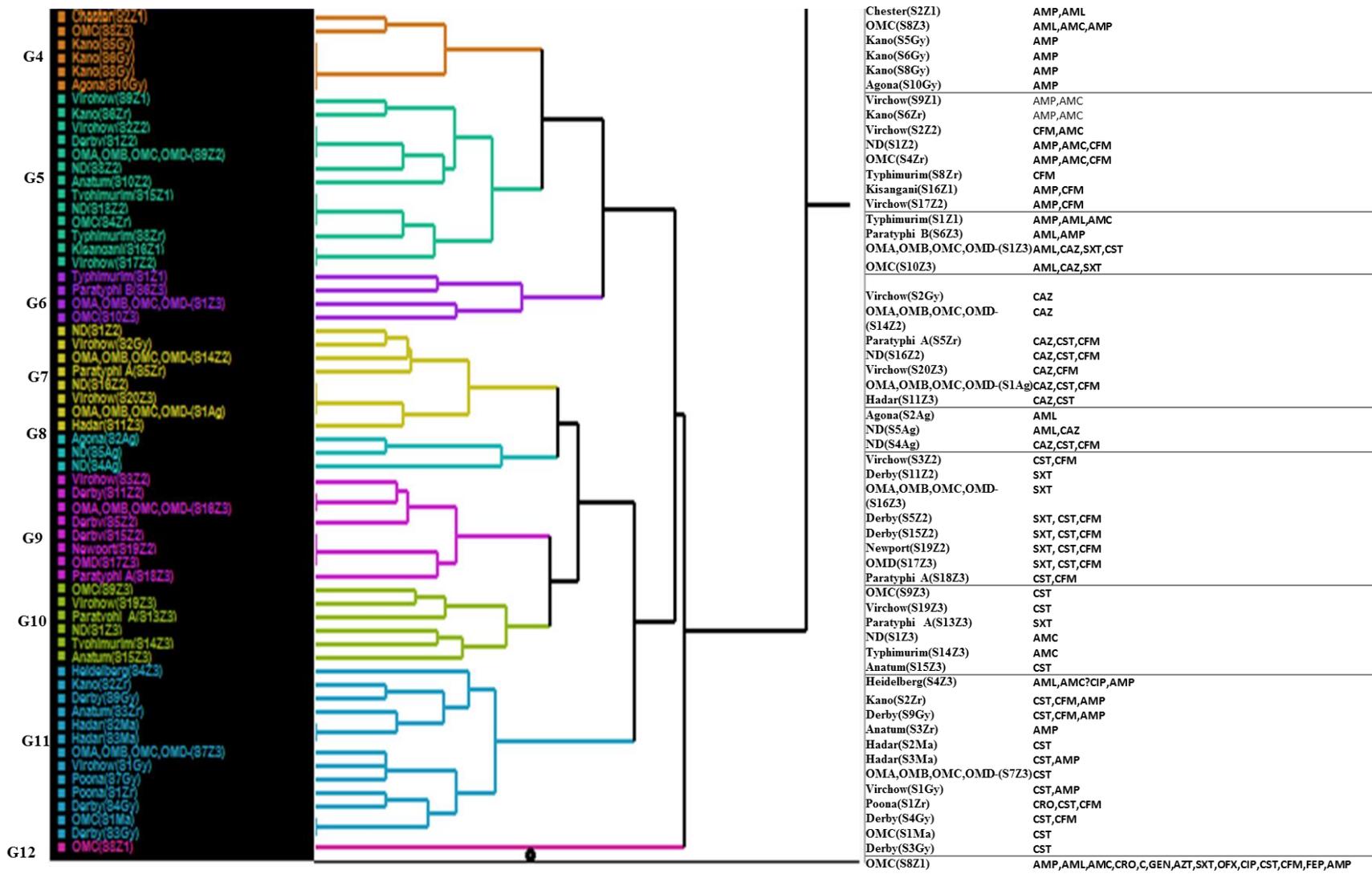


Figure 21 (suite): Dendrogramme représentatif de la similarité des profils de sensibilités aux antibiotiques des *Salmonella* isolées de la laitue.

### 3.3.4 Distribution du nombre de *Salmonella* en fonction de leurs concentrations minimales inhibitrice (CMI).

La détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) a montré que 100% (24/24) des souches de *Salmonella* isolés de la laitue ont présenté un phénotype non sauvage vis-à-vis de l'ampicilline, de l'amoxicilline, de la céfotaxime, de la céftriaxone, de la gentamicine, de l'acide nalidixique et de la ciprofloxacine. 75% (6/8) des souches ont montré une résistance au seuil maximal (CMI>256mg/L) à l'amoxicilline, et 54,55% (6/11) des souches à l'ampicilline (CMI>256mg/L). Une souche a présenté une résistance de haut niveau vis-à-vis de l'ampicilline, de l'amoxicilline, de la céfotaxime et de la ceftriaxone (CMI>256mg/L) (tableau XVIII)

Tableau XVIII: Répartition des souches résistantes aux antibiotiques isolées de la laitue en fonction de leur concentration minimales inhibitrice (CMI).

Antibiotiques	% de souches		Résistance >CMI (mg/L)																	
	non-sauvage	résistantes	1	1,5	2	3	4	6	8	12	16	24	32	48	64	96	128	192	256	
Amoxicilline (AML)	11,02	11,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	6
Ampicilline (AMP)	27,27	27,27	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Céfotaxime (CTX)	3,39	3,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Ceftriaxone (CRO)	1,69	1,69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Gentamicine (GEN)	0,85	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Acide nalidixique (NA)	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciprofloxacine (CIP)	0,85	0,85	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : aucun CMI relevée à la concentration correspondante. Nombre en gras: nombre de souches présentant une CMI inférieure ou égale à la plus faible concentration testée. ■ = Les zones grisées correspondent aux CMI des souches considérées non-sauvages par EUCAST. Nombre en italique : nombre de souches présentant une CMI supérieure ou égale à la plus forte concentration testée.

<https://mic.eucast.org/Eucast2/SearchController/regShowAll.jsp?Title=Salmonella%20spp.>

#### 4. Discussion

L'étude a montré que la totalité des maraichers sont de sexe masculin. Selon une étude réalisée par Koffi-Nevry et *al.*, (2012), le maraîchage est pratiqué en majorité par des hommes (83,33% et 93,33% d'hommes selon les sites étudiés). Le manque de représentativité des femmes pourrait être lié aux pratiques culturelles du pays mais aussi à la pénibilité des pratiques d'irrigations. C'est sûrement la pénibilité du travail d'irrigation qui fait que la plupart des maraichers ont un âge entre 30 et 60 ans. Les résultats montrent aussi que les techniques d'irrigation jouent un rôle important dans la contamination de la laitue. L'aspersion des eaux polluées sur les laitues avec un arrosoir serait à la base de la contamination par *Salmonella*. L'eau stagnante des bassins ainsi que l'eau provenant des caniveaux utilisés pour l'arrosage ont significativement présenté une plus forte prévalence en *Salmonella* par rapport à l'eau de fleuve ou de forage comme par exemple à Tahoua où c'est l'eau de forage qui est utilisée. Ces eaux stagnantes et des caniveaux sont exposés aux contaminations par la fumure (matières fécales des animaux utilisées comme engrais). Elles sont aussi soumises aux effets des activités anthropiques de l'homme. Ces différents problèmes ont été soulevés dans d'autres études (Koffi-Nevry et *al.*, 2012 ; Kenmongue et *al.*, 2010. ; Ndiaye et *al.*, 2011).

Par rapport aux prévalences des *Salmonella* dans la laitue, tous les échantillons analysés, à l'exception de ceux à Tahoua, n'étaient pas conformes aux directives de l'OMS (OMS, 2012) qui recommandent aucune *Salmonella* dans un légume cru destiné à la consommation. Cette étude a montré que la prévalence des *Salmonella* dans la laitue était comprise entre 0% à 56% au Niger. D'autres études effectuées sur la laitue ont trouvé des prévalences respectivement de 50% au Burkina Faso (Traoré et *al.*, 2015), de 22% à Sokoto au Nigeria (Bagudo et *al.*, 2014) et 16% à Maiduguri au Nigeria (Raufu et *al.*, 2014).

L'analyse biochimique de l'ensemble des souches isolées de la laitue a abouti à quatre (4) classes se distinguant entre elles par la dégradation de l'inositol (INO+), essentiellement.

Le groupe 1 qui était composé de 86% des isolats a présenté le caractère de dégradation de l'inositol (INO+). Les *Salmonella* utilisent une inositol phosphatase pour faciliter leur internalisation dans les cellules infectées (Guy et *al.*, 2001, Zhou et *al.*, 2001, ). Cette dominance homogène métabolique qui caractérise la majorité des isolats INO+ et INO- traduit une stabilité génétique des *Salmonella* non hôtes spécifique ( *S. Enteritidis*, *S. Infantis*, *S. Hadar*, *S. Heidelberg* ) dans différents types d'échantillons identiques (Holt et *al.*, 2009). Des résultats similaires ont

été observés lors d'une étude au Maroc sur des *Salmonella* isolées à partir des aliments prélevés lors de contrôle microbiologique de routine, la majorité des souches ont présenté des profils biochimiques avec une atteinte de métabolisme des sucres et des acides aminés (Inositol+, Rhamnose-, Arginine -, Nitroanidine proline+) (Rouahi *et al.*, 2000).

Les résultats obtenus de l'analyse sérotypique des souches de *Salmonella* ont montré une prédominance du sérotype de *Salmonella* Typhimurim (10,57%) suivi de Virchow (9,76%), Paratyphi C (8,13%), Derby (7,32%), Heidelberg (4,07%), Kano (4,07%), Poona, Anatum, Chester et Newport avec 3,25% chacun.. Somda *et al* (2017) au Burkina Faso ont rapporté la prédominance de *Salmonella* Paratyphi A (23%) suivi de *Salmonella* Paratyphi C (18%) et de *Salmonella* Paratyphi B (8%).

Du point de vue des sérogroupes, c'est le séro groupe B (34,43%) qui a prédominé, suivi des sérogroupes C (9,76%), E1 (3,25%), A (0,81%), G (0,81%) et F (0,81%). Une étude réalisée par Bagudo *et al.*, (2014) à Sokoto au Nigeria a donné des proportions similaires avec 33,33% pour le séro groupe B suivi des sérogroupes D (29,17%) et C (13,29%) . Au Burkina Faso, le séro groupe C a été prédominant suivi du séro groupe E4 et B (Traoré *et al.*, 2015). Cette disparité des résultats est due aux pratiques agricoles employées par les maraîchers. Dans les pays en développement, les maraîchers utilisent la fumure de bétail et de la volaille comme engrais, ce qui entraîne des contaminations alimentaire et environnementale et une épidémiologie complexe des *Salmonella*.

Les résultats obtenus ont révélé aussi un taux élevé de résistance des *Salmonella* aux pénicillines A (ampicilline, amoxicilline ; amoxicilline + acide clavulanique), aux polypeptides (colistine) et aux céphalosporines (céfixime, ceftazidime). Ces résultats sont corroborés par ceux rapportés au Burkina Faso par Traoré *et al* en 2015. Une telle résistance serait liée à la production d'une céphalosporinase ou d'une bêta-lactamase à spectre étendu (BLSE) par les souches en question (Uzunovic-Kamberovic *et al.*, 2006).

## **5. Conclusion partielle**

La laitue cultivée dans les zones urbaines et péri-urbaines où les investigations ont été conduites n'était pas appropriée à la consommation : les taux de contamination par les *Salmonella* étaient très élevés, ce qui pourrait entraîner un très grand risque de contamination des consommateurs. Les bactéries analysées dans cette étude ont montré une faible diversité biochimique et le

sérotypage a montré une prédominance du sérogroupe B qui était aussi le sérogroupe le plus fréquemment retrouvé chez l'homme et dans l'environnement. Les résultats de l'évaluation de la sensibilité aux antibiotiques ont montré une résistance aux pénicillines A et céphalosporines testées, ce qui pourrait indiquer une circulation inquiétante des souches résistantes aux antibiotiques. Des mesures préventives et des sensibilisations à l'endroit des maraîchers devraient être prises pour éviter la prolifération des maladies infectieuses telles que les fièvres typhoïdes, les gastro-entérites et les dysenteries dans la population nigérienne. Ces résultats ont ouvert des perspectives d'études pour déterminer les conditions idéales de rinçage de la laitue avec des antiseptiques comme l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) avant toute consommation humaine. D'autre part, des réflexions devraient être poussées concernant les technologies de purification des eaux usées avant leur utilisation dans l'agriculture maraîchère. Pour cela des plantes pouvant servir dans les processus de phytoremédiation, seraient un moyen efficace pour réduire les contaminations.

**Chapitre V : Diversité et distribution des *Salmonella* isolées  
des abats de volaille au Niger**

## Avant-propos

*La filière volaille est considérée comme une des sources majeure de la contamination humaine via les produits consommés insuffisamment cuits. La persistance des salmonelles tout au long de la chaîne de production alimentaire suite à une ou plusieurs défaillances (mauvaise pratique d'éviscération et de rinçage, les contaminations croisées). D'un autre côté l'évolution du mode d'alimentation humain ont contribué à l'augmentation des cas de salmonelloses humaines dont la principale manifestation est gastro-intestinale. Dans cet article, nous avons décrit les caractéristiques et pratiques des vendeurs de volaille, déterminé la prévalence de Salmonella dans les abats de volailles et la distribution des sérotypes isolés de ces produits au Niger. Cette partie a fait l'objet d'un article rédigé en cours de publication (voir résumé en annexe 1).*

## 1. Introduction

Les salmonelles sont l'une des premières causes de la contamination des aliments dans les pays en développement et industrialisés. Le risque alimentaire est peu toléré par les populations et certains pathogènes alimentaires zoonotiques sont au centre de bien des préoccupations. Parmi ceux-ci, *Salmonella* était en 2007 la deuxième cause de toxi-infections alimentaires bactériennes en Europe (Anonyme, 2009). Une épidémie d'ampleur mondiale liée au sérovar Enteritidis, dont le réservoir privilégié reste la poule pondeuse, a commencé dans les années 80. Depuis, des clones multi-résistants ont émergé et leur impact sur la santé humaine en terme de morbidité et de mortalité a été documenté (David, 2010). Elles représentent ainsi un problème de santé publique et la société paye un lourd tribut. La filière volaille est considérée comme une des sources majeure de la contamination humaine (EFSA, 2011 ; ECDC, 2011), via des denrées alimentaires consommées crues ou insuffisamment cuites tels la viande de volaille, les œufs et les ovoproduits, les charcuteries, etc. (Humphrey et al., 1988 ; Cowden et al., 1989 ; Humphrey, 1994; Schmid et al., 1996; Hayes et al., 1999). En Afrique Subsaharienne, les *Salmonella* constituent une des causes importantes de gastroentérite aiguë et des infections invasives. Elles sont associées à 20 à 25% de mortalité. Avec 70 millions de tonnes produites par an la volaille, dont près de 85 % de poulet, est la seconde viande consommée au monde juste derrière le porc (Huart et al., 2004). Les aliments d'origine animale, en particulier les produits d'origine aviaire et la volaille, sont largement reconnus comme étant le réservoir de *Salmonella* en raison de la prolifération de *Salmonella* dans le tractus gastro-intestinal de poulets (Baeumler et al., 2000; Barrow et al., 2004 Keller et al., 1995, Poppe, 2000). Au Niger, l'aviculture est une filière qui est en train de prendre un essor important. Le cheptel avicole est estimé 16 976 236 têtes en 2009 (anonyme, 2015). L'aviculture familiale constitue la principale source de protéine animale en milieu rural au Niger (Moussa et al., 2010). Les abats de volailles en particuliers le gésier et le foie sont très prisés et beaucoup consommés au Niger mais ils sont susceptibles de renfermer des germes pathogènes, tels que les *Salmonella* (Bonny, 2011 ; Tibaijouka et al., 2003). Ces produits de grande consommation restent mal connus pour leur qualité microbiologique. Au Niger, très peu de données ont été développées sur le sujet. Nous avons donc mené cette étude pour déterminer la prévalence de *Salmonella* dans les abats de volailles et la distribution des sérotypes isolés de ces produits au Niger.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 Présentation des sites de collecte des abats de volaille.

La collecte des échantillons a été réalisée dans 7 régions du Niger à l'exception de la région de Diffa. Dans chaque région un site d'abattage de volaille a été retenu (tableau XIX).

Tableau XIX: Caractéristiques des sites d'étude des abats de volaille.

Régions	Sites	Dates de collectes	Nombre d'échantillons
Niamey	Wadata Février 2016	27/02/2016	18
	Wadata Août 2016	14/08/2016	22
Tillabéri	Stade	17/03/2016	20
Dosso	Gaya Koirategui	26/03/2016	18
Maradi	Ali Dan Sofu	01/05/2016	18
Zinder	Pantchis	02/05/2016	20
Tahoua	Maboya Amaré	07/06/2016	17
Agadez	Sabon Gari	08/06/2016	22
<b>Total</b>			<b>155</b>



Figure 22: Sites d'abattage de la volaille.

Photos **(A)** et **(B)** : sites d'abattage de volaille du quartier Sabon Gari d'Agadez, Photos **(C)** et **(D)** : sites d'abatage de volaille du quartier Ali Dan Sofu Maradi. (Photo ALIO, 2016)

## **2.2 Echantillonnage des abats de volaille.**

L'étude a combiné, d'une part, des investigations par questionnaire et d'autre part des prélèvements et analyses en laboratoire. Dans chaque site d'abatage de volaille retenu, seuls les échantillons des abats de volaille disponibles ont été collectés (figure 21). Les abats ainsi collectés sont mis dans des sachets en plastiques stériles puis placés dans une glacière à 4°C jusqu'au laboratoire. Chaque prélèvement est accompagné d'un questionnaire. Au total, 155 abats de volaille ont été prélevés.

## **2.3 Analyses microbiologiques**

L'analyse microbiologique a été faite selon la norme ISO 6579:2002 en 4 étapes: le pré-enrichissement, l'enrichissement, l'isolement et l'identification biochimique. L'analyse bactériologique pour la recherche de salmonelle a été réalisée sur 155 abats, en vue de déterminer la prévalence et les différents sérotypes circulant dans la volaille. Les méthodes, les techniques et le matériel utilisés pour l'analyse microbiologique ont été décrits dans la partie méthodologie du chapitre 3.

## **2.4 Analyses statistiques**

Les données obtenues à partir des fiches d'enquête ont été traitées à l'aide du logiciel XL-Stat version 2010 afin de déterminer les paramètres influençant la présence des salmonelles. Les résultats d'analyse bactériologique ont été saisis à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2013: [Link](#) pour la confection des graphiques et tableaux. Le logiciel PCORD 5 a été utilisé pour étudier la similarité biochimique au moyen de la Classification Hiérarchique Ascendante (CAH).

## **3. Résultats**

### **3.1 Caractéristiques et pratiques des vendeurs de volaille.**

Le tableau XX présente les caractéristiques et les pratiques des vendeurs de volaille par rapport aux paramètres importants qui peuvent influencer la qualité des produits. Ils sont exclusivement de sexe masculin (100%) dont 62,5% ont un âge inférieur à 30 ans et majoritairement Haoussa (50%) et analphabètes (75%). La plupart (75%) n'ont jamais été sensibilisés ou reçus de formation sur l'hygiène de traitement de la volaille. Le lavage des mains est pratiqué par 75% mais après l'activité de traitement du produit (50%). Aucun des interrogés n'a effectué de visite médicale au cours de l'année écoulée.

Tableau XX: Caractéristiques et pratiques des vendeurs de volaille.

Définition de la variable	Niveau	Nombre	Pourcentage
Age (Années)	< 30	5	62,5
	30-60	3	37,5
	>60	0	0
Sexe	Homme	8	100
	Femme	0	0
Ethnies	Haoussa	4	50
	Zarma	2	25
	Dendi	1	12,5
	Kanouri	1	12,5
Niveau d'étude	Non scolarisés	6	75
	Primaire	1	12,5
	sécondaire	1	12,5
Sensibilisation à l'Hygiène	Oui	2	25
	Non	6	75
Lavage de mains	Oui	6	75
	Non	2	25
Moment du lavage de mains	Avant	3	33,33
	Pendant	1	16,67
	Après	2	50
Visité médicale	Oui	0	0
	Non	8	100

### 3.2 Prévalence des *Salmonella* isolées de la Volaille dans les régions du Niger

Au total 155 échantillons d'abats de volaille ont été analysés. Les *Salmonella spp* ont été isolées dans 59 (38,06%) échantillons. La figure 22 montre les distributions des fréquences d'isolement des *Salmonella* selon les régions du Niger. Les fréquences rapportées varient entre 69% à Niamey et 20% à Zinder et à Tillabéri.

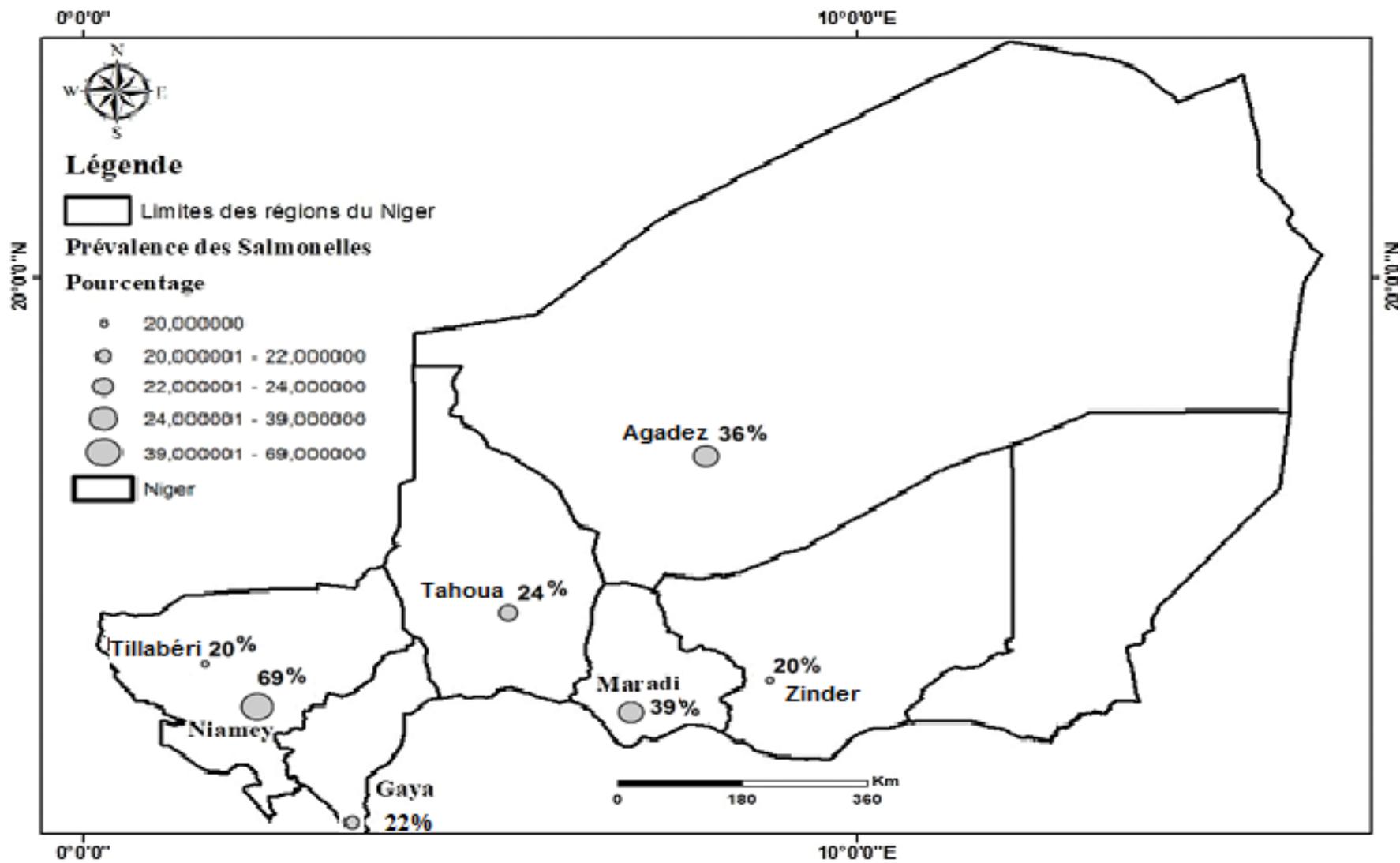


Figure 23: Fréquences des *Salmonella* isolées des abats de volaille dans les régions du Niger.

### 3.3 Caractéristiques biochimiques des souches de *Salmonella* isolées de la volaille

Le regroupement des souches de *Salmonella* par la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) sur la base des tests biochimiques répartit les 35 souches identifiées en quatre (2) groupes:

-le groupe 1 constitué de 94,29 % (33/35) des isolats a été majoritaire. Il est présenté par le code de lecture pour la détermination du genre : 6704752 qui correspond à une excellente identification de *Salmonella* spp. Les souches de ce groupe sont caractérisés par leur aptitude à dégrader l'inositol (INO +) qui est une caractéristique biochimique inhabituelle chez les *Salmonella*.

-le groupe 2 constitué de 5,71% (2/35) des isolats présente le code lecture 6704552 pour la détermination du genre qui correspond aussi à une excellente identification *Salmonella* spp et diffère du groupe1 qui sont INO- (Figure 23).

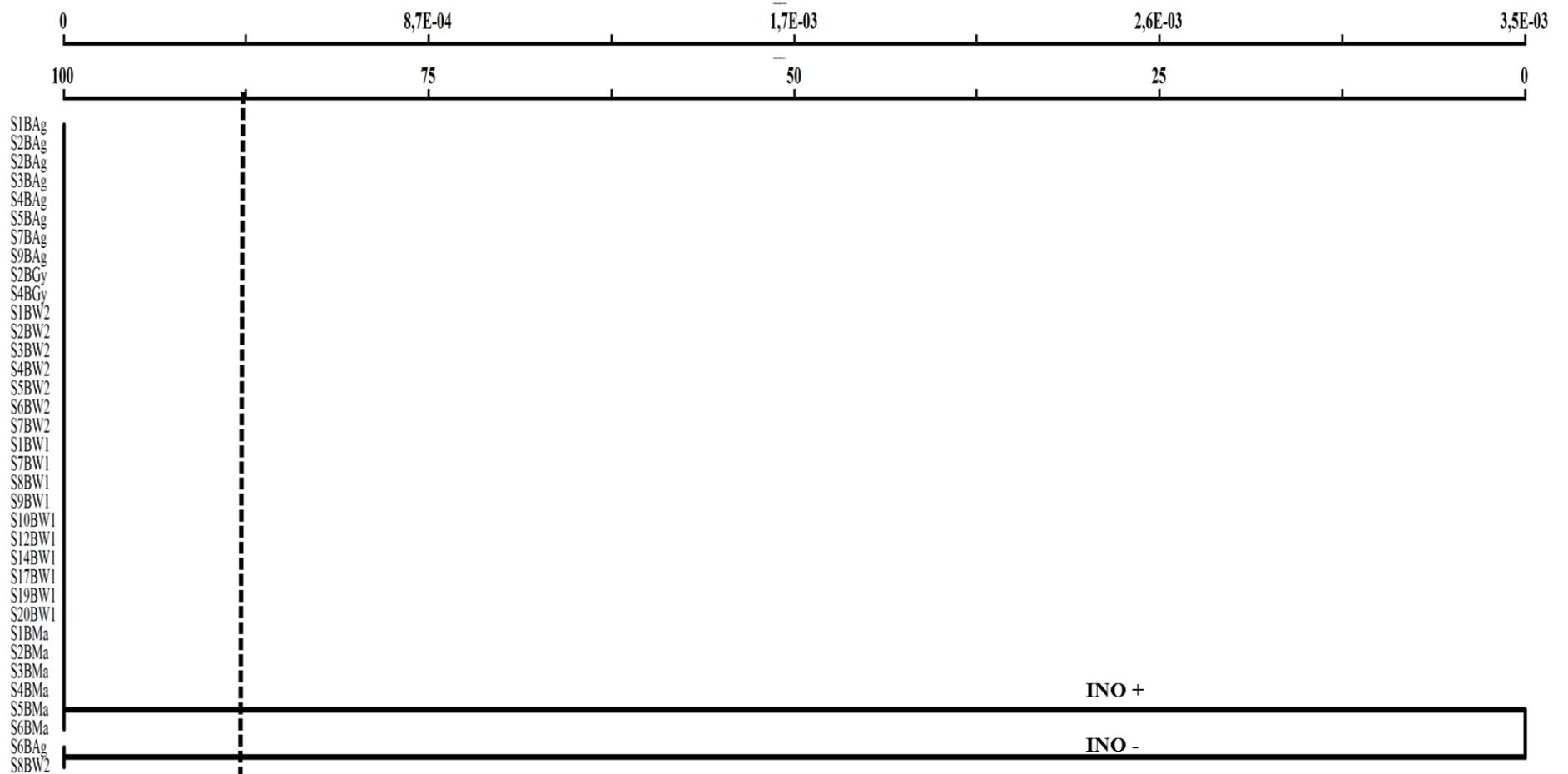


Figure 24: Dendrogramme de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) représentatif de la similarité des caractéristiques biochimiques des *Salmonella* isolées des abats de volaille. .

### 3.4 Prévalence des sérotypes de *Salmonella* isolées de la volaille

Le sérotypage des isolats de *Salmonella* provenant des abats de volaille a permis d'observer huit (8) sérotypes circulants (figure 24). Le sérotype prédominant était *Salmonella* Derby (42,37%) et les moins fréquents étaient Hessarek (1,69%) et Kissangani (1,69%). Toutefois, 16,95% des isolats n'ont pu être serotypés.

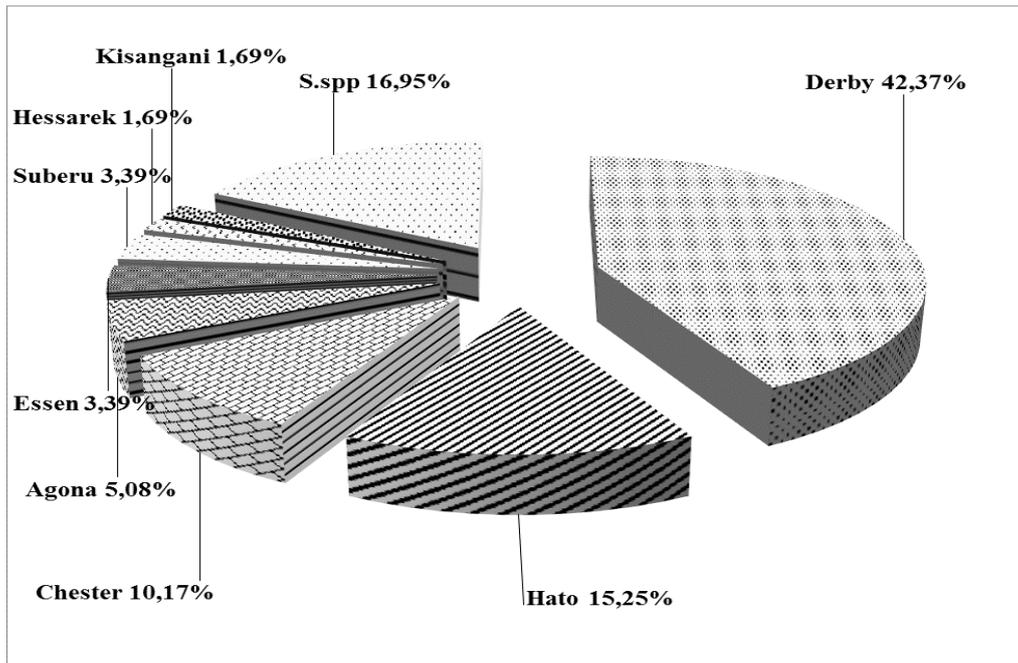


Figure 25: Pourcentage de différents sérotypes de *Salmonella* isolées des abats de volaille.

### 3.5 Répartition de la sensibilité aux antibiotiques

Les souches de *Salmonella* isolées des abats de volaille ont montré de la résistance à la famille de la pénicilline A [ampicilline (11,43%), amoxicilline (9,30%), amoxicilline + acide clavulanique (6,98%)]; la polymyxine (colistine (45%) et le triméthoprime-sulfaméthoxazol (9,3%). On remarque aussi une forte réduction de la sensibilité aux antibiotiques avec des souches présentant une sensibilité intermédiaires à l'ampicilline (48,57%), l'ofloxacine (11,63%), l'amoxicilline + acide clavulanique (9,3%), la céfotaxime, la ceftriaxone, amikacine respectivement (6,98%), le triméthoprime-sulfaméthoxazol (4,65%) et l'azétroname (2,33%). Tous les isolats de *Salmonella* étaient sensibles à la ceftazidime, l'acide naladixique, la ciprofloxacine et l'imipénème (figure 25).

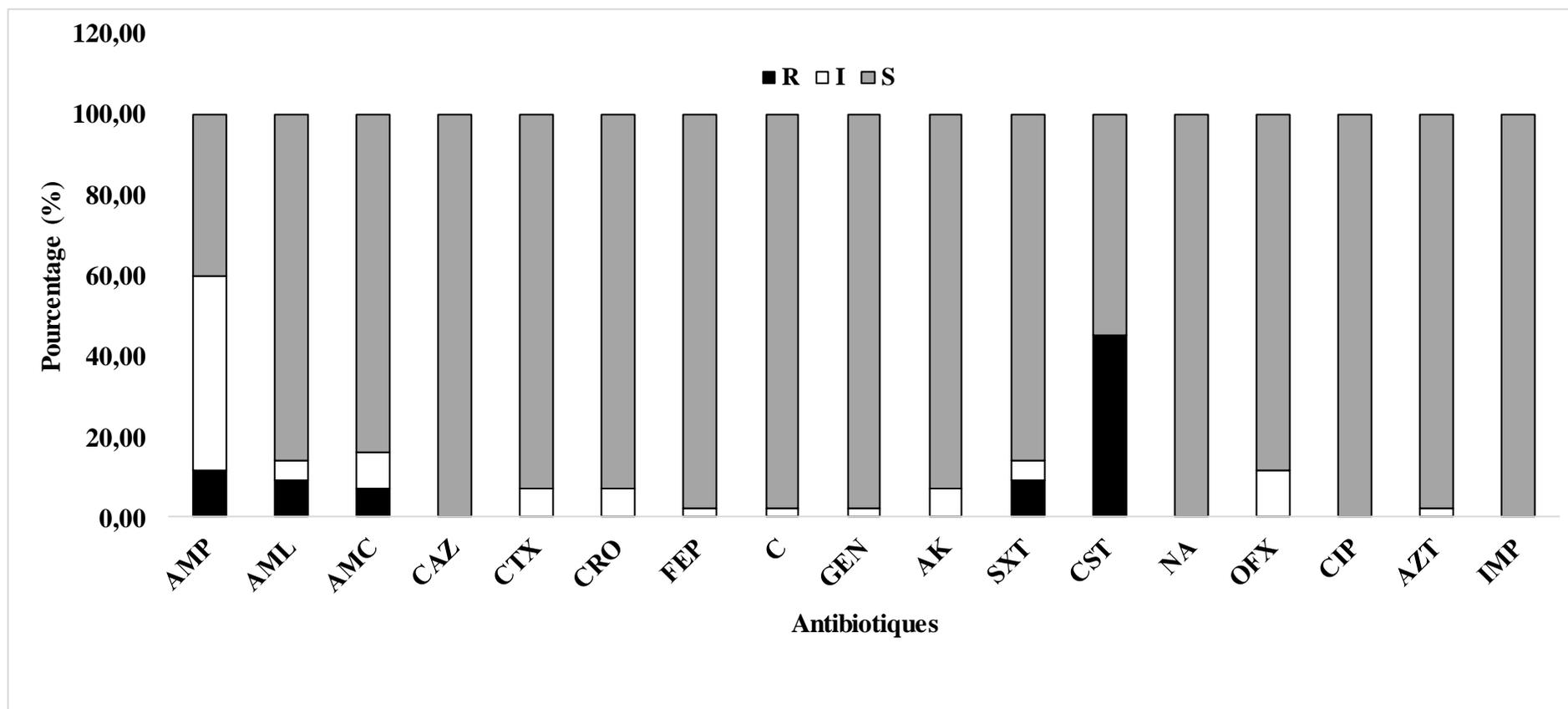


Figure 26: Fréquence de la résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées des abats de volaille.

La couleur noire correspond à la zone de résistance (R), La couleur blanche correspond à la zone de intermédiaire (I), La couleur grise correspond à la zone sensible (S).

AMP : Ampiciline ; AML : amoxicilline, AMC : amoxicilline + acide clavulanique; CAZ : ceftazidime; CTX : céfotaxime; CRO : Ceftriaxone; FEP : céfépime; CFM : céfixime; C : chloramphénicol ; GEN : gentamicine; AZT : aztréonam; AK : amikacine SXT :Triméthoprime-sulfaméthoxazole; NA : acide nalidixique; COL :colistine; CIP :ciprofloxacine; IMP : imipénème.

### **3.6 Distribution des sérotypes de *Salmonella* isolées des abats de volaille en fonction des régions et des zones de collectes**

Derby a été presque retrouvé dans toutes les régions du Niger avec (62,5%) à Niamey, (8,33%) à Gaya, (12,5%) à Agadez et (12,5%) à Tahoua et (4,1%) à Maradi, à l'exception de Zinder et Tillabéri. De même que Hato à Niamey, Tillabéri, Gaya, Maradi et Agadez. D'autres sérotypes ont été exclusifs d'une région, il s'agit de Suberu à Niamey (Wadata Août 2016), Hessarek et Kisangani à Zinder et Essen à Agadez (tableau XXI).

Tableau XXI: Distribution des sérotypes des souches de *Salmonella* isolées d'abats de la volaille en fonction des zones de collectes.

Sérotypes	Niamey		Dosso	Maradi	Zinder	Agadez	Tahoua	Tillabéri	Total
	Wadata (n=19)	Wadata (n=7)	Gaya (n=4)	(n=7)	(n=4)	(n=10)	(n=4)	(n=4)	
Derby	14(73,68)	1(14,29)	2(50)	1(14,29)	0	3(30)	3(75)	0	24
Hato	4(21,05)	0	1(25)	1(14,29)	0	1(10)	0	1(25)	8
Chester	0	4(57,14)	0	0	2(50)	0	0	0	6
Suberu	0	2(28,57)	0	0	0	0	0	0	2
Agona	0	0	1(25)	0	0	0	1(25)	1(25)	3
Hessarek	0	0	0	0	1(25)	0	0	0	1
Kisangani	0	0	0	0	1(25)	0	0	0	1
Essen	0	0	0	0	0	2(20)	0	0	2
<i>Salmonella</i> spp	1(5,26)	0	0	5(71,43)	0	4(40)	0	2 (50)	12

### **3.7 Fréquence de résistance aux antibiotiques des sérotypes de *Salmonella* isolées des abats de la volaille**

Les fréquences de résistance des sérotypes de *Salmonella* sont colligées dans le tableau XXII. Les sérotypes Derby, Chester et *Salmonella* Spp (OMA, OMB, OMC, OMD-) ont été résistants à quatre (4) antibiotiques. Derby et *Salmonella* Spp (OMA, OMB, OMC, OMD-) ont présenté le profil de résistance suivant AMP, AML, AMC, CST et Chester : AML, AMC, SXT, CST.

Hato et Hessarek ont été résistants à trois (3) antibiotiques. Hato a présenté le de résistance AMP, SXT, CST et Hessarek, le profil de résistance AMP, AML, CST. Deux sérotypes ont présenté un profil de résistance seulement à la Colistine, il s'agit Essen et Suberu.

La plupart des sérotypes ont été résistants à la colistine. Le pourcentage de résistance à la colistine était compris entre 28,57% % pour le sérotype Chester et 100 % pour les sérotype Essen et Suberu.

Tableau XXII: Fréquence de la résistance aux antibiotiques des sérotypes de *Salmonella* isolées des abats de la volaille.

Sérotypes	Antibiotiques																		
	AMP	AML	AMC	CAZ	CTX	CRO	CFM	FEP	C	GEN	AK	SXT	CST	NA	OFX	CIP	AZT	IMP	Total
Derby	3(23,08)	2(15,38)	1(7,69)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7(53,85)	0	0	0	0	0	13
Chester	0	1(14,29)	1(14,29)	0	0	0	0	0	0	0	0	3(42,86)	2(28,57)	0	0	0	0	0	7
Hato	1(16,67)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(16,67)	4(66,67)	0	0	0	0	0	6
Hessarek	1(33,33)	1(33,33)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(33,33)	0	0	0	0	0	3
Essen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(100)	0	0	0	0	0	1
Suberu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(100)	0	0	0	0	0	1
Agona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kisangani	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OMA, OMB, OMC, OMD -	3(33,33)	1(11,11)	1(11,11)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4(44,44)	0	0	0	0	0	9
ND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AMP : Ampiciline; AML: amoxicilline, AMC: amoxicilline + acide clavulanique; CAZ: ceftazidime; CTX: céfotaxime; CRO: Ceftriaxone; FEP: céfépime; CFM: céfixime;  
C: chloramphénicol; GEN: gentamicine; AZT: aztréonam; AK: amikacine ; SXT: Triméthoprim-sulfaméthoxazole; NA: acide nalidixique; COL:colistine;  
CIP :ciprofloxacine; IPM : imipénème. ;

### **3.8 Étude de la similarité des profils de résistance aux antibiotiques entre les différentes souches de *Salmonella* isolées de laitue**

Les résultats des profils antibiotiques des souches isolées de la volaille ont été soumis à une analyse CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) pour visualiser la similarité des souches. Il a permis d'individualiser six (6) groupes (figure 26):

- groupe 1: constitués de 40 souches. Elles sont caractérisées par une sensibilité à tous les antibiotiques ;
- groupe 2: constitué de 2 souches. Elles ont été caractérisées par la résistance à l'ampicilline par rapport au groupe 1 ;
- groupe 3: constitué de 2 souches. Elles diffèrent de celles du groupe 1 par la résistance à la colistine ;
- groupe 4: constitué de 4 souches qui diffèrent du groupe 3 par la résistance à l'ampicilline ; à l'amoxicilline, à l'amoxicilline + acide clavulanique et la triméthoprim-sulfaméthoxazole ;
- groupe 5 : constitués de 4 souches. Elles sont caractérisées par une résistance à la colistine ;
- groupe 6: constitué d'une seule souche. Elle caractérisés par une résistance à l'ampicilline ; à l'amoxicilline, à l'amoxicilline + acide clavulanique et la colistine.

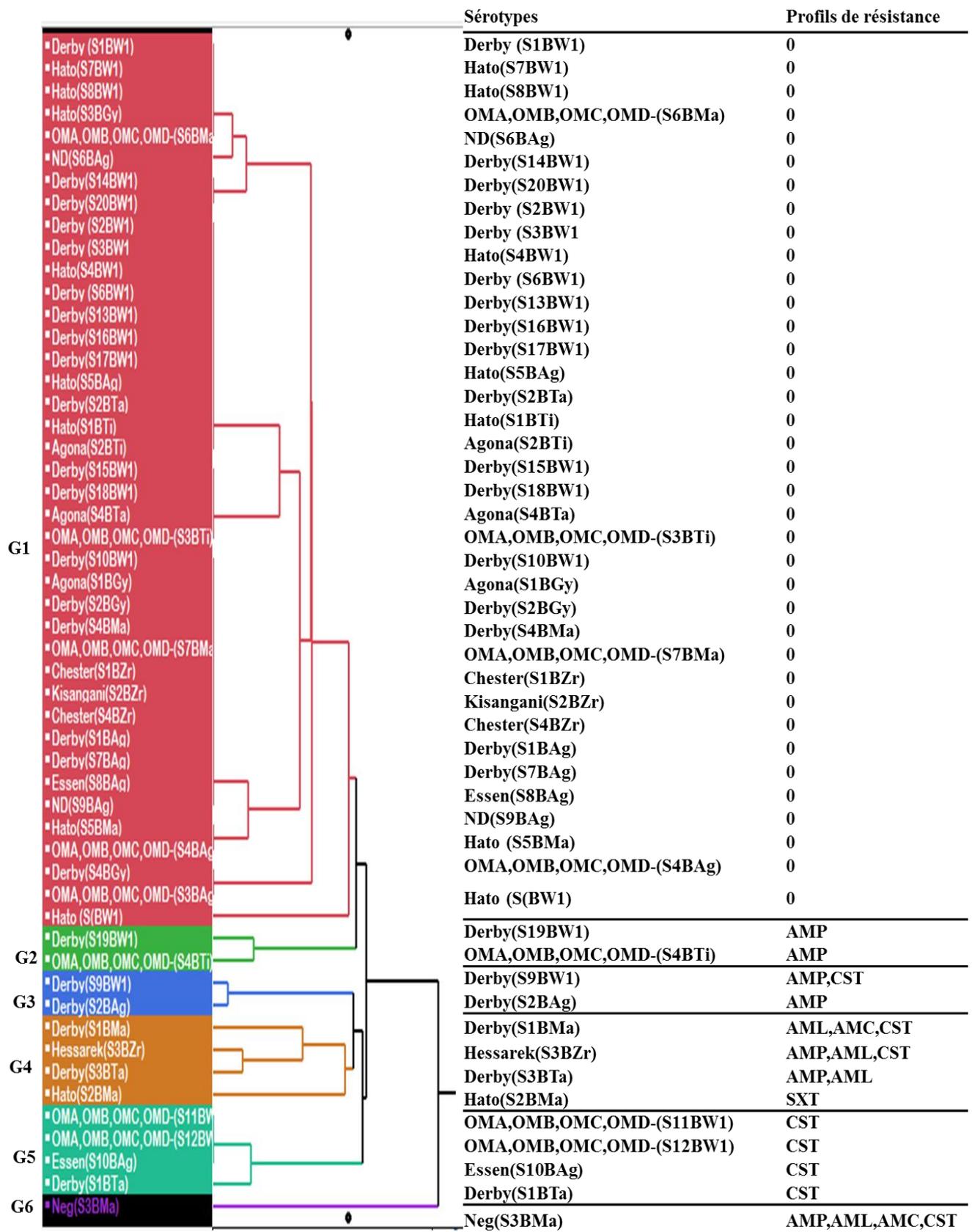


Figure 27: Similarité des sensibilités aux antibiotiques des *Salmonella* isolées de la volaille.

### 3.9 Distribution du nombre de *Salmonella* en fonction de leurs concentrations minimales inhibitrice (CMI).

La détermination de la concentration minimales inhibitrice (CMI) a montré que 100% (4/4) souches de *Salmonella* isolés de la volaille ont présenté un phénotype non sauvage vis-à-vis l'ampicilline et l'amoxicilline. 75% (3/4) des souches ont montré une résistance au seuil maximal (CMI>256mg/L) à l'amoxicilline. Aucune souches n'a montré de résistance totale vis à vis de l'ampicilline (CMI>256mg/L).

Tableau XXIII: Répartition des souches résistantes aux antibiotiques isolées de la volaille en fonction de leur concentration minimales inhibitrice (CMI).

Antibiotiques	% de souches		Résistance >CMI (mg/L)																	
	non-sauvage	résistantes	1	1,5	2	3	4	6	8	12	16	24	32	48	64	96	128	192	256	
Amoxicilline	9,30	9,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>
Ampicilline	11,43	11,43	-	-	-	-	-	-	-	<b>2</b>	-	<b>1</b>	-	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-
Cefotaxime	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceftriaxone	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gentamicine	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acide nalidixique	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciprofloxacine	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : aucun CMI relevée à la concentration correspondante. Nombre en gras: nombre de souches présentant une CMI inférieure ou égale à la plus faible concentration testée. ■ = Les zones grisées correspondent aux CMI des souches considérées non-sauvages par EUCAST. Nombre en italique : nombre de souches présentant une CMI supérieure ou égale à la plus forte concentration testée.

<https://mic.eucast.org/Eucast2/SearchController/regShowAll.jsp?Title=Salmonella%20spp.>

#### 4. Discussion

Les vendeurs de volaille (abatteurs de volaille) sont tous des hommes majoritairement âgés de moins de 30 ans avec un niveau faible d'éducation. Des résultats similaires ont été trouvés par Kagambéga au Burkina Faso : 100% d'homme de 15 à 50 ans d'âge (Kagambéga et *al.*, 2011) et Cardinal au Sénégal qui ont trouvé 100% d'homme d'âge moyenne de 38 ans (Cardinal et *al.*, 2005). Nos résultats ont montré que les travailleurs dans l'abattage de la volaille présentaient une mauvaise hygiène et un manque de connaissance en matière d'hygiène générale. Au Niger l'éviscération de la volaille et la récolte des tractus viscéraux se font manuellement d'où le risque très élevé de contamination par des *Salmonella* (MEAD, 1980). L'échaudage par immersion dans l'eau a longtemps été associé au risque de contamination par des *Salmonella*. Tous ces problèmes ont été soulevés dans d'autres études (Kagambéga et *al.*, 2011 ; Cardinal et *al.*, 2005 ; Fuzihara et *al.*, 2000). L'analyse microbiologique des abats de volaille a permis de trouver des prévalences comprises entre 20% à 69%. Des études récentes ont montré que les volailles sont des réservoirs pour *Salmonella*. Les prévalences trouvées par ces études sont respectivement 52% en côte d'ivoire (Karou 2013) ; 37% au Burkina Faso (Kagambéga et *al.*, 2011) ; 33% à Ibadan au Nigeria. Plusieurs facteurs peuvent intervenir dans la transmission des *Salmonella*. En effet, il a été démontré que les mouches (*Musca domestica L.*) sont des agents de portage et de dissémination des *Salmonella* chez la volaille et les produits d'origine aviaire. A cela, il faut ajouter une pathologie propre aux volailles appelé la salmonellose aviaire.

L'analyse biochimique effectuée sur 35 isolats de *Salmonella*, a abouti à deux (2) classes différentes entre elles essentiellement par la dégradation de l'Inositol (INO+). Le groupe 1 est constitué de 94,29 % des isolats. Cette dominance homogène métabolique que caractérise la majorité des isolats (INO+) et (INO-) de abats de la volaille traduit une stabilité génétique des *Salmonella* non hôte spécifique dans le temps et dans différents types d'échantillons identiques : Derby, Typhimurium, Enteritidis, Infantis (Holt et *al.*, 2009).

Concernant le sérotypage des *Salmonella* isolées des abats de volaille, il a été observé huit (8) sérotypes circulants. Les prédominances des sérotypes variaient entre 42,37% pour *S. Derby S.* et 1,69% pour Hessarek et pour *S. Kissangani*, chacun ; cependant 16,95% des isolats de *Salmonella spp* n'ont pas été sérotypés. Les sérotypes majeurs ont été identiques à ceux trouvés au Burkina Faso: Derby 14,57%, Chester 8,86%, Hato : 6,29% (Kagambéga et *al.*, 2013).

Contrairement à nos résultats, au Nigeria, les sérotypes les plus prédominants isolés de la volaille étaient *S. Kentucky* (16,2%), *S. Poona* (5,66%), *S. Elizabethville* (4,04%) et *Larochelle/S. Agama* (3,77%). Au Tchad, les sérotypes les plus fréquents isolés des poules pondeuses et des poulets de chaires étaient *S. Colindale* (19%) suivie de *S. Minnesota* (18%) *S. Havana* et *S. Riggil* (6% chacun), *S. Kottbus* et *S. Amager* (4,7%), *S. Idikan*, *Mississippi* et *Muenchen* (3,6%). En Algérie, les sérotypes les plus fréquents isolés à partir de viande de volaille crue et des produits avicoles étaient *S. Enteritidis* (21,24%), *S. Heidelberg* (13,04%), *S. Infantis*, *S. Ohio*, *S. Altona* (8,69% chacun). Dans cette étude aucune *Salmonella* *Enteritidis*, *Kentucky* et *Hadar* n'a été trouvée, malgré qu'ils étaient les sérotypes les plus prédominants trouvés chez la volaille en Afrique (Alio Sanda., 2017). L'étude sur les *Salmonella* responsable des infections chez l'homme au Niger, a montré que les sérotypes prédominants étaient respectivement *S. Paratyphi A*, *Paratyphi B*, *Typhimurim*, *Typhi*, *Paratyphi C*, *Poona*, *Paratyphi C*, *Bredeney*, *Chester* et *Derby* (Alio, 2018). Cela suggère que même si les abats de volaille peuvent être contaminés pendant l'éviscération, elles ne seraient pas la principale cause à l'origine des infections à *Salmonella* chez l'homme.

L'étude de la sensibilité des souches isolées des abats volaille vis-à-vis des antibiotiques a montré une activité antibactérienne variable qui n'a pas atteint (100%) avec la majorité des isolats. Kagambega et al., ont fait le même constat où la plupart des souches de *Salmonella* étaient sensibles aux 12 antibiotiques testés. Dans cette étude une résistance de 45% à la colistine a été observée. Ces résultats nécessitent d'effectuer une mesure de la CMI (E-TEST®) pour confirmer la sensibilité ou la résistance de ces souches à la colistine. Des résultats d'une étude au Brésil ont montré que la méthode de Kirby-Bauer (diffusion en milieu gélosé à partir de disques d'antibiotiques) n'est pas la plus recommandée pour évaluer la résistance à la colistine : dans leur étude, les auteurs ont trouvé 21% des souches de *S. enterica* résistantes à la colistine par la méthode de Kirby-Bauer contre 4% de résistance lorsque la CMI a été utilisée (Morales et al., 2012). D'autres études avaient décrit des mauvais résultats utilisant la méthode de diffusion sur disque pour détecter la résistance à la colistine (Boyen et al., 2010).

## **5. Conclusion partielle**

Une prévalence élevée de *Salmonella* a été identifiée dans cette étude. Le manque d'hygiène mais aussi les mauvaises pratiques dans les traitements des abats peuvent être une des sources de

contamination aux *Salmonella*. Les résultats de l'évaluation de la sensibilité aux antibiotiques ont montré une faible résistance aux antibiotiques des souches isolées de la volaille.

De ces faits, des mesures de sensibilisation et de formation sont nécessaires à l'endroit des abatteurs de volaille et des vendeurs des abats sur les problèmes de la sécurité sanitaire des aliments, d'hygiène environnementale et personnelle. Les autorités nigériennes pourraient construire des abattoirs et marchés de volaille modernes pour réduire les risques de proliférations des maladies infectieuses telles que les gastroentérites et les toxi-infections alimentaires.

**Chapitre VI: Activité bactéricide *in vitro* des composés chimiques et naturels sur des souches de *Salmonella***

### *Avant-propos*

*Les produits antibactériens peuvent être des produits inertes (désinfectants) ou biologiques (naturels). Une substance (chimique ou biologique) est efficace, lorsqu'elle est capable d'éliminer les micro-organismes en une courte période. L'eau de Javel est produit qui est largement utilisé au Niger pour la désinfection des aliments particulièrement la laitue. Nous nous proposons d'étudier son efficacité sur des souches isolées de Salmonella. D'autre part, la valorisation des plantes médicinales est une préoccupation majeure des chercheurs du Sud, car une grande partie de la population a recours largement à la médecine traditionnelle. Ce phénomène a eu un regain d'intérêt avec l'avènement de la multiresistance des bactéries aux antibiotiques et les coûts élevés des traitements. Nous nous proposons d'étudier les compositions chimiques des extraits du Combretum micranthum, Acacia nilotica et Phyllanthus pentandrus, et d'évaluer leurs propriétés antibactériennes : ces plantes sont utilisées les traitements des diarrhées chez l'homme.*

*Cette partie a fait l'objet de deux articles soumis pour de publication (voir résumé en annexe 1).*

## 1. Introduction

Les *Salmonella* présentes dans les aliments contaminés par des matières fécales sont responsables de gastroentérites. Au Niger, les prévalences des *Salmonella* isolées des aliments sont très élevées. La prévalence des *Salmonella* rapportées au Niger par plusieurs études, sont de 36,94% sur la laitue (Alio Sanda et al., 2017) et de 38,06% chez la volaille (Alio Sanda et al., 2018a). Ces études ont montré une multirésistance aux antibiotiques des souches *Salmonella* isolées chez l'homme (Alio Sanda et al., 2018b) et les aliments. Cette résistance est à la base du coût élevé de la prise en charge des traitements : pour pallier à ce coût élevé, nous avons évalué les activités bactéricides des substances couramment utilisées pour neutraliser ces germes pathogènes ou de trouver de nouvelles substances médicamenteuses. Les produits antibactériens peuvent être des produits inertes (désinfectants) ou biologiques (naturels). L'eau de Javel (*hypochlorite de sodium*) est produit qui est largement utilisé au Niger pour la désinfection des aliments particulièrement la laitue. En premier lieu, il sera procéder à l'évaluation *in vitro* de l'efficacité de l'eau de Javel sur des souches de *Salmonella*. D'autre part, les plantes médicinales représentent une source non négligeable de nouveau médicaments. Ainsi, nous avons utilisé trois plantes : *le Combretum micranthum*; *l'Acacia nilotica* et *le Phyllanthus pentandrus* sur deux souches de *Salmonella* (*Salmonella* Typhi et *Salmonella* Typhimurium) isolées chez l'homme. Des études antérieures ont montré que ces trois plantes possèdent des activités anti-diarrhéiques chez l'homme (Manzo et al., 2017a ; Saadou et al., 1993).

Le présent travail a pour objectif d'évaluer l'efficacité bactéricide de l'*hypochlorure de sodium* (Eau de Javel) à différente concentration et les propriétés antibactériennes des extraits de trois plantes sur la croissance *in-vitro* de souches de *Salmonella*.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 Activité bactéricide de l'*hypochlorite de sodium* (eau de Javel) à différentes dilutions sur trois souches de *Salmonella*

#### 2.1.1 Préparation des solutions

Deux solutions de *l'hypochlorite de sodium* vendues sur les marchés locaux du Niger ont été utilisées.

- La première solution que nous appellerons EJ1 mais nommée par le fabricant « ETOILE »

- La deuxième solution que nous nous appellerons EJ2 mais nommée par le fabricant «ASEPTIC ».

Les dilutions d'*hypochlorite de sodium* ont été préparées comme suit:

- Solution Mère (SM) ;
- $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ .

### **2.1.2 Evaluation de l'efficacité du désinfectant**

La méthode utilisée est celle préconisée par la norme AFNOR NF T 72-173 /NF EN 1276. Elle nécessite l'utilisation d'un neutralisant. Cette approche comprend plusieurs étapes.

#### **2.1.2.1-Préparation de cultures bactériennes**

Quatre souches de *Salmonella* ont été utilisées, il s'agit d'une Paratyphi A, Paratyphi B, Typhimurium, toutes isolées de l'homme et d'une Typhimurium isolées de la laitue. La culture des souches bactériennes est réalisée sur de gélose nutritive pour chaque bactérie, puis incubée à 37°C pendant 24h. Des suspensions bactériennes ont été constituées dans 10ml d'eau physiologique et bien homogénéisés. Les suspensions ont été ajustées à l'aide d'un spectrophotomètre à 620 nm pour obtenir les valeurs de densité optique DO = 0,2 - 0,3. Les suspensions doivent contenir entre  $10^6$  à  $3 \times 10^6$  bactéries/mL.

#### **2.1.2.2-Mise en contact du désinfectant avec l'inoculum**

Un (1) ml de la suspension bactérienne ( $10^6$  à  $3 \times 10^6$  bactéries/ml) est ajouté dans des tubes contenant chacun 1ml différents dilutions du désinfectant [Solution Mère (SM) ;  $10^{-1}$  ;  $10^{-2}$  ;  $10^{-3}$  ;  $10^{-4}$ ].

Le contenu est ensuite agité et maintenu pendant 5 minutes à température ambiante.

#### **2.1.2.3-Annulation de l'activité du produit à l'issue du temps de contact**

Après 5 minutes, on ajoute à la composition (suspension bactérienne + désinfectant), 8 ml de neutralisant constitué de lécithine et du Tween 80. Tous les tubes sont agités et maintenus pendant 10 minutes à température ambiante.

#### **2.1.2.4-Mise en culture des germes survivants par culture sur milieu approprié**

Un (1) ml de chaque tube est ensuiteensemencé sur le milieu *Salmonella-Shigella* (SS) ou le milieu XLD et incubé pendant 48h à 37°C. Les boîtes de Pétri contenant des colonies suspectes des *Salmonella* ont été prises en considération.

### **2.2 Évaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne des extraits de trois plantes (*Combretum micranthum*; *Acacia nilotica* et *Phyllanthus pentandrus*) sur des souches de *Salmonella*.**

#### **2.2.1 Matériel végétal**

Le matériel végétal était constitué de feuilles fraîches de *Combretum micranthum*; d'*Acacia nilotica* et de *Phyllanthus pentandrus*. Ces feuilles ont été récoltées dans le jardin botanique de la faculté des sciences de l'université Abdou Moumouni de Niamey en Août 2016. Le matériel végétal a été ensuite découpé puis séché à l'ombre et à température ambiante pendant 14 jours. Enfin, les feuilles sèches ont été écrasées au broyeur pour obtenir une poudre fine.

#### **2.2.2 Souches bactériennes**

Les souches bactériennes utilisées (*S. Typhi* et *S. Typhimurium*) étaient des isolats cliniques de *Salmonella* provenant de selles humaines. Ces souches étaient disponibles au Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel (GeVaBioS) de la Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Université Abdou Moumouni.

#### **2.2.3 Préparation des extraits aqueux et alcooliques**

Cinquante grammes (50g) de poudre de la plante ont été extraits avec 500 ml d'éthanol à 95° durant 24 heures sous agitation. Les filtrats ont été évaporés à sec sous vide. Pour l'extrait aqueux, 50g de poudre ont été extraits dans 500 ml d'eau distillée, pendant 24 heures. Les filtrats ont été évaporés, congelés et lyophilisés. Après la pesée et le calcul du rendement, les deux extraits ont été conservés à -20°C jusqu'à utilisation.

#### **2.2.4 Screening photochimique**

Les grandes familles de métabolites secondaires ont été recherchées dans la plante suivant les méthodes classiques de caractérisation. Les tanins et polyphénols ont été identifiés par le test au

FeCl<sub>3</sub>, (Karumi et *al.*, 2004), les flavonoïdes par la réaction à la cyanidine (Zhishen et *al.*, 1999), les saponosides par le test de mousse (Bruneton, 1993 ; Dohou, 2003), les quinones par le test de Bornträger (Pieroza, 2009), les triterpènes et les stéroïdes par le test de Liebermann-Burchard (Bekro et *al.*, 2007) et enfin les alcaloïdes par les tests de Mayer, Dragendorf et Wagner (Adebayo et *al.*, 2008).

## **2.2.5 Étude de l'activité antibactérienne**

### **2.2.5.1-Préparation des disques.**

Les poudres de *Combretum micranthum*, d'*Acacia nilotica* et de *Phyllanthus pentandrus* ont été reprises dans de l'eau distillée à raison de 2000 mg pour 1 ml. Les extraits alcooliques n'étant pas complètement soluble dans l'eau, 2000 mg de poudre de chaque plante ont été d'abord solubilisés dans 0,5 ml de diméthylsulfoxyde (DMSO) avant d'y ajouter 0,5 ml d'eau distillée : des solutions mères concentrées à 2000 mg/ml ont été ainsi préparées.

Par la suite plusieurs dilutions ont été préparées à partir de ces solutions mères (1000mg/ml, 500mg/ml, 200mg/ml).

Des disques de papier buvard de 6 mm de diamètre sont imprégnés avec 20 µL de chaque solution. Des disques imprégnés d'Éthylène Diamine Tétra-Acétique (EDTA) sont utilisés comme témoins négatifs. Des disques d'amoxicilline (5µg) ont été également utilisés comme antibiotique de référence.

### **2.2.5.2-Méthode de diffusion en milieu gélosé.**

L'activité antibactérienne des différents extraits végétaux a été évaluée par la méthode de diffusion en milieu gélosé telle que décrite par Bauer (Bauer et *al.*, 1966). Les disques imprégnés des différents extraits sont déposés à la surface de la gélose préalablement ensemencées de suspension bactérienne sur des boîtes de Pétri contenant la gélose Mueller-Hinton. Les boîtes de pétri sont incubées à 37°C à l'étuve pendant 24h. L'activité antibactérienne est déterminée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque.

## **2.3 Analyse statistique**

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus ont été traités grâce au logiciel Microsoft Excel 2013: Link et XLStat avec le degré de signification statistique des différences à 5%.

### 3. Résultats

#### 3.1 Activité bactéricide de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) à différentes dilutions sur trois souches de *Salmonella*

##### 3.1.1 Activité bactéricide de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel)

Selon les figures 27 et 28, toutes les souches ont été résistantes à l'Eau de Javel. Cependant Paratyphi A isolée chez l'homme a été plus résistante à l'eau de Javel suivi de Typhimurium isolée chez l'homme et Typhimurim isolée de laitue a été plus sensible que les aux autres. Les souches isolées chez l'homme ont été plus résistantes à l'eau de Javel. L'eau de Javel (EJ1) a été plus efficace et quel que soit la souche.

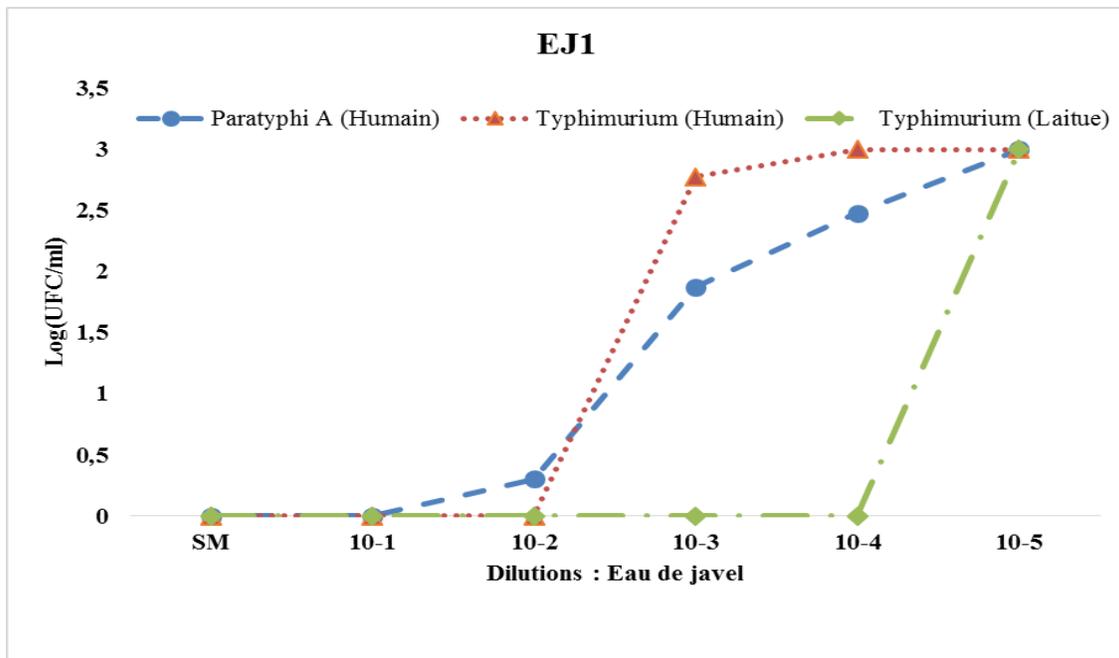


Figure 28: Activité de l'eau de Javel « ETOILE » (EJ1) à différentes concentrations sur trois souches de *Salmonella*.

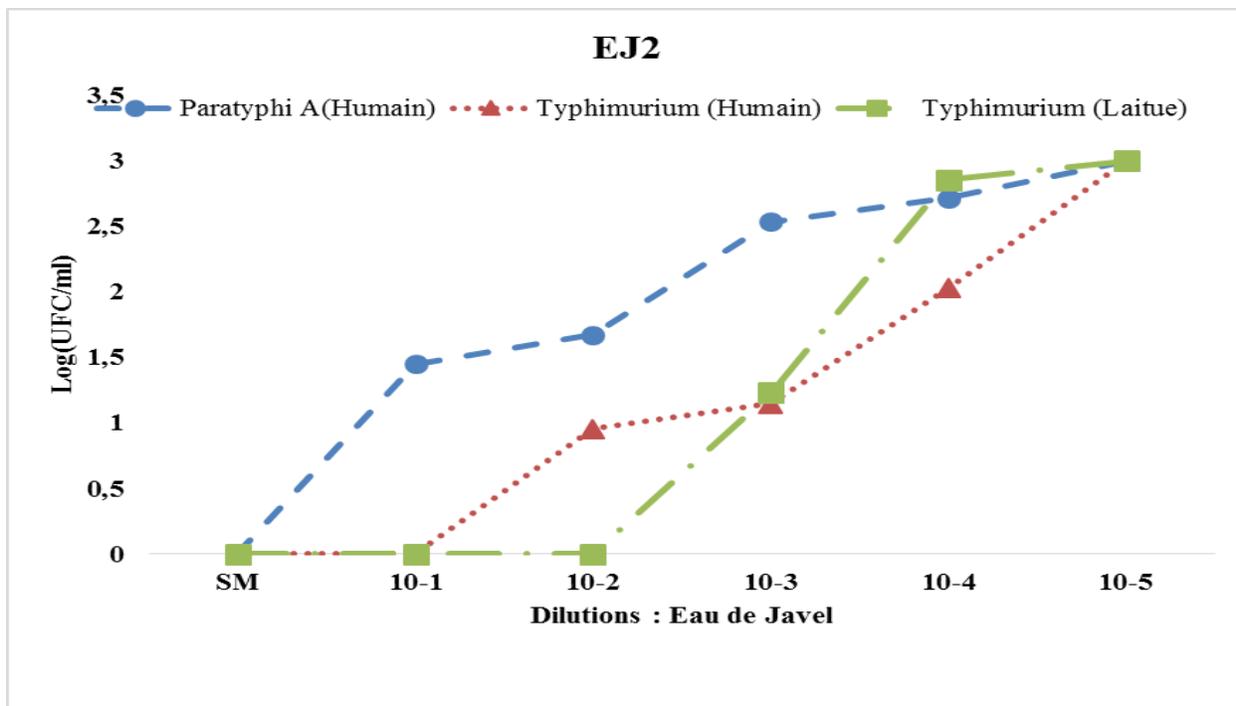


Figure 29: Activité de l'hypochlorite de sodium « ASEPTIC » (EJ2) à différentes concentrations sur trois souches de *Salmonella*.

### 3.1.2 Détermination de la réduction logarithmique par le désinfectant

Selon la norme AFNOR NF T72\_150, 1995, toute concentration de désinfectant ou de bactéricide, devrait réduire au minimum  $10^5$  la concentration bactérienne initiale. D'où la formule  $\text{Log}(N10^6) - \text{log}(n) > 5$ .

N : concentration de la suspension bactérienne testée

n : nombre de colonies comptées après l'effet de chaque dilution de désinfectant.

Le tableau XXIV montre qu'il y a eu une réduction logarithmique de la souche de *Salmonella* Paratyphi A Humaine (5,70) à la dilution  $10^{-2}$  avec EJ1, ainsi que la souche Paratyphi A Humaine (5,56) à la dilution  $10^{-1}$  et Typhimurim humaine (5,05) à la dilution  $10^{-2}$  avec EJ2. Par contre la concentration d'utilisation d'Eau de Javel pour le rinçage des aliments crus est 30ml dans 50l soit  $3/5000 : 610^{-3}$ . Donc à la concentration  $10^{-3}$  d'utilisation de l'eau de Javel, il n'y a pas eu de réduction logarithmique des souches de *Salmonella* Paratyphi A Humain, Typhimurim Humain avec EJ1 et Paratyphi A Humaine avec EJ2. L'efficacité du désinfectant peut être influencée par plusieurs facteurs. Le mauvais entreposage qui entraîne les variations du pH.

Tableau XXIV: Activité bactericide de l'hypochlorite de sodium à différentes concentrations sur trois souches de *Salmonella*.

Eau de Javel	Sérotypes	SM	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>
EJ1	Paratyphi A (Humain)	-	-	<b>5,70</b>	3,12	1,52	1
	Typhimurium (Humain)	-	-	-	2,22	1	0
	Typhimurium (Laitue)	-	-	-	-	-	0
EJ2	Paratyphi A (Humain)	-	<b>5,56</b>	4,33	2,46	1,28	0
	Typhimurium (humain)	-	-	<b>5,04</b>	3,85	1,97	0
	Typhimurium (Laitue)	-	-	-	3,77	1,15	0

- : aucune souche n'a poussé à la concentration soumise. 0 équivalant à  $N=n, \text{Log}(N) - \log(n)=0$ .

### 3.2 Évaluation in vitro de l'activité antibactérienne des extraits de trois plantes (*Combretum micranthum*; *Acacia nilotica* et *Phyllanthus pentandrus*) sur des souches de *Salmonella*.

#### 3.2.1 Rendements des extractions

Pour ce qui est des rendements, les extractions à l'éthanol ont donné le meilleur rendement contre l'extrait aqueux et l'extrait au chloroforme (figure 29).

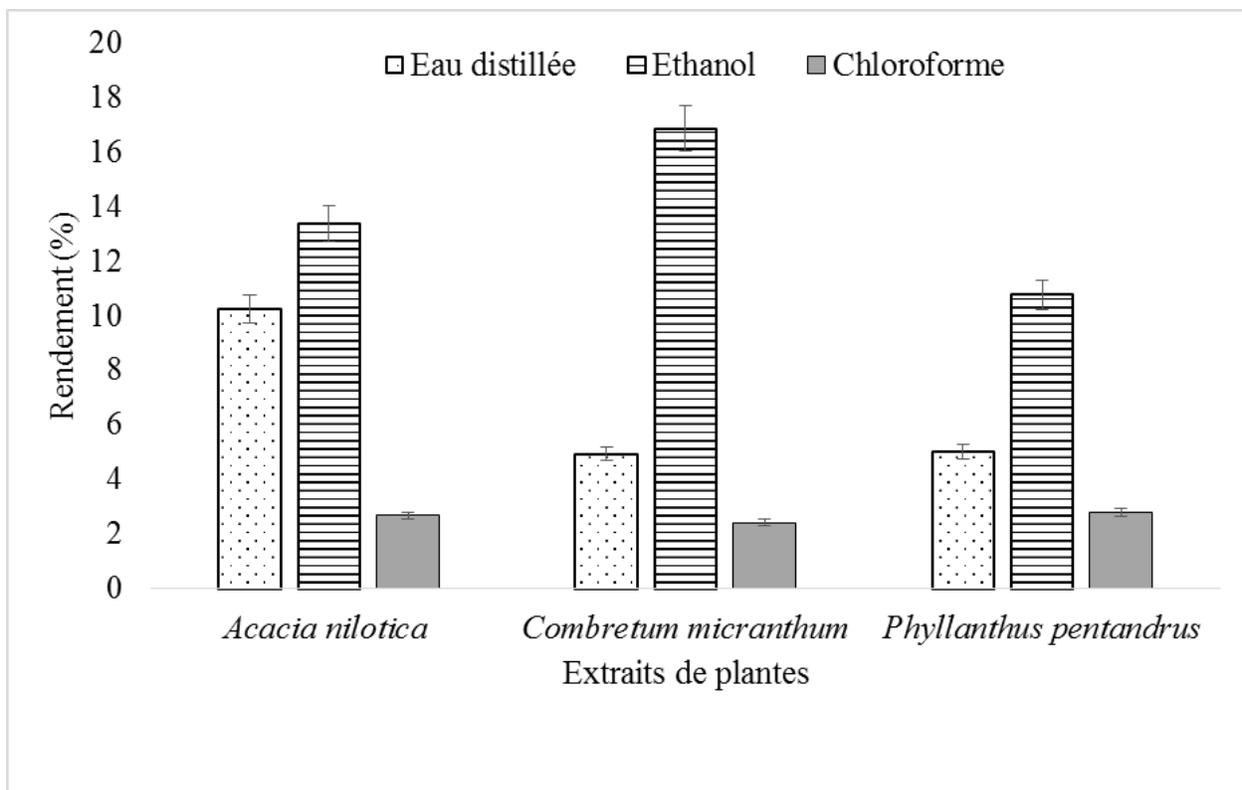


Figure 30: Comparaison des rendements des extraits des trois plantes *Acacia nilotica*, *Combretum micranthum* et *Phyllanthus pentandrus*.

### 3.2.2 Screening photochimique

Les résultats de l'analyse phytochimique des plantes ont été décrits dans le tableau 25. Ils révèlent la présence des composés tels que les alcaloïdes, les saponosides, les tanins, les anthraquinones, les stérols et triterpènes. Les tanins ont été révélés dans toutes les trois plantes. Les anthraquinones libres (O-hétérosides à genines réduites) et les saponosides ont été révélés seulement dans *le Combretum micranthum* et *Phyllanthus pentandrus*.

Tableau XXV: Métabolites secondaires identifiés dans les extraits des trois plantes *Acacia nilotica*, *Combretum micranthum* et *Phyllanthus pentandrus*.

		<i>Combretum micranthum</i>	<i>Acacia nilotica</i>	<i>Phyllanthus pentandrus</i>
Alcaloïdes	Réactif de Mayer	+++	-	-
	Réactif de Dragendorf	+++	-	-
	Réactif de Wagner	+++	-	-
	Résultat	+++	-	-
Saponoside	+++	-	+	
Tanin	Catéchiques	++	+++	++
	Galliques	+	++	+
Flavonoïdes		-	-	-
Anthraquinones libres		+++	+	-
	O-hétérosides	+++	-	-
	C-hétérosides	++	-	+++
	O-hétérosides à genines réduite	+	-	++
Stérols et triterpènes	+++	+++	-	

+ : présence, ++: abondant; +++ très abondant; -: absence

### 3.2.3 Test de sensibilité sur les souches bactériennes des extraits végétaux

Les résultats des tests préliminaires des activités antibactériennes sont présentés dans le tableau XXVI. Il apparaît que l'extrait éthanolique du *Phyllanthus pentandrus* a une bonne activité inhibitrice à différentes concentrations testées sur les souches bactériennes avec des diamètres de 10mm, 15mm et 18mm sur *S. Typhimurium* aux concentrations respectives de 500mg/ml, 1000mg/ml et 2000mg/ml et l'extrait aqueux du *Phyllanthus pentandrus* avec un diamètres de 11mm sur *S. Typhi* à la concentration de 2000mg/ml (figure 34) .

L'extrait chloroformique du *Combretum micranthum* a aussi une bonne activité inhibitrice à différentes concentrations testées sur les souches bactériennes avec des diamètres de 12mm à 13mm sur *S. Typhi* aux concentrations respectives de 500mm/ml, 1000mg/ml et 2000mg/ml. Par contre, une faible sensibilité a été observée avec les mêmes souches avec des diamètres

d'inhibition de 7 mm à 9 mm à ces mêmes concentrations. Les extraits des feuilles d'*Acacia nilotica* n'ont montré aucun effet sur les deux souches testés.

Tableau XXVI: Diamètres des zones d'inhibitions induites par les différentes concentrations des extraits des trois plantes.

Plantes	Extraits	Souches testés	Zones d'inhibition des antibactériens (millimètres)				Témoin positif Amoxicilline (30µg/ml)	Témoin négatif (EDTA 5%)
			2000mg/ml	1000mg/ml	500mg/ml	200mg/ml		
<i>Combretum micranthum</i>	Eau distillée	S. Typhi	0	0	0	0	32	0
		S. Typhimurium	0	0	0	0	32	0
	Ethanol	S. Typhi	9	9	8	0	30	0
		S. Typhimurium	ND	ND	8	7	32	0
	Chloroforme	S. Typhi	ND	13	13	12	32	0
		S. Typhimurium	ND	9	0	0	32	0
<i>Phyllanthus pentandrus</i>	Eau distillée	S. Typhi	11	8	7	0	32	0
		S. Typhimurium	9	8	7	7	32	0
	Ethanol	S. Typhi	7	7	7	7	31	0
		S. Typhimurium	18	15	10	0	33	0
	Chloroforme	S. Typhi	ND	ND	ND	ND	32	0
		S. Typhimurium	ND	ND	ND	ND	32	0
<i>Acacia nilotica</i>	Eau distillée	S. Typhi	0	0	0	0	32	0
		S. Typhimurium	0	0	0	0	32	0
	Ethanol	S. Typhi	0	0	0	0	30	0
		S. Typhimurium	0	0	0	0	32	0
	Chloroforme	S. Typhi	0	0	0	0	32	0
		S. Typhimurium	0	0	0	0	33	0

ND : Non déterminé ; Témoin positif : Amoxicilline (30µg/ml) ; Témoin négatif= Disque imprègne d'EDTA 5%

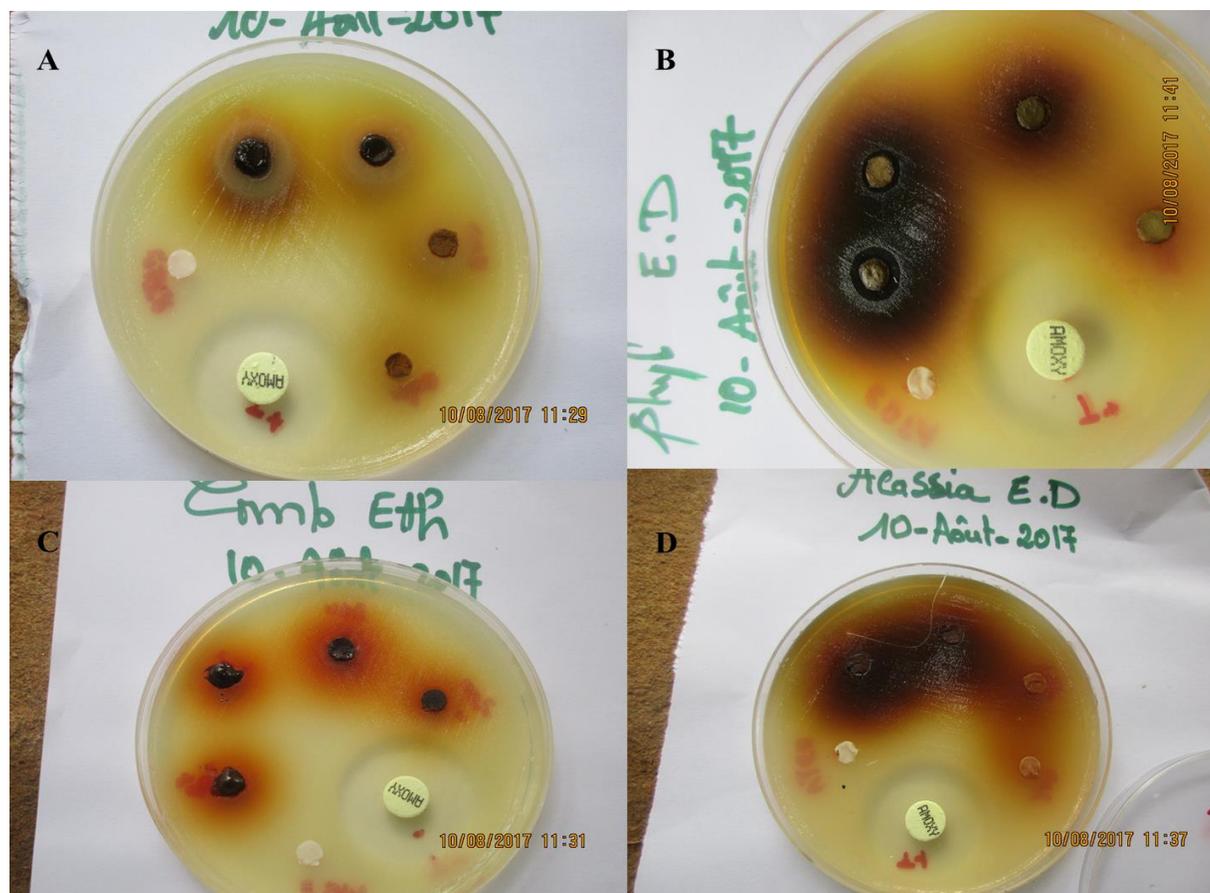


Figure 31: Photos montrant l'activité antimicrobienne de *Combretum micranthum*, d'*Acacia nilotica* et de *Phyllanthus pentandrus* par la méthode de diffusion en milieu gélosé.

**A** : Extrait éthanolique de *Phyllanthus pentandrus* sur *S. Typhi* ; **B** : Extrait aqueux de *Phyllanthus pentandrus* sur *S. Typhimurium* ; **C** : Extrait éthanolique du *Combretum micranthum* sur *S. Typhi* ; **D**: Extrait aqueux d'*Acacia nilotica* sur *S. Typhi*. (Photo ALIO, 2017)

#### 4. Discussion

Nos résultats ont montré que les souches de *Salmonella* sont résistantes à l'Eau de Javel. Surtout le sérotype *S. Paratyphi A* et *S. Typhimurium* isolée chez l'homme. L'analyse de la réduction des germes par le désinfectant montre qu'il y a eu une réduction logarithmique de la souche de *Paratyphi A* humaine (5,70) à la dilution  $10^{-2}$  avec EJ1, ainsi que les souches *S. Paratyphi A* humaine (5,56) à  $10^{-1}$  et *S. Typhimurim* humaine (5,05) à la dilution  $10^{-2}$ . La concentration d'utilisation d'Eau de Javel pour le rinçage des aliments crus est 30ml dans 50l soit une dilution de  $6 \cdot 10^{-3}$  (Muranyi-Kovacs et al., 1993). Donc à la concentration d'utilisation de l'Eau de Javel à  $10^{-3}$ , il n'y a pas eu de réduction logarithmique les souches *S. Paratyphi A*, *S. Typhimurim* humaines avec EJ1 et *S. Paratyphi A* humaine avec EJ2. Des résultats analogues ont montré une efficacité faible de l'hypochlorite de sodium exposé pendant 20 min sur des *S. Typhimurium* (5,25 log UFC/g) présentent sur des filets de *Tilapia nilotica* (Elsaid, et al., 2017). D'autres études ont démontré la résistance *in vitro* des bactéries Gram négatives vis-vis des désinfectants (Bouaziz et al., 2016). L'eau de Javel (EJ1) a été plus efficace et quel que soit la souche. Ainsi avec les agents désinfectants chlorés, la réduction des concentrations microbiennes peut varier en fonction de la sensibilité des organismes d'essai, du temps de contact, de la méthode de traitement, de la présence de résidus ou débris organiques et de la texture de la surface à désinfecter. La présence de résidus organiques, les textures irrégulières et les surfaces poreuses réduisent l'efficacité antimicrobienne de l'eau électrolysée oxydante (Jongen W. 2005).

L'étude du potentiel antibactérien de trois plantes (*Combretum micranthum*; *Acacia nilotica* et *Phyllanthus pentandrus*) a montré que le rendement de l'extraction à l'éthanol a été meilleur par rapport à l'extraction aqueuse et à l'extraction au chloroforme. Plusieurs études ont montré que les solvants organiques étaient les meilleurs réactifs pour l'extraction des substances antimicrobiennes (Manzo et al., 2017 ; Azmir et al., 2013 ; Sasidharan et al., 2011).

Les résultats du screening photochimique ont révélé la présence des tanins dans toutes les trois plantes. Les C-hétérosides, les O-hétérosides à genines réduite et les saponosides ont été les substances révélées en commun chez le *Combretum micranthum* et le *Phyllanthus pentandrus*. Ces deux dernières plantes sont celles qui ont présenté des activités antibactériennes sur les souches de *Salmonella*. L'activité antimicrobienne de plusieurs molécules appartenant à ces différents groupes a par ailleurs déjà été signalée par plusieurs auteurs (Bruneton, 1999 ; Cowan, 1999). La présence de plusieurs de ces groupes chimiques est en accord avec les travaux

effectués par d'autres auteurs, en occurrence les travaux de Udoh au Nigeria (Udoh et *al.*, 2012) qui a trouvé la présence des terpénoïdes, des flavonoïdes, des tannins, des alcaloïdes, des saponines et des substances de quinone dans les extraits de *Combretum micranthum*. Les classes de métabolites secondaires révélés chez le *Phyllanthus pentandrus* ont souvent été trouvées dans plusieurs autres espèces de *Phyllanthus* et ont également été associées aux activités antimicrobiennes (Aarthi et *al.*, 2017 ; Njoroge et *al.*, 2012 ; Komuraiah et *al.*, 2009). Les flavonoïdes, les triterpénoïdes et les tanins ainsi que d'autres composés de nature phénolique ou groupes hydroxyle libres, sont classés comme composés antibiotiques très actifs (Rojas et *al.*, 1992 ; Marjorie, 1999).

Les résultats de l'activité antibactérienne montrent que les extraits de *Phyllanthus pentandrus* et de *Combretum micranthum* ont présenté une activité antibactérienne. Les extraits éthanoliques se sont avérés plus efficace sur les bactéries. Avec la méthode de diffusion sur gélose, un extrait de plante testé est considéré comme efficace lorsqu'il induit une zone d'inhibition supérieure ou égale à 10mm. L'extrait éthanolique du *Phyllanthus pentandrus* a montré une activité antibactérienne contre les Souches de *Salmonella* Typhi et Typhimurium. Nos résultats sont corroborés par ceux trouvés par Aliero au Nigeria (Aliero et *al.*, 2010) et Kwaji au Nigeria (Kwaji et *al.*, 2015).

## **5. Conclusion partielle**

Dans cette étude préliminaire, nous avons trouvé que les souches de *Salmonella* Paratyphi A et Typhimurium isolées chez l'homme ont été plus résistantes à l'Eau de Javel. Les souches isolées de la laitue étaient plus sensibles. Il sera intéressant d'étendre cette étude sur toutes les souches isolées chez l'homme et les aliments et sur plusieurs gammes de détergeant utilisés comme désinfectant au Niger. Quant à l'activité antibactérienne des extraits des plantes, il a été mis en évidence les propriétés antibactériennes des extraits de deux plantes (*Combretum micranthum* et *Phyllanthus pentandrus*) sur les trois plantes étudiées. Les résultats obtenus révèlent la présence des principes actifs antibactériens dans ces plantes. Ces résultats justifient certains usages ethnopharmacologiques décrits de ces plantes. Il serait par conséquent intéressant de déterminer la concentration minimale inhibitrice de ces principes actifs, d'analyser la constitution de ces derniers et d'étudier leurs toxicités.

## CONCLUSION GENERALE

Ces travaux dans un premier temps, à travers une synthèse des études sur les *Salmonella*, ont permis d'avoir une meilleure compréhension de la distribution et de la prévalence des *Salmonella* en Afrique. La prévalence des *Salmonella* est élevée quel que soit l'hôte. Le germe *Salmonella* présente une grande diversité d'un hôte à l'autre. En Afrique, les sérotypes les plus fréquents retrouvés chez l'homme étaient *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* et *S. Typhi*. Chez la volaille, le sérotype prédominant était *S. Hadar*. Cette étude a été une base de référence pour nos recherches épidémiologiques de la diversité des *Salmonella* au Niger.

L'étude réalisée au Niger, nous a permis de faire un état de lieu sur la prévalence de *Salmonella*. Les méthodes d'investigation utilisées ont permis de mieux comprendre l'épidémiologie de cette bactérie, en prenant en considération le maximum de facteurs responsables de sa contamination aux humains. Ainsi, la prévalence des *Salmonella* isolées dans la laitue et dans la volaille est très élevée, ce qui entraîne un très grand risque de contamination humaine.

Cette étude menée de manière comparative entre les souches de *Salmonella* isolées de la laitue et de la volaille, aliments principaux vecteurs des salmonelloses humaines a combiné différentes techniques de caractérisation phénotypique afin d'apprécier la diversité et l'évolution de cette bactérie au Niger.

Sur le plan biochimique, les *Salmonella* isolées de la laitue et de la volaille ont montré une faible diversité par rapport aux souches isolées chez l'homme. Les souches d'origine humaine ont montré des caractères biochimiques de métabolisme ou non de l'inositol et du saccharose probablement liés indirectement au mécanisme invasif des *Salmonella*. Ce qui prouve l'impact de la pression environnementale et du processus d'adaptation aux niches écologiques de cette bactérie.

L'analyse de la diversité sérotypique, a montré que les *Salmonella* du sérotype Typhimurim prédominant au niveau de la laitue, constitue le troisième sérotype isolé chez l'homme. Huit sérotypes étaient communs à l'homme et la laitue notamment Typhimurium, Paratyphi A, Paratyphi B, Paratyphi C, Poona, Chester, Derby et Marseille. Par contre seulement deux sérotypes (Derby et Chester) étaient communs à l'homme et la volaille. Ces résultats permettent d'appuyer l'hypothèse selon laquelle le réservoir majeur de la contamination humaine est l'environnement au travers de la laitue.

L'étude de la sensibilité aux antibiotiques a montré des profils et des mécanismes de résistance touchant la majorité des classes d'antibiotiques testés chez l'homme. Cette situation serait liée à l'automédication et à l'utilisation inappropriée des médicaments avec des antibiothérapies inadaptées (posologie et durée). Les isolats de la laitue ont des taux élevés de souches présentant des profils intermédiaires aux antibiotiques. Ce qui démontre une émergence de la résistance aux antibiotiques. Par contre les isolats de la volaille se sont montrés plus sensibles aux antibiotiques à l'exception des pénicillines (ampicilline, amoxicilline, et amoxicilline + acide clavulanique), du triméthoprime-sulfaméthoxazole et de la colistine. Cependant, la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) de la colistine est nécessaire pour les salmonelles isolées de la volaille.

Les résultats de l'étude de l'activité bactéricide de l'hypochlorite de sodium (Eau de Javel) sur des souches de *Salmonella* ont montré que dans les conditions expérimentales à la concentration d'utilisation pour le rinçage des aliments crus soit une dilution de  $610^{-3}$ , les solutions étudiées n'ont montré pas d'efficacité antimicrobienne sur tous les souches de *Salmonella* testées. Cependant des études *in vitro* et *in vivo* sont nécessaires pour vérifier l'efficacité de l'hypochlorite de sodium sur *Salmonella* isolées chez l'homme et les aliments.

Les résultats de cette étude ont montré que les différents extraits de *Combretum micranthum* et le *Phyllanthus pentandrus* testés ont une activité antibactérienne sur les souches de *Salmonella* étudiées. Cette action bactéricide observée est dose-dépendante car elle est liée à l'augmentation des concentrations de l'extrait étudié. Au regard de ces performances révélées par l'évaluation *in vitro* des différents extraits de *Combretum micranthum* et de *Phyllanthus pentandrus*, d'autres axes de recherche peuvent prendre en compte la réalisation des tests *in vivo* et plus tard des essais sur l'isolement des principes actifs dans la perspective de la mise au point d'une thérapeutique alternative adaptée au milieu réel.

L'étude a permis de montrer qu'il existe de potentiels facteurs de risque de contamination au *Salmonella* liés à la consommation de la laitue et des abats de volaille. Les *Salmonella* isolées chez l'homme ont montré une forte résistance aux antibactériens de même que ceux isolées de la laitue présente une forte réduction de la sensibilité aux antibactériens.

## **RECOMMANDATIONS**

Eu égard à ces résultats, il nous paraît important de faire à l'endroit des autorités, des vendeurs et des consommateurs de ces produits et de la communauté scientifique, quelques recommandations.

### **A Monsieur, le Ministre de la santé**

- Assurer une formation continue des agents de santé prescripteurs d'antibiotiques ;
- Sensibiliser la population sur l'automédication face aux antibiotiques en expliquant la différence entre antibiotique et d'autres médicaments ;
- Financer des études dans le cadre d'un contrôle permanent de l'antibiothérapie.

### **A Monsieur, le Ministre de l'agriculture et de l'élevage**

- Mettre en place un dispositif de surveillance et contrôle de la qualité des productions de la laitue et de volaille afin de réduire le risque des infections aux consommateurs ;
  - Éduquer et sensibiliser les producteurs de laitue et les vendeurs de la volaille sur des mesures d'hygiène pour réduire la prévalence des *Salmonella* et les risques de santé pour les consommateurs ;
  - Construire des abattoirs et des marchés de volaille modernes pour réduire les risques de proliférations des maladies infectieuses ;
  - Élabore et mette en œuvre des mesures et des politiques globales d'utilisation des antibactériens.
- Financer des études dans le cadre d'un contrôle permanent de l'antibiothérapie dans l'élevage.

### **A Monsieur, le Ministre de l'enseignement supérieur de la recherche et de l'innovation**

- Assurer le développement d'une stratégie nationale de recherche sur l'antibiorésistance ;
- Utiliser les informations disponibles sur les tests de sensibilité aux antibactériens. Les informations de ces études peuvent aider dans la sélection des antimicrobiens et autres traitements efficaces ;
- Effectuer le génotypage sur les différentes souches pour déterminer la similitude entre ces souches identifiées chez l'homme, la laitue et la volaille au Niger ;
- Ouvrir une banque de données sur les *Salmonella* peut aider à préserver les sérotypes actuels, les mêmes souches pourront être étudiées dans le future ;

### **Au Président de la ligue des consommateurs du Niger**

- Sensibiliser les consommateurs sur les principaux risques et dangers de l'automédication ;
- Connaître et appliquer les mesures de sécurité sanitaire des aliments, d'hygiène environnementale et personnelle ;
- Réfrigérer à 4°C, les produits (laitiers et abats) invendus ou achetés pour minimiser la croissance bactérienne ;
- Utiliser des méthodes de désinfections adéquates (Doses et temps de contact) des aliments pour efficacement éliminer les germes pathogènes.
- Vendre leurs produits dans des récipients propres et désinfectés à chaque vente.

## PERSPECTIVES

✓ Cette étude devra se poursuivre en analysant la diversité sur le plan moléculaire des souches de *Salmonella* collectées dans cette étude afin :

- Déterminer les liens phylogénétiques des isolats caractérisés phénotypiquement à travers des outils de typage moléculaire ;
- Evaluer l'association de la variabilité phénotypique et moléculaire des souches de différentes origines.

A cet effet, des techniques de typage moléculaire par amplification des séquences d'ADN des gènes codant (MLVA, ERIC, MLST...) peuvent être utilisées. Ce sont des outils taxonomiques qui permettent d'identifier et de classer les bactéries du genre à travers l'espèce et parfois jusqu'à la sous-espèce.

✓ L'acquisition de données complètes sur la résistance bactérienne aux antibiotiques constitue une pierre angulaire pour élaborer une stratégie de contrôle de la résistance antimicrobienne au Niger. Ainsi il est nécessaire :

- Identifier les supports génétiques de la virulence et de la résistance aux antibiotiques des souches collectées ;
- Déterminer les mécanismes génétiques associés aux phénotypes des résistances aux antibiotiques des souches collectées ;
- Evaluer la caractérisation phénotypique et génotypique des bêta-lactamases à spectre élargi (BLSE) chez les *Salmonella*.

✓ L'étude pourra aussi être élargie à d'autres aliments vecteurs des *Salmonella* largement consommés au Niger en l'occurrence la volaille surgelée importée mais aussi les mouches qui sont de grands vecteurs des germes pathogènes.

✓ Dans cette étude, les salmonelloses ont été plus fréquentes chez les enfants de moins de 5 ans, il est judicieux d'approfondir ces résultats dans le but de comprendre plus spécifiquement l'aspect épidémiologique de ces infections.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abakpaa, G.O., Umoha V.J., Ameha J.B., Yakubua S.E., Kwaga J.K.P., S. Kamaruzamanc (2013)** : Diversity and antimicrobial resistance of *Salmonella* enterica isolated from fresh produce and environmental samples. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. Vol 3: pp 38–46

**Abbassi-Ghozzi, A., Jaouani, Aissa R.B., Martinez-Urtaza J. (2012)** : Antimicrobial resistance and molecular analysis of nontyphoidal *Salmonella* isolates from human in Tunisia. Pathologies Biologie. Vol 59, (4): pp 207-212. Doi: 10.1016/j.patbio.2010.06.001.

**Abdellah, E. A., Fouzia, R. Fi., Najiya, A., Ilham, N., Bouchra, O., Aboulkacem, Adil, E., Derouich, A., Bouchrif, B., (2014)** : Prevalence, Antibio-Resistance and Risk Factors for *Salmonella* in Broiler Turkey Farms in the Province of Khémisset (Morocco): Journal of World's Poultry Research. Vol 4 (1): pp 20-29.

**Abdullahi, B., Olonitola, O. S., Jatau, E. D., Usman, A. D., (2012)** : Serological characterization and antimicrobial susceptibility patterns of clinical isolates of *Salmonella* from patients attending general hospital. Funtua. Nigeria Bayero Journal of Pure and Applied Sciences. Vol 5(1): pp 72 – 77 pp.

**Adebayo, T, A., Adegoke , (2008)** : Phytochemical and microbial screening of herbal remedies in Akwa Ibom State, South Southern Nigeria”, Journal of Medicinal Plants Research, 2, 11, pp.306-310.

**Agabou, A., and Alloui, N., (2010)** : Importance of *Alphytobius diapernus* (Panzer) as a reservoir for pathogenic bacteria in Algerian broiler houses. Weterinary World., vol.3 (2): pp 71-73

**Agossou, J., Afouda, L., Adedemy, J-D., (2014)** : Risques de fièvres typhoïdes et paratyphoïdes liés à l'utilisation des eaux usées en agriculture urbaine et périurbaine : cas du maraîchage dans la ville de Parakou (Bénin). Eenvironnement, Risques & Ssante ; Vol 13 (5) : pp 405-416.

**Al-Dhaheri, K., Sheikh, F., Jaffal, A., Hammad, M., Baloushi, R., (2017) :** Non-typhoidal *Salmonella* Gastroenteritis in Al Ain Hospital United Arab Emirates. Journal of Medical Microbiology &Diagnosis. Vol 6 (1):.pp 1-3. DOI: 10.4172/2161-0703.1000251.

**Ali, M., Saadou, M., Saley K., Yacoubou B., Morou, B., Wata, I., Diouf, A., Maarouhi, I, M., Issaka, A., Tanimoune, A., Maïga I, S., et Jauffret, S., :** Variabilité climatique au Niger : Impacts potentiels sur la distribution de la végétation. pg 1-10. <http://sunproject.dk/sidevisning.asp?ID=637> Sustainable Use of Natural vegetation in West Africa (SUN).

**Aliero, A.A., Shehu, H., (2010) :** Compositional Analysis and Antimicrobial properties of *Phyllanthus pentandrus*. Nigerian. Journal of Botany. Vol 23(1): pp75-84.

**Alio Sanda, A., Samna S. O., Bakasso, Y., (2018) :** Epidemiology, diversity and resistance to antibiotics in *Salmonella* strains isolated from human in two cities of Niger Republic. International Journal of Current Research, (IJCR).Vol. 10 (02) : pp.65364-65370.

**Alio Sanda, A., Inoussa M. M., Samna S. O., Bakasso, Y., (2017) :** Diversité et dynamique des *Salmonella* isolées de la laitue (*Lactuca sativa* L.) dans les cultures maraîchères au Niger (Afrique de l'ouest). Journal of Applied Biosciences. Vol 119: pp11917-11928. ISSN 1997-5902

**Alio Sanda, A., Samna S. O., Inoussa, M. M., Diallo, B. A., Bakasso, Y., (2017) :** Prévalence Et Diversité De *Salmonella* En Afrique : Analyse Qualitative Et Quantitative European Scientific Journal Vol.13 (30): pp1857 – 7881.

**Ammar, A., Nadir, A., Bennoune, O., Kassah-laouar, A., (2010) :** Survey of *Salmonella* serovars in broilers and laying breeding reproducers in Eastern Algeria. Journal of Infection in Developing Countries. Vol 4 (2):pp103-106.

**Ammari, S., Laglaoui, A., En-Nanei, L., Bertrand, S., Wildemauwe, C., Barrijal, S., Abid, M., (2009) :** Isolation, drug resistance and molecular characterization of *Salmonella* isolates in northern Morocco. Journal of Infection in Developing Countries; Vol 3 (1):pp 41-49.

**Anchau, Z. G., Olonitola, O. S., Ella, E., (2016) :** Prevalence and Antibiotic Susceptibility of *Salmonella* Species isolated from Patients attending Selected Hospitals in Zaria. Annals of Experimental Biology. Vol 4 (1): pp1-6.

**Andrianarivelo, A. M., Rakotondraoelina<sup>1</sup>, L. M., Ratsimbazafy, A. B., (2016) :** Bacterial Diarrhea in Antananarivo: Place of *Salmonella* spp and Shigella spp in Stool Culture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Vol 5 (2): pp110-115. ISSN: 2319-7706.

**Anna, E.N., Janell, A.R., Barbara, E.M., (2016) :** Typhoid & Paratyphoid Fever. Chapter 3 Infectious Diseases Related to Travel Centers for Disease Control and Prevention. pp5.

**Anonyme., (2015) :** Analyse de la chaîne de valeur du secteur avicole au Niger Rapport final révisé Mars 2015.

**Anonyme., (2010) :** EFSA, The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008. The EFSA Journal. pp1496.

**Anonymous (2009).** "The community summary report on trends and sources of zoonoses and zoonotic agents in the European Union in 2007." The EFSA Journal 223: pp 217.

**Ashraf, M.A., Tadashim S., (2012) :** Genetic analysis of multiple antimicrobial resistance in *Salmonella* isolated from diseased broilers in Egypt. Microbiology and Immunology. Vol 56: (4): pp 254–261 doi:10.1111/j.13480421.2012.00429.x

**Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., (2013) :** Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. Journal of Food Engineering. Vol 117(4): pp 426-436. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.

**Baeumler, A. J., Hargis, B. M., Tsois, R. M. (2000) :** Tracing the origins of *Salmonella* outbreaks. Science. Vol 287 (5450).pp 50-52.

**Bagudo A. I., Tambuwal F. M., Faleke O. O., Egwu O. O. , Aliero A. A et al., (2014) :** Prevalence of *Salmonella* serotypes in Sokoto abattoir effluents and vegetables cultivated around the abattoir Microbiology Research International. Vol 2(2), pp 13-17, ISSN: 2354-2128.

**Barrow, P. A., Bumstead, N., Marston, K., Lovell, M. A., and Wigley, P. (2004) :** Faecal shedding and intestinal colonization of *Salmonella* enterica in in-bred chickens: the effect of host-genetic background. Epidemiology and Infection. Vol 132, pp117-126.

**Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., & Turck. M., (1966) :** Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. American journal of Clinical. Pathology. Vol 45(4): pp 493-496.

**Bekro,Y.A., Mamyrbekova,J.A., Boua,B.B., Ehile, E, E.,(2007) :** Étude Ethnobotanique Et Screening Phytochimique de *Caesalpinia Benthamiana* (Baill.) Herend. rt Zarucchi (Caesalpinaceae). Sciences& Nature: Vol. 4(2): pp 217-225.

**Bell, C., et kyriakides. A., (2002) :** *Salmonella* in: Foodborne Pathogens. Hasards, risk analysis and control. Woodhead Publishing Limited. pp 307-334.

**Beuchat, L.R., (2002):** Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. Microbes Infect. Vol 4(4): pp 413-423.

**Beuchat, L.R., and Ryu, J.H., (1997) :** Produce handling and processing practices. Emerging Infectious Diseases. Vol 3 (4): pp , 459- 465.

**Beyene, G., Nair, S., Asrat, D., Mengistu, Y., Engers, H., Wain, J., (2011) :** Multidrug resistant *Salmonella* Concord is a major cause of salmonellosis in children in Ethiopia..Journal of Infectious in Developing Contries. Vol ;5(1): pp23-33.

**Bock, K.A., Steven, M.D., Bock, J., Faass, N., (2003) :** The Germ Survival Guide, MSW, MPH McGraw-HillMcGraw-Hill;Vol 10 (1): pp 256.

**Boko, C. K., Kpodekon, T. M., Duprez, J. N., Imberechts, H., Taminiou, B., Bertrand, S., Mainil J. G., (2013) :** Identification and typing of *Salmonella* enterica serotypes isolated from guinea fowl (*Numida meleagris*) farms in Benin during four laying seasons (2007 to 2010).Avian Pathology.Vol 42(1): pp1-8.

**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 J. Appl. Biosci.Vol., 47: 3230-3234.

**Bounar-Kechih, S., Hamdi, T. M., Mezali, L., Assaous, F., Rahal, K., (2012):** Antimicrobial resistance of 100 *Salmonella* strains isolated from *Gallus gallus* in 4 wilayas of Algeria. Poultry Science. 2012 May Vol ;91(5): pp1179-85.

**Boyen, F., Vangroenweghe, F., Butaye, P., et al., (2010) :** Disk prediffusion is a reliable method for testing colistin susceptibility in porcine *E. coli* strains. *Veterinary Microbiology*. 2010 Vol ;144(3-4): pp 359–362.

**Brenner, F. W., R. G. Villar, F. J., Angulo, R. T., and Swaminathan, B., (2000):** *Salmonella* nomenclature. *Journal of Clinical Microbiology*. Vol 38(1): pp :2465–2467.

**Brown J.H., (1 July 1935) :** "Theobald Smith 1859-1934". *Journal of Bacteriology*. Vol 30 (1): pp1–3.

**Bruneton, J., (1999):** Pharmacognosie: Phytochimie, plantes médicinales. Technique & documentation-Lavoisier. pp 1120.

**Carattoli, A., Tosini, F., Giles, W. P., Rupp, M. E., Hinrichs, S. H., Angulo, F.J., Barrett, T.J., Fey, P.D., (2002) :** Characterization of plasmids carrying CMY-2 from expanded-spectrum cephalosporin-resistant *Salmonella* strains isolated in the United States between 1996 and 1998. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. Vol 46 (5): pp1269–1272.

**Cardinale, E., Gros-Claude, P., Tall, F., Gueye, E. F., Salvat, G., (2005) :** Risk factors for contamination of ready-to-eat street-vended poultry dishes in Dakar, Senegal. *International Journal of Food Microbiology*. Vol 103(4): pp: 157–165.

**CDC 2016 :** Reports of selected *Salmonella* outbreak investigations. Atlanta, GA: CDC; 2016 [<http://www.cdc.gov/Salmonella/outbreaks.html>].

**Chaiba, A., Rhazi, F. F., Chahlaoui, A., Soulaymani, B., ( 2009 ) :** Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* isolates from chicken carcasses and giblets in Meknès, Morocco. *African Journal of Microbiology Research* Vol. 3(5) pp. 215-219.

**Chilcott, G.S., Hughes, K.T., (2000) :** Coupling of flagellar gene expression to flagellar assembly in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Escherichia coli*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. Vol 64(4):, pp694-708.

**Chiu, C. H., Wu, T. L., Su, L. H., Chu, C., Chia, J. H., Kuo, A.J., Chien, M. S., Lin, T. Y., (2002) :** The emergence in Taiwan of fluoroquinolone resistance in *Salmonella enterica* serotype choleraesuis. *The New England Journal of Medicine*. Vol 346(6): pp413–419.

**Cissé, G., Kientga, M., Ouédraogo, B., Tanner, M., (2002) :** Développement du maraichage autour des eaux de barrage à Ouagadougou : quels sont les risques sanitaires à prendre en compte ? Cahiers Agricultures. Vol : 11(1): pp · 31 -39.

**Conta, C. H., Lomag, P.R., Mullins, J., Spilnum, S. D., Stevenson, D. K., Benaron, D. A., (1995) :** Photonic detection of bacterial pathogens living hosts., Molecular Microbiology. Vol 18(4): pp Mol. Microbial. 18 (1995) 593-603.

**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., et 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 Productions Animales. Vol 8(5): pp 19-23.

**Cowden, J. M., Chisholm, D., O'Mahony, M., Lynch, D., Mawer, S. L., Spain, G. E., Ward, L., Rowe, B., (1989) :** Two outbreaks of *Salmonella* Enteritidis phage type 4 infection associated with the consumption of fresh shell-egg products. Epidemiology and Infection. Vol 103(1):47-52.

**Crump J. A., (2014):** Updating and refining estimates of typhoid fever burden for public health action. Lancet Global Health. Vol 2(10): pp551–553.doi: 10.1016/S2214-109X(14)70306-7

**Dan-badjo,T.A., Guéro, Y., Dan Lamso, N., Baragé, M., Balla, A., Sterckeman, T., (2013) :** Évaluation de contamination en traces métalliques de Laitue et Chou dans la vallée de Gounti, Niamey. Journal of Applied Biosciences. Vol 67: pp 5326 – 5335.

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

**Dembélé, R., Isidore, J.O., Kagambèga., Kiessoun, K., Bagré, S., et al., (2014) :** Serotyping and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* isolated from children under five years of age with diarrhea in rural Burkina Faso, African journal of microbiology research. Vol.8(34):pp. 3157-3163.

**DLICC, (2010) :** Développement Local, Institutions et Changement Climatique au NIGER (Analyse de la situation et Recommandations opérationnelles), Département du Développement Social. Institutions et Changement Climatique. Banque Mondiale. pp 83.

**Dohou,N. (2003) :** Screening phytochimique d'une endémique ibéro-marocaine thymelaea lythroides, Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux. Vol 142.pp 61-78,

**DSMA (Direction des Statistiques Ministère de l'Agriculture République du Niger) (2011) :** Rapport final et résultats de l'enquête sur les productions horticoles 2010/2011.pp 6

**Dumas, J., (1958) :** Tribu des *Salmonella*, In: Bactériologie Médicale. Flammarion et Cie, pp. 399-433.

**Eckmann, L., Rudolf, M. T., Ptasznik, A., Shultz, C., Jiang, T., Wolfson, H., Tsien, R., et al., (1997) :** D-myo- inositol 1. 4. 5. 6-tetra bisphosphate produced in human intestinal epithelial cells in response to *Salmonella* invasion inhibits phosphoinositide 3-Kinase signaling pathways. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol 94 (26): pp 450-460.

**EFSA (European Food Safety Agence) (2010) :** The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008. EFSA Journal <http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/1496.pdf>

**El Hussein., Elmadiena, M. M. Nor., Elsaid S.M., Siddig, M. A.M., Muckle, C. A., Cole, L., Wilkie, E., Mistry, K., (2010) :** Prevalence of *Salmonella* enterica subspecies enterica Serovars in Khartoum State, Sudan. Research Journal of Microbiology. Vol 5 (10): pp 966.

**ENISED, (2015) :** Etude Nationale d'Evaluation d'Indicateurs Socio-Economiques et Demographiques (ENISED).

**Euzeby, J. P., (1996) :** Les Salmonelles et les Salmonelloses aviaires dues aux sérovars ubiquistes. Revue Médecine Vétérinaire. Vol 148. pp 61-76.

**FAO/WHO (1997) :** Food consumption and exposure assessment of chemicals. Report of an FAO/WHO Consultation on Food Consumption and Exposure Assessment of Chemicals, Geneva, 10–14 February 1997. Geneva, World Health Organization (WHO/FSF/FOS/97.5).

**Fashae, K., Oguniola, F., Aarestrup, F. M., Hendriksen, R. S., (2010) :** Antimicrobial susceptibility and serovars of *Salmonella* from chickens and humans in Ibadan, Nigeria. Journal of Infectious and Developing Countries. Vol 4(8): pp 484-494.

**Feasey, N. A., Dougan, G., Kingsley, R. A., Heyderman, R. S., Gordon, M. A., (2012) :** Invasive non-typhoidal *Salmonella* disease: an emerging and neglected tropical disease in Africa. Lancet. Vol 379(9835):2489–2499. 10.1016/S0140-6736(11)61752-2.

**Fuzihara, T.O., Fernandes, S.A., Franco, B. D., (2000) :** Prevalence and dissemination of *Salmonella* serotypes along the slaughtering process in Brazilian small poultry slaughterhouses. Journal of Food Protection. Vol 63: pp1749-1753.

**Gahring, L. C., Heffron, F., Finlay, B.B., Falkow, S., (1990) :** Invasion and replication of *Salmonella* typhimurium in animal cells. Infection and Immunity. 58(2) : pp 443-448.

**Gedda, M., (2015) :** Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. Kinésithérapie, la Revue. Vol 15 (157) :pp 39–44.

**Gendrel, D., (1998) :** Agents infectieux à l'origine des diarrhées aiguës. Médecine thérapeutique / Pédiatrie. Vol 1(1).pp

**GFN (Global Foodborne Infections Network )** <http://apps.who.int/salmsurv/en/>

**Ginocchio, C. C., Olmsted, S. B., Wells, C. L., Galán, J. E., (1994) :** Contact with epithelial cells induces the formation of surface appendages on *Salmonella* typhimurium, Cell. Vol76 (4) :pp 717-724.

**Greene, S. K., Daly, E. R., Talbot, E. A., Demma, L. J., Holzbauer, S., Patel, N. J., et al. (2008) :** Recurrent multistate outbreak of *Salmonella* Newport associated with tomatoes from contaminated fields, 2005. Epidemiology and Infection. Vol 136(2).pp 157–165.

**Griffith, R., Schawrtz, K., Meyerholz, D., (2006) :** *Salmonella*. In: Straw B, editor; Zimmerman J, editor; D'Allaire S, editor; Taylor D, editor. Diseases of Swine. Ames, Iowa: Blackwell Publishing Ltd;. pp. 739–754.

**Grimont P. A. D., Weill, F.X., (2007) :** Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars, 9th ed. Paris: World Health Organization Collaborating Center for Reference and Research on *Salmonella*, Institut Pasteur. Paris.

**Grimont, P., Grimont, F., Bouvet, P. (2000) :** Taxonomy of the genus *Salmonella*. In: Wray C., Wray A. (Eds.), *Salmonella* in Domestic Animals. CABI Publishing :Oxon, pp1-17.

**Guerra, B., Soto, S. M., Arguelles, J. M., Mendoza, M. C., (2001) :** Multidrug resistance is mediated by large plasmids carrying a class 1 integron in the emergent *Salmonella enterica* serotype [4,5,12:i:-]. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*. Vol 45(4): pp1305–1308.

**Guerra, B., Soto, S., Helmuth, R., Mendoza, MC., (2002) :** Characterization of a self-transferable plasmid from *Salmonella enterica* serotype typhimurium clinical isolates carrying two integron-borne gene cassettes together with virulence and drug resistance genes. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*. Vol 46(9): pp2977–2981.

**Guiraud, I., Diallo, S. N., Lompo, P., Maltha, J., Thriemer, K., et al., (2017) :** Population based incidence, seasonality and serotype distribution of invasive salmonellosis among children in Nanoro, rural Burkina Faso. *PLoS ONE*. Vol 12(7): pp1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178577>.

**Guy, T. V. N., Pascale, C., (2001) :** Détournement de fonctions cellulaires clés par les bactéries pathogènes. *médecine/sciences*. Vol 17(6-7): pp701-711.

**Hacker, J., Kaper, J. B., (2000) :** Pathogenicity islands and the evolution of microbes. *Annual Review of Microbiology*. Vol 54. (1): pp 641-679.

**Hansen-Wester, I., Hensel, M., (2001) :** *Salmonella* pathogenicity islands encoding type III secretion systems. *Microbes and Infection*. Vol 3(7): pp549-559.

**Harouna Y. B., Saidou. A., Seibou. H., Abarchi. I., Abdou. M., Madougou. Y., Gamatie. Bazira L., (2000) :** Les perforations typhiques Aspects cliniques, thérapeutiques et pronostiques Etude prospective à propos de 56 cas traités à l'hôpital national de Niamey (NIGER) *Médecine d'Afrique Noire*. Vol : 47( 6).pp 270-275

**Hayes S., Nylen G., Smith R., Salmon R.L., Palmer S.R., (1999) :** Undercooked hens eggs remain a risk factor for sporadic *Salmonella* enteritidis infection. Communicable Disease Public and Health. Vol 2(1): pp66-67.

**Hendriksen, R., (2010) :** Global epidemiology of non-typhoidal *Salmonella* infections in humans. PhD Thesis University. Technical University of Denmark. pp7-13

**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. The Journal of Applied Bacteriology. Vol 55(1): pp 89-95.

**Hensel, M., (2004) :** Evolution of pathogenicity islands of *Salmonella* enterica. International Journal Medical Microbiology. 94(2-3): pp95-102.

**Hohmann, E. L., (2001) :** "Nontyphoidal salmonellosis." Clinical Infectious Diseases 32(2): pp263-269.

**Holt, K. E., Thomson, N. R., Wain, J., Langridge, G. C., Hasan, R., Bhutta, Z. A., (2009) :** Pseudogene accumulation in the evolutionary histories of *Salmonella* enterica serovars Paratyphi A and Typhi. BMC Genomics. Vol 10: pp36.

**Hoorfar, D., Baggesen, D. L., (1988) :** Importance of pre-enrichment media for isolation of *Salmonella* spp. from swine and poultry. Federation of European Microbiological Societies. Microbiology Letter, Vol 169(1): pp125-30

**Huart, A., et al., (2004).** La production de la volaille dans le monde et en Afrique, Ecocongo <http://www.ecocongo.cd/en/system/files/f-ep-pp5-16.pdf>

**Humbert, F., (1998) :** Les Salmonelloses. dans Manuel de Bactériologie Alimentaire, ed. Polytechnica. Paris. Réf. 184144. pp308.

**Humphrey, T. J., (1994) :** Contamination of egg shell and contents with *Salmonella* Enteritidis : a review. International Journal of Food Microbiology. Vol 21(1-2): pp 31-40

**Humphrey, T. J., Mead, G. C., Rowe, B., (1988) :** Poultry meat as a source of human salmonellosis in England and Wales. Epidemiological overview. Epidemiology and Infection, 100(2). pp 175-184.

INS., (2014) : Annuaire Statistique du Niger, rapport, 17 p. Site Web: [www.snis.cermes.net](http://www.snis.cermes.net).

**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. Biologie cellulaire. Agrocampus - Ecole nationale supérieure d'agronomie de rennes, 2009.

**Kagambega, A., Haukka, K., Sitonen, A., Traore, A. S., Barro, N., (2011)** : Prevalence of *Salmonella* enterica and the hygiene indicator, *Escherichia coli* in raw meat at markets in Ouagadougou, Burkina Faso. *Journal of Food Protection*, Vol 74(9): pp1547-1551. Doi: 10.1089/fpd.2011.1071.

**Kagambèga, A.L., Taru, L., Aulu, L., Traoré, A. S., Barro, N., Siitonen, A., Haukka, K., (2013)** : Prevalence and characterization of *Salmonella* enterica from the feces of cattle, poultry, swine and hedgehogs in Burkina Faso and their comparison to human *Salmonella* isolates. *BMC Microbiology*, Vol 13: pp253 <http://www.biomedcentral.com/1471-2180/13/253>. 22.

**Karl Eberth (1835-1926) (1880)** "Die Organismen in den Organen bei Typhus abdominalis" (Organisms in the [internal] organs in cases of Typhus abdominalis), *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie*, Vol 81 : pp58–74.

**Karou, G. T., Ouattara, H., Bakayoko, S., (2013)** : Prevalence of *Salmonella* and distribution of Serovars Isolated from Retail Raw Chicken Gizzards in Abidjan, Côte D'ivoire; *Octa Journal of Biosciences*. Vol. 1(2): pp115-121.

**Karumi, Y., Onyeyili, P.A., Ogugb uaja, V.O., (2004)** : Identification of active principles of *M. balsamina* (Balsam apple) leaf extract. *Journal of Medical Sciences*. Vol 4: 179-182

**Kauffmann, F., (1971)** : On the classification and nomenclature of the genus *Salmonella*. *Acta pathologica, microbiologica, et immunologica Scandinavica*. Vol 79(3): pp421-422.

**Keller, L. H., Benson, C. E., Krotec, K., Ekroade, R. J. (1995)** : *Salmonella* Enteritidis colonization of the reproductive tract and forming and freshly laid eggs of chickens. *Infection and Immunology*. Vol. 63(7): 2443–2449.

**Kenmongue, G. R., et al., (2010) :** Enjeux sanitaires, socio-économiques et environnementaux liés à la réutilisation des eaux usées dans le maraîchage urbain : cas du bassin versant de l'Abiergué (Yaoundé-Cameroun), 25p.

**Khawla, A. D., A-Sheikh, F., Jaffal, A., Hammad, M., Baloushi, R., (2017) :** Non-typhoidal *Salmonella* Gastroenteritis in Al Ain Hospital United Arab Emirates. Journal of Medical Microbiology & Diagnosis 6(1): pp1-3 doi:10.4172/2161-0703.1000251

**Kikuvi, G., Jackson, N., Eric, S. M., et al., (2010) :** Serotypes and antimicrobial resistance profiles of *Salmonella* isolates from pigs at slaughter in Kenya. Journal of infection in developing countries. Vol 4(4): pp243-248.

**Kim, M. L., Slauch, J. M., (1999) :** Effect of acetylation (O- factor 5) on the polyclonal antibody response to *Salmonella* typhimurium O-antigen. Federation of European Microbiological Societies. Microbiology Letter. Vol 26(1): pp83-92.

**Koffi-Nevry, R., Judicaël, A. B., Assemand, E. F., Wognin, A. S., Koussemon, M., (2012) :** Origine des témoins de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue (*lactuca sativa*) cultivée dans la zone péri urbaine d'Abidjan. Journal of Applied Biosciences. Vol 52: 3669–3675

**Komuraiah, A., Bolla, K., Narasimha, Rao., Ragan, A., Raju, V. S., and Singara, M. A., (2009) :** Antibacterial studies and phytochemical constituents of South Indian *Phyllanthus* species. African Journal of Biotechnology Vol. 8 (19), pp. 4991-4995, 5 October, 2009 ISSN 1684–5315 © 2009 Academic Journals

**Korsak, N., Clinquart, A., Daube, G., (2004) :** *Salmonella* spp dans les denrées alimentaires d'origine animale: un réel problème de santé publique? Annales de médecine vétérinaire. Vol 148.pp 174-193.

**Kroupitski, Y., Golberg, D., Belausov, E., Pinto, R., Swartzberg, D., Granot D., Sela, S., (2009) :** Internalization of *Salmonella* enterica in leaves is induced by light and involves chemotaxis and penetration through open stomata. Applied and Environmental Microbiology. Vol 75(19): pp6076–6086.

**Labi, A.K., Obeng-Nkrumah, N., Addison, N., Donkor, E.S., (2014) :** *Salmonella* blood stream infections in a tertiary care setting in Ghana. BMC Infectious Diseases. Vol 14:3857 DOI 10.1186/s12879-014-0697-7.

**Langendorf, C., Le Hello, S., Moumouni, A., Gouali, M., Mamaty, A. A., Grais, R. F., et al., (2015) :** Enteric Bacterial Pathogens in Children with Diarrhea in Niger: Diversity and Antimicrobial Resistance. PLoS ONE. Vol 10(3): pp 1-18. e0120275. doi:10.1371/journal.

**Langridge, G. C., Phan, M. D., Turner, D. J., Perkins, T. T., Parts, L., Haase, J., Charles, I., Maskell, D. J., Peters, S. E., Dougan, G., Wain, J., Parkhill, J., Turner, A. K., (2009) :** Simultaneous assay of every *Salmonella* Typhi gene using one million transposon mutants. Genome Research. Vol 19(12): pp 2308-2316.

**Langridge, G., Nair, S. , Wain, J. , (2008):** Invasive Salmonellosis in Humans. Chapter 8.6.2.2 (revised version). In Böck, R.C. I. A., Kaper, J. B., Neidhardt, F. C., Nyström, T., Rudd, K. E. and C. L. Squires (eds): EcoSalEscherichia coli and *Salmonella*: cellular and molecular biology, ASM Press, Washington, D.C. Available from: <http://www.ecosal.org/>.

**Lawaly M. M., Idrissa M., Khalid I., (2017):** Les plantes médicinales utilisées dans le traitement des diarrhées au Niger: étude ethnobotanique, Algerian Journal of Natural Products. Vol 5(2) : pp 475-482

**Le Minor, L., Veron, M. , (1989):** Bactériologie médicale. 2 nde éd, Flammarion, Paris, 1107. pp 411-426.

**Le Noc, P., et Le Noc, D., (1976) :** le portage sain des *Salmonella* en milieu africain: enquête chez des ecoliers de Cote d'Ivoire. et du Cameroun. Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale. Vol 56 (2). pp 65-72

**Leclerc, h., Mossel, D. A. A. (1989) :** Microbiologie : le tube digestif, l'eau et les aliments. Doin éditeurs Paris. 529p.

**Lee, Y. J., Kim, K. S., Kwon, Y. K., Tak, R. B., (2003):** Biochemical characteristics and antimicrobials susceptibility of *Salmonella* gallinarum isolated in Korea. Journal of Veterinary Science. Vol 4(2): pp161-166.

**Linda, H. K., Charles, E. B., Kristine, K., Eckroade, R. J., (1995) :** Colonization of the reproductive tract and forming and freshly laid eggs of chickens. *Infection and Immunity*. Vol 63(7): pp2443–2449

**Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., et al., (2012) :** Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. Vol 380: pp 2095–128.

**Marjorie, M.C., (1999) :** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. Vol 12(4): pp 564–582.

**Martel, J.L., Prave, M., (1994) :** Evolution du risque salmonellique en médecine vétérinaire, *Revue de Médecine Vétérinaire*. Vol7 (145) : pp 563-569.

**McCormick, B. A., Parkos, C. A., Colgan, S. P., Carnes, D. K., Madara, J. L., (1998) :** Apical secretion of a pathogen-elicited epithelial chemoattractant activity in response to surface colonization of intestinal epithelia by *Salmonella* Typhimurium. *Journal of Immunology*. 160(1): pp455-66.

**Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L.F., Bresee, J.S., Shapiro, C., Griffin, P.M., Tauxe R.V., (1999) :** Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*. Vol 5(5): pp607-625

**Mermin, J., Villar, R., Carpenter, J., Roberts, L., Samariddin, A., Gasanova, L., Lomakina, S., Bopp, C., Hutwagner, L., Mead, P., Ross, B., Mintz, E., (1999) :** A massive epidemic of multidrugresistant typhoid fever in Tajikistan associated with consumption of municipal water. *The Journal of Infectious Diseases*. Vol 179(6): pp1416-1422.

**Mezali, L., ( 2012 ) :** Prevalence and Antimicrobial Resistance of *Salmonella* Isolated from Meat and Meat Products in Algiers. *Foodborne pathogens and disease*. Vol 9(6): pp 522-529 DOI: 10.1089/fpd.2011.1032.

**Miller, S. I., Pegues, D. A., (2000) :** “*Salmonella* species, including *Salmonella typhi*,” in *Principles and Practice of Infectious Disease*, G. L. Madell, J. E. Bennett, and R. Dolin, Eds., Churchill Livingstone, New York, NY, USA, 5th edition.

**Montville, T. J., Matthews, K. R., (2008) :** Food Microbiology. An Introduction, Second edition, Thomas j.MontvilleKarl R.Matthews ASM Press, Washington, DC, USA (2008), xviii 428 pages, hardcover.ISBN 978-1-55581-396-3. International Journal of Food Microbiology Vol 128(2): pp 414

**Morales, A.S., Fragoso de Araújo, J., Túlio de Moura, G. V., Trindade, R. C. A., dos Prazeres R. D., Ferreira, T. S. P., (2012) :** Antibiotic Resistance Associated with Inositol Metabolism in *Salmonella* from Ontario Cattle. Canadian Veterinary Journal. Vol 26(8): pp 251–253.

**Moussa, A.B., Idi, A., Benabdeljelil, K., (2010):** Aviculture familiale rurale au Niger: alimentation et .performances zootechniques. Aviculture Familiale. Vol 19 (1): pp3-10.

**Murray, C.J., Vos, T., Lozano, R., et al., (2012) :** Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions. 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. Lancet. Vol 380: pp 2197–223.

**Nath, G., Maurya, P., Gulati, A. K., (2010) :** ERIC PCR and RAPD based fingerprinting of *Salmonella* Typhi strains isolated over a period of two decades. Infection, Genetics and Evolution. Vol 10(4): pp 530–536. doi: 10.1016/j.meegid.2010.02.004

**Ndiaye, M. L., Dieng, Y., Niang, S., (2011) :** Effect of irrigation water on the incidence of *Salmonella* spp. on lettuces produced by urban agriculture and sold on the markets in Dakar, Senegal .African Journal of Microbiology Research. Vol. 5(19) : pp. 2885-2890.

**Neutra, M. R., (1998) :** Current concepts in mucosal immunity. V Role of M cells in transepithelial transport of antigens and pathogens to the mucosal immune system. American Journal of Physiology. Vol 274(5): pp785-791.

**OMS., (2012) :** Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères volume II : utilisation des eaux usées en agriculture. Recommandation à visés sanitaires. Rapport d'un groupes scientifique de l'OMS. Série de rapports techniques. Genève.

**Ouattara, G., (2005) :** Portage et niveau d'antibiorésistance des souches de *Salmonella* isolées du gésier de poulet, vendus sur les marchés d'Adjamé, Mémoire de DEA. Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan (Côte d'Ivoire). p 35.

**Ozer, P., Erpicum, M., (1995) :** Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905. Sécheresse n°1, Vol 6 : pp 103-108.

**Pang, T., Levine, M. M., Ivanoff, B., Wain, J., and Finlay, B. B., (1998) :** Typhoid fever—important issues still remain. Trends in Microbiology. 6(4):131-133.

**Parry, C. M., Threlfall, E. J., (2008) :** Antimicrobial resistance in typhoidal and nontyphoidal *Salmonellae*. Current Opinion in Infectious Diseases. Vol 21(5): pp531-538.

**Patrick, A. D., Grimont Weil, F. X., (2007) :** Formules antigeniques des serovars de *Salmonella*. 9ème édition 1-166.

**Patrick, A.D., Weil, F. X., (2015) :** Mise à jour du schéma de sérotypage des *Salmonella* (facteurs antigéniques et nomenclature des sérovars des formules antigéniques (antérieurement “ Schéma de Kauffmann-White Centre Collaborateur OMS de Référence et de Recherche sur les *Salmonella*. pp14 <http://www.pasteur.fr/sante/clre/cadreocr/salmoms-index.html>.

**Pieroza, K.M., (2009) :** Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils of *salvia L.* species. Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas. Vol 29(4) : pp764-770,

**Popoff, M. Y., Bockemuhl, J., Gheesling, L. L., (2004) :** Supplement 2002 (no. 46) to the Kauffmann White scheme. Research in Microbiology. Vol 155(7): pp 568-570.

**Popoff, M. Y., (2007) :** Antigenic formulas of the *Salmonella* serovars. 9th edition WHO collaborating centre for collaborating centre for reference and research on *Salmonella*. Institut Pasteur, Paris-France.

**Poppe, C., (2000) :** *Salmonella* infections in the domestic fowl. In "*Salmonella* in Domestic Animals." (C. Wray and A. Wray, eds.), pp. 107-132. NY: CAB International, New York.

**Raufu, I. A., Zongur, L., Lawan, F. A., Bello, H. S., Adamu M. S., Ameh J. A., Ambali A. G., (2014) :** Prevalence and antimicrobial profiles of *Salmonella* serovars from vegetables in Maiduguri, North eastern Nigeria. Sokoto Journal of Veterinary Sciences, Vol 12 (1).pp 23-28.

**Richter-Dahlfors, A., Buchan, A. M. J. & Finlay, B. B. (1997) :** Murine salmonellosis studied by confocal microscopy: *Salmonella typhimurium* resides intracellularly inside macrophages and exerts a cytotoxic effect on phagocytes in vivo. *Journal of Experimental Medicine*. Vol 186(4): pp569-580.

**Rojas, A., Hernandez, L., Pereda-Miranda R., and Mata, R., (1992) :** Screening for antimicrobial activity of crude drug extracts and pure natural products from Mexican medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*. vol 35(6): pp 275-283.

**Ruiz, M., Rodriguez, J. C., et al., (2004) :** "Available options in the management of non-typhi *Salmonella*." *Expert Opinion on Pharmacotherapy*. vol 5(8): pp 1737-1743.

**Saadou, M., (1993) :** les plantes medicinales du Niger: premier supplement a l'enquete ethnobotanique de 1979. *Revue de Médecines et Pharmacopées Africaines*. Vol 7(1): pp11–24.

**Sánchez-Vargas, F. M., Abu-el-Haija, M. A., Gómez-Duarte, O. G., (2011) :** *Salmonellainfections* : an update on epidemiology, management, and prevention. *Travel. Medicine and Infectious Diseases*. Vol 9(6) : pp 263-277

**Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., Latha, L. Y. (2011) :** Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *The African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicine*. Vol 8(1): pp1-10.

**Schikora, A., Virlogeux-Payant, I., Bueso, E., Garcia, A. V., Nilau, T., Garcia, A. V., Nilau, T., Charrier, A., Pelletier, S., Menanteau, P., Velge, P., Hirt, H., (2011) :** Conservation of *Salmonella* Infection Mechanisms in Plants and Animals. *PLoS ONE*. Vol 6(9): e24112. doi:10.1371/journal.pone.0024112.

**Schmid, H., Burnens, A. P., Baumgartner, A., Oberreich, J., (1996) :** Risk factors for sporadic salmonellosis in Switzerland. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. Vol 15(9): pp725-732.

**SCVMPH (Scientific Committee on Veterinary Measures Relating to Public Health) (2003) :** Opinion of the SCVMPH on *Salmonellain* Foodstuffs. adopted on 14-15 April 2003 [https://ec.europa.eu/food/sites/food/.../sci-com\\_scv\\_out66\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/.../sci-com_scv_out66_en.pdf)

**SDR, 2003.** Stratégie de développement rural : le secteur rural, principal moteur de la croissance économique. Secrétariat exécutif de la SDR, novembre 2003, 56 p.

**Shannon, E. M., Jennie, M., Elaine, S., Angulo, F. J., Kirk, M., O'Brien, S. J., Jones, T. J., Fazil, A., and Hoekstra R. M., (2010) :** for the International Collaboration on Enteric Disease 'Burden of Illness' Studies: The Global Burden of Nontyphoidal *Salmonella* Gastroenteritis Clinical Infectious Diseases. Vol 50(6):pp882-889.

**Shilangale, R. P., Di Giannatale, E., Chimwamurombe, P. M., Kaaya, G. P., (2012):** Prevalence and antimicrobial resistance pattern of *Salmonella* in animal feed produced in Namibia. Veterinaria italiana. Vol 48(2): pp125-32.

**Singer, R. S., Mayer, A. E., Hanson, T. E., Isaacson, R. E., (2009):** Do microbial interactions and cultivation media decrease the accuracy of *Salmonella* surveillance systems and outbreak investigations? Journal of Food Protection. Vol 72(4): pp707-713.

**Smith, J. A., (1997) :** L'élevage de la volaille volume 1. Edition Maisonneuve et Larose, pp 12-31.

**Somda, N. S., Isidore, B. O. J., Traoré. O., Bassolé, I. H. N., Yves, T., Barro, N., Aly, S., (2017) :** Serotyping and antimicrobial drug resistance of *Salmonella* isolated from lettuce and human diarrhoea samples in Burkina Faso. The African Journal of Infectious Diseases. Vol 11 (2): pp 24-30. <https://doi.org/10.21010/ajid.v11i2.4>

**Stevens, A., Kaboré, Y., Perrier-Gros-Claude, Millemann, Y., Brisabois, A., et al., (2006) :** Prevalence and antibiotic-resistance of *Salmonella* isolated from beef sampled from the slaughterhouse and from retailers in Dakar (Senegal) International Journal of Food Microbiology, Vol 110 (2): pp 178-186

**Tadesse, G., (2014a):** Prevalence of human Salmonellosis in Ethiopia : a systematic review and meta-analysis. BMC Infectious Diseases. Vol 14: (8): pp 1-10. doi:10.1186/1471-2334-14-88.

**Tadesse, G., Tesfaye, S. A., (2014b) :** meta-analysis of the prevalence of *Salmonella* in food animals in Ethiopia. BMC Microbiology. Vol 14(270) : pp1-9.

<http://www.biomedcentral.com/1471-2180/14/270>. doi:10.1186/s12866-014-0270-y

**Tennant, S. M., Diallo, S., Levy, H., Livio, S., Sow, S. O., Tapia, M., Fields, P. I., Mikoleit, M., Tamboura, B., Kotloff, K. L., Nataro, J. P., Galen, J. E., Levine, M. M., (2010) :** Identification by PCR of non-typhoidal *Salmonella* enterica serovars associated with invasive infections among febrile patients in Mali. PLOS Neglected Tropical Diseases. Vol 4(3):e621

**The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2014 EFSA (2015):** 13(12):4329.

**Tibaijuka, B., Molla, B., Hildebrandt, G., et Kleer., (2003) :** Occurrence of *Salmonellae* in retail raw chicken products in Ethiopia. Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift. Vol 116(1-2): pp 55-58

**Timbiné, L.G., Sambe-BA, B., Wane, A. A., Fall, N. K., Abdou M., et al., (2013) :** Sensibilité aux antibiotiques des souches de bactéries entéropathogènes isolées en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso. Mali. Sénégal). Dakar Médical. Vol 58(2): pp80-88.

**Traoré, O., Nyholm, O., Siitonen, A., Bonkougou, O. J. I., Traoré, S. A., Barro, N., and Haukka, K., (2015) :** Prevalence and diversity of *Salmonella* enterica in water, fish and lettuce in Ouagadougou, Burkina Faso. BMC Microbiology. Vol 15:151.pp 1-7

**Trong, T. A., Nicholas, A., Feasey, M., Gordon, A., (2015) :** Global Burden of Invasive Nontyphoidal *Salmonella* Disease. Emerging Infectious Diseases. Vol. 21. (6): pp 941-949

**Uche Orji., M., Henry, C., Onuigbo, T., Mbata, I., (2005) :** Isolation of *Salmonella* from poultry droppings and other environmental sources in Awka, Nigeria, International Journal of Infectious Diseases. Vol 9(2): pp86-89.

**Unhanand, M., (1993) :** Gram-negative enteric bacillary meningitis: A twenty-one-year experience. The Journal of Pediatrics. Vol 122(1). pp.15-21.

[URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n30p250.](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n30p250)

**Uzunovic-Kamberovic, S., Saric, D., Sestic, S., (2006) :** Community-acquired urinary tract infections by extended-spectrum betalactamase- producing Enterobacteriaceae in Zenica-Doboj Canton, Bosnia and Herzegovina. Med. Glass. Vol 3(2): pp 47- 52.

- Uzzau, S., Bossi, L., and Figueroa-Bossi, N., (2002)** : Differential accumulation of *Salmonella* [Cu, Zn] superoxide dismutases SodCI and SodCII in intracellular bacteria: Correlation with their relative contribution to pathogenicity. *Molecular Microbiology*. Vol 46(1): pp147-156
- Verena, W., et al., (2002)** : Gastroenteritis in childhood: a retrospective study of 650 hospitalized pediatric patients. *International Journal of Infectious Diseases*, 15(6): pp401-407.
- Villate, D., (2001)** : Les maladies des volailles.- 2e éd.- Paris : Ed. France Agriculture.-399 p.
- Wadula, J., Von-Gottberg, A., Kilner, D., De Jong, G., Cohen, C., et al., (2006)** : Nosocomial outbreak of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Salmonella* isangi in pediatric wards; *The Pediatric infectious disease journal*. Vol 25(9):pp 843-844.
- Westrell, T., Ciampa, N., Boelaert, F., Helwigh, B., Korsgaard, H., Chriel, M., Ammon, A., and Makela, P., (2009)** : Zoonotic infections in Europe in 2007: a summary of the EFSA-ECDC annual report. *Euro surveillance : bulletin Européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin Institut de veille sanitaire*. Vol 14(3). pii: 19100
- WHO [World Health Organization] (2015)** : Estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015. Available at [http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne\\_disease/fergreport/en/](http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergreport/en/)
- William Budd (1811-1880) (1849)** : Typhoid Fever: Its Nature, Mode of Spreading, and Prevention. *London Journal of Medicine*. 1849. p. 987.
- Winfield, M. D., and Groisman, E. A., (2003)** : Role of non-host environments in the lifestyles of *Salmonella* and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol 69 (7): pp3687–3694
- Yoke-Kqueen C, Learn-Han L, Noorzaleha AS, Son R, SabrinaS, Jiun-Horng S, Chai-Hoon K. 2008.** Characterization of multiple-antimicrobial-resistant *Salmonella* enterica Subsp. enterica isolated from indigenous vegetables and poultry in Malaysia. *Letters in Applied Microbiology*. 46(3): pp318-324
- Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., (1999)** : The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, *Food chemistry*. Vol 64 (4): pp555-559.

**Zhou, D., and Galán, J., (2001) :** *Salmonella* entry into host cells : the work in concert of type III secreted effector proteins. *Microbes and Infection*. Vol 3(14-15):pp 1293-1298.

## **Annexe 1 : Publications dans le cadre de la thèse**

## **Prévalence Et Diversité De *Salmonella* En Afrique : Analyse Qualitative Et Quantitative**

***Alio Sanda Abdelkader*** Université Abdou

Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Biologie, Laboratoire Garba Mounkaila et Laboratoire de Gestion et  
Valorisation de la Biodiversité au Sahel, Niamey (NIGER)

***Samna Soumana Oumarou***

Université de Tillabéri, Faculté des Sciences Agronomiques et de  
l'Environnement. Tillabéri, (NIGER)

***Inoussa Maman Maârouhi Diallo Bouli Ali***

***Bakasso Yacoubou***

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Biologie, Laboratoire Garba Mounkaila et Laboratoire de Gestion et  
Valorisation de la Biodiversité au Sahel, Niamey (NIGER)

Doi: 10.19044/esj.2017.v13n30p250 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n30p250](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n30p250)

---

### **Abstract**

International trade, new agricultural, animal production and food practices have facilitated the spread and transmission of food-borne pathogens; including *Salmonella*. *Salmonella* is a ubiquitous bacterium responsible for a variety of diseases in humans, animals. It has a large diversity and contains more than 2579 serotypes. However, very little work describing the diversity, structure and populations dynamics of *Salmonella* in different hosts is available in Niger. In order to describe the general context of *Salmonella* diversity in Africa, an analysis of the available literature on this subject was carried out. A total of 131 publications were identified. From those publications, twenty five (25) were eligible. The LOGIT estimation model was used for serotype analysis to standardize the distribution of data and minimize sample sizes. It appears from our analysis that the prevalence of *Salmonella* is high regardless of the host and host germ. The major serotypes found in humans in Africa are *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* and *S. Typhi*. In poultry, the predominant serotype is *S. Hadar* on the other side *S. Typhimurium* predominates in North Africa. Thus, the results of these review analyzes constitute one of the steps in the process of understanding trends in the distribution of *Salmonella* in Africa. These results are presented as an outline of the implementation of a successful model for the continuation of our studies on the diversity of *Salmonella* in Niger.

# Diversité et dynamique des *Salmonella* isolées de la laitue (*Lactuca sativa* L.) dans les cultures maraîchères au Niger (Afrique de l'ouest).

ALIO SANDA Abdelkader <sup>(01)</sup>, INOUSSA Maman Maârrouhi <sup>(1)</sup>, SAMNA SOUMANA Oumarou <sup>(2)</sup>, BAKASSO Yacoubou <sup>(1)</sup>.

<sup>1</sup> Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel GeVaBioS. BP : 10662, Niamey (NIGER).

<sup>2</sup> Université de Tillabéri, Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement. BP : 175, Tillabéri (NIGER).

0Auteur correspondant : [aliosanda@yahoo.fr](mailto:aliosanda@yahoo.fr). Tel : 00227 96 58 00 99.

Original submitted in on 18<sup>th</sup> September 2017. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 30<sup>th</sup> November 2017  
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v119i1.8>

## RÉSUMÉ

Objectif : Au Niger, l'agriculture maraîchère réalisée dans les zones urbaines et péri-urbaines utilise les eaux usées souvent très souillées par la matière fécale humaine et animale pour l'irrigation. Cette étude a évalué la prévalence et la diversité des *Salmonella* isolées de la laitue dans différents sites maraichers du Niger.

Méthodologie et résultats : Des prélèvements des échantillons de laitue (*Lactuca sativa* L.) ont été réalisés dans des jardins maraîchers à travers toutes les régions du Niger. L'analyse microbiologique a été faite selon la norme ISO 6579:2002. La production des laitues a pour principale source d'arrosage, les eaux des caniveaux (41,67%). Les échantillons de laitue ont montré une forte prévalence de *Salmonella* dans certaines régions allant jusqu'à 56%. Les *Salmonella* isolées sont dominées par le sérotype B (34,43%), suivi des *Salmonella* spp (18,85%) et du Sérotype C (13,11%). Les souches ont montré une résistance : l'ampicilline (69,70%), l'amoxicilline (27,97%) ; l'amoxicilline + acide clavulanique (19,17%), la colistine (29,85%), la céfixime (50,75%) et la ceftazidime (27,97%).

Conclusion et application de la recherche : La laitue cultivée dans les zones urbaines et péri-urbaines investiguées est non appropriée à la consommation. La prévalence des *Salmonella* isolées dans la laitue est très élevée, ce qui entraîne un très grand risque de contamination. Des mesures adéquates doivent être mises en œuvre pour limiter ou réduire la contamination de la laitue et éviter la prolifération des maladies infectieuses.

Mots clés : Maraîchers, laitue, *Salmonella*, prévalence, diversité, Niger.



ISSN: 0975-833X

Available online at

International Journal of Current Research

Vol. 10, Issue, 02, pp.65364-6537, February, 2018

INTERNATIONAL JOURNAL

## RESEARCH ARTICLE

### EPIDEMIOLOGY, DIVERSITY AND RESISTANCE TO ANTIBIOTICS IN *SALMONELLA* STRAINS ISOLATED FROM HUMAN IN TWO CITIES OF NIGER REPUBLIC

<sup>01</sup>ALIO SANDA Abdelkader, <sup>2</sup>SAMNA SOUMANA Oumarou and <sup>1</sup>BAKASSO Yacoubou

<sup>1</sup>Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Technique, Département de Biologie, Laboratoire: Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel GeVaBioS. BP: 10662, Niamey (NIGER)

<sup>2</sup>Université de Tillabéri, Faculté des Sciences Agronomique et de l'Environnement. BP: 175, Tillabéri (NIGER)

#### ARTICLE INFO

##### Article History:

Received xxxxxxxx, 2017

Received in revised form

##### Key words:

*Salmonella*,

Diversity,

#### ABSTRACT

In sub-Saharan Africa, *Salmonella* cause of acute gastroenteritis and invasive disease. The aim of this study was to assess the diversity the distribution and antibiogram profile of *Salmonella* isolates in two cities of Niger. *Salmonella* strains isolated from patients during the period 2015-2016 were biotyped using Api20E and serotyped with specific antisera. All strains were subjected to a set of 18 antibiotics to study their antibiogram, using the Baur-Kirby disk diffusion method. Biochemical analysis revealed ten (10) phenotypic clusters. Serotyping resulted into seventeen (17) different serotypes with Paratyphi A as the most prevalent (14.75%) of all *Salmonella* strains followed by Paratyphi B (11.48%), Typhimurim (9.84%), Typhi (6.56%), Paratyphi C (3.28%), Poona (3.28%). The proportion of Paratyphi A in infants (< 5 years old) represented 50%. Overall, high resistance to ampicillin (49.06%), amoxicillin (47.06%), trimethoprim-sulfamethoxazol (45.60%); chloramphenicol (35.30%); colistin (20.75%) and amoxicillin + clavulanic acid (20.60%) was observed. This study showed the diversity of *Salmonella* biotypes, serotypes and antimicrobials susceptibility. The level of the antimicrobial resistance in *Salmonella* in Niger is quite high. Therefore, there is an urgent need to establish a close monitoring of resistance in *Salmonella* in Niger to assist in recommendations on the use of antimicrobials in both human and animals.

Copyright © 2018, ALIO SANDA Abdelkader et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: ALIO SANDA Abdelkader, SAMNA SOUMANA Oumarou and BAKASSO Yacoubou, 2018. "Epidemiology, diversity and resistance to antibiotics in *Salmonella* strains isolated from human in two cities of Niger Republic", *International Journal of Current Research*, 10, (02), pp.65364-6537

## **Diversité et distribution des *Salmonella* isolées des abats de volaille au Niger**

ALIO SANDA Abdelkader (01), SAMNA SOUMANA Oumarou (2), INOUSSA Maman Maârrouhi, SOUMANA Abdou Boubacar (2), MOUSSA Hassane Ousseini (1), BAKASSO Yacoubou (1).

1 Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Technique, Département de Biologie, Laboratoire : Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel GeVaBioS. BP : 10662, Niamey (NIGER).

2 Université de Tillabéri, Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement. BP: 175, Tillabéri (NIGER).

0Auteur correspondant: aliosanda@yahoo.fr. Tel : 00227 96 58 00 99.

### **Abstract**

**Objective:** The aims of this study is to determine the prevalence and phenotype diversity of *Salmonella* isolated from poultry gut in Niger. **Methodology and Results:** A total of 155 poultry gut consisting of gizzard, liver and spleen were analyzed according to ISO 6579: 2002. Based on these different analyzes, high prevalence of *Salmonella* from 20% to 69% was found. Serotyping showed the predominance of Derby 42.37% followed by Hato 15.25%, Chester 10.17%, Agona 5.08%, Suberu and Essen 3.39% each, Hessarek and Kissangani 1.69% each. Isolated *Salmonella* strains showed low resistance to antibiotics. **Conclusion and perspective:** Poultry gut for human consumption has high concentration of *Salmonella*. This is due to poor hygienic practices of poultry sellers . From these facts, awareness and training measures are necessary. The Niger authorities must also build modern slaughterhouses and poultry markets in order to reduce the risk of proliferation of infectious diseases such as gastroenteritis and food poisoning.

## Résumé

**Objectif :** Le but de cette étude est de déterminer la prévalence et la diversité des *Salmonella* isolées des abats de volaille au Niger. **Méthodologie et résultats :** Au total 155 abats de volaille constitués de gésier, du foie et de la rate ont été analysés selon la norme ISO 6579 :2002. Au sortir de ces différentes analyses, une forte prévalence de *Salmonella* allant de 20% à 69% a été trouvée. Le sérotypage a montré, la prédominance de Derby 42,37% suivi de Hato 15,25%, Chester 10,17%, Agona 5,08%, Suberu et Essen 3,39% chacun, Hessarek et Kissangani 1,69% chacun. Les souches de *Salmonella* isolées ont montré une faible résistance aux antibiotiques. **Conclusion et perspective :** les abats de volaille destinés à la consommation humaine présentent une forte concentration de *Salmonella*. Cela est dû en grande partie aux mauvaises pratiques d'hygiène de vendeurs des abats. De ce fait, des mesures de sensibilisation et de formation sont nécessaires. Les autorités nigériennes doivent aussi construire des abattoirs et marchés de volaille moderne afin de réduire les risques de prolifération des maladies infectieuses telles que les gastro-enterites et les intoxications alimentaires.

## **Évaluation in vitro de l'activité antibactérienne des extraits de trois plantes (*Combretum micranthum*; *Acacia nilotica* et *Phyllanthus pentandrus*) sur des souches de *Salmonella* Typhi et *Salmonella* Typhimurium.**

ALIO SANDA Abdelkader (01), INOUSSA Maman Maârouhi (1), SAMNA SOUMANA Oumarou (2), MOUNKAILA Soumaila (3), SOUMANA Abdou Boubacar (2), ALFA KEITA Djibo (4), BAKASSO Yacoubou (1).

1 Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel GeVaBioS. BP : 10662, Niamey (NIGER).

2 Université de Tillabéri, Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement. BP : 175, Tillabéri (NIGER).

3 Université d'Agadez ; Faculté des Sciences et Techniques, P. O Box 465 Agadez, Niger.

4 Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Département de chimie, BP : 10662, Niamey (NIGER).

0Auteur correspondant : [aliosanda@yahoo.fr](mailto:aliosanda@yahoo.fr). Tel : 00227 96 58 00 99.

### Résumé :

L'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques est une pratique courante depuis des millénaires. Le but de cette présente étude est d'évaluer les propriétés antibactériennes des extraits de ces trois plantes (*Combretum micranthum*; *Acacia nilotica* et *Phyllanthus pentandrus*) sur la croissance *in-vitro* de souches de *S. Typhi* et *S. Typhimurium*.

Méthodes : Les plantes ont été séchées, broyées et les extraits ont été séparés à l'eau distillée, à l'éthanol et au chloroforme. Les constituants phytochimiques ont été évalué en utilisant la méthode de référence. Les extraits ont été dilués à des concentrations différentes et testés sur des souches de *Salmonella* Typhi et *Salmonella* Typhimurium par la méthode de diffusion en milieu gélosé telle que décrite par Bauer. Résultat : le rendement d'extraction a été plus élevé lorsque réalisé avec de l'éthanol. Le screening phytochimique a révélé la présence des anthraquinones libres (O-hétérosides à genines réduite) et les saponosides dans les deux plantes ayant présenté

une activité antibactérienne : le *Combretum micranthum* et *Phyllanthus pentandrus*. Les extraits éthanolique et aqueux du *Phyllanthus pentandrus* ont montré une activité antibactérienne élevée contre le *Salmonella* Typhimurium à 2000mg (Zone d'inhibition 18mm), 1000mg (Zone d'inhibition 15mm) et à 500mg (Zone d'inhibition 10mm). Ce travail préliminaire a permis de mettre en évidence les propriétés antibactériennes des extraits de deux plantes (*Combretum micranthum* et *Phyllanthus pentandrus*).

**Mots clés :** Activité antibactérienne, plantes médicinales, *Salmonella*, Niger

## **Activité bactéricide de l'hypochlorite de sodium (Eau de javel) à différentes concentrations sur trois souches de *Salmonella***

ALIO SANDA Abdelkader (01), INOUSSA Maman Maârouhi (1), SAMNA SOUMANA Oumarou (2), BAKASSO Yacoubou (1).

1 Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie, Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel GeVaBioS. BP : 10662, Niamey (NIGER).

2 Université de Tillabéri, Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement. BP : 175, Tillabéri (NIGER).

0Auteur correspondant : aliosanda@yahoo.fr. Tel : 00227 96 58 00 99.

### **Résumé**

**Objectif :** Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité bactéricide de *l'hypochlorite de sodium (Eau de Javel)* à différente concentration sur des souches isolées de *Salmonella*. **Méthodologie :** La méthode utilisée est celle préconisée par la norme AFNOR NF T 72-173 /NF EN 1276 qui nécessite l'utilisation d'un neutralisant. **Résultats :** Nos résultats ont montré que les souches de *Salmonella* Paratyphi A et Typhimurium isolée chez l'homme ont été résistantes à l'Eau de Javel. La concentration  $10^{-3}$  d'utilisation de l'eau de javael n'a pas permis la réduction logarithmique les souches Paratyphi A Humain, Typhimurim Humain avec EJ1 et Paratyphi A Humaine avec EJ2. **Conclusion :** Les souches de *Salmonella* Paratyphi A et Typhimurium isolées chez l'homme ont été plus résistantes à l'Eau de javel. Celles isolées de la laitue étaient plus sensibles.

## **Annexe 2: Communications scientifiques**

**Alio Sanda A., 2017 :** Diversité et dynamique des *Salmonella* isolées de la laitue (*Lactuca sativa* L.) dans les cultures maraîchères au Niger. Communication orale. 5ème conférence et 7ème assemblée générale annuelle de l'association des Universités d'Afrique de l'Ouest (AWAU) organisée par l'université Abdou Moumouni, Niamey, république du Niger, tenue du 17 au 21 Septembre 2017.

**Alio Sanda A., 2017 :** Epidémiologie, diversité et résistance aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées chez l'homme au Niger. Communication orale. 1er congrès de l'Association Nigérienne de Pédiatrie (ASNIPED), Niamey, république du Niger, tenue du 6 au 7 Décembre 2017.

## Annexe3 : Questionnaires d'échantillonnage

### Questionnaire échantillonnage Humain

#### Identification du Site :

N° questionnaire : .....

Date de collecte : /\_\_\_/ \_\_\_/ \_\_\_/

Nom du Laboratoire :

Tsoho Labo : /\_\_\_/

Laboratoire de l'Hôpital National de Niamey : /\_\_\_/

Laboratoire de l'hôpital National de Lamordé : /\_\_\_/

N° d'identification du patient dans le registre: /\_\_\_/

Date de l'analyse : /\_\_\_/ \_\_\_/ \_\_\_/

N° code de l'échantillon : .....

#### Patient

NOM : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

Tel : .....

Age (ou date de naissance) : .....

Sexe : F /\_\_\_/ M /\_\_\_/

Profession : .....

Si jeune enfant, type de garde : Crèche  Garderie  Nourrice  Garde à domicile

Maternelle  Autres  préciser : .....

Personne interrogée (si différent du patient)

NOM : .....

Tél : .....

#### Diagnostic biologique

Nature des analyses demandées :

Coproculture : /\_\_\_/ Hémoculture : /\_\_\_/ ECBU /\_\_\_/ Sérodiagnostic de Widal et Félix /\_\_\_/

Services demandeurs : Hôpital publique /\_\_\_/ Clinique privée /\_\_\_/ Cabinet de Soins /\_\_\_/

Infirmierie /\_\_\_/ Demande personnelle : /\_\_\_/ Non précisé /\_\_\_/



LDC :                    POS         NEG   
ODC :                    POS         NEG   
Citrate de Simmons :    POS         NEG   
Indol :                    POS         NEG   
Gélatine :                POS         NEG   
Uréase :                    POS         NEG

**Milieux utilisés pour la culture des *Salmonella* :**

- **Pré-enrichissement** : OUI         NON

Si Oui le quel : Eau Peptonée Tamponnée (EPT) /\_\_\_/    Bouillon Cœur Cervele/\_\_\_/    Tampon glycerol saline /\_\_\_/ Autres à préciser :.....

- **Enrichissement** : OUI         NON

Si Oui le quel : Rappaport-Vassiliadis /\_\_\_/    Sélénite Cystine/\_\_\_/    Mueller-Kauffman/\_\_\_/    Autres à préciser :.....

- **Isolement** : OUI         NON

Si Oui le quel : Hektoen /\_\_\_/    *Salmonella*-Shigella /\_\_\_/    Xylose Lysine Desoxycholate/\_\_\_/    McConkey /\_\_\_/    Autres à préciser :.....

## Questionnaire échantillonnage Volaille

### Identification du Site :

N° questionnaire : .....

Date :        /        /

Région : .....

Département : .....

District : .....

Quartier : .....

Cordonnées GPS : 1-Latitude : .....

2-Longitude : .....

3-Altitude : .....

### Identification du personnel

Nom du répondant : .....

Adresse : .....

N° Tel : .....

Age (ou date de naissance) : .....

Sexe : F /\_\_\_/                      M /\_\_\_/

Groupe ethnique :  Haoussa     Zarma     Peul     Touareg     Kanouri     Gourmantché  
 Arabe     Toubou    Autre à préciser.....

Statut éducatif :  Illettré     Primaire     Collège     Lycée     Autres : .....

### Hygiène

Nombre de travailleurs : /-----/

Changement d'habits/semaine : /-----/

Lavage de mains pendant le travail :     Avant             Pendant             Après

Savon :             OUI                       NON

Javel :             OUI                       NON

Autres : .....

Etes-vous sensibilisé vis-à-vis de l'hygiène :     OUI                       NON

Visité médicale/fréquence : Nombre de fois /-----/ans

## Volaille

Achat sur place :  OUI  NON

Provenance : Région : ..... Département : .....

Livraison des animaux : Vivant : /\_\_\_/ Conditionnée: /\_\_\_/ Autres: /\_\_\_/

Nombre de volailles abattus par jours: /\_\_\_/

Nombre de lot (Animaux d'origine différente) : /\_\_\_/

Séparation de secteurs d'activité: propre/souillé :  OUI  NON

Types d'abats vendus :  Gésier  Foie  Cœurs  Intestins Autres : .....

Conditionnement du reste de viande :  Frigorifié  Friture  Bouillis  Grillade

Si frigorifié à quelle température :  Dans la glace  -4°C  -20°C

### Etat hygiénique des équipements:

Fréquence de nettoyage: /\_\_\_/ jour.

Fréquence de nettoyage des habits: /\_\_\_/ / mois.

Fréquence de nettoyage des tables pendant le travail. /\_\_\_/

Après chaque opération de travail:  OUI  NON

Nettoyage des ustensiles: 1x/jour/\_\_\_/ A chaque pause: /\_\_\_/ plusieurs x / jour

Nettoyage du sol pendant le travail :  OUI  NON

Renouvellement de l'eau de rinçage des carcasses:  OUI  NON

## Questionnaire échantillonnage Laitue

### Identification du Site :

N° questionnaire : .....

Date :        /        /

Région : .....

Département : .....

District : .....

Quartier : .....

Cordonnées GPS : 1-Latitude : .....

2-Longitude : .....

3-Altitude : .....

### Identification du personnel

Nom du répondant : .....

Adresse : .....

N° Tel : .....

Age (ou date de naissance) : .....

Sexe : F / \_\_\_ /                      M / \_\_\_ /

Groupe ethnique :  Haoussa     Zarma     Peul     Touareg     Kanouri     Gourmantché  
 Arabe     Toubou    Autre à préciser.....

Statut éducatif :  Illettré     Primaire     Collège     Lycée     Autres : .....

### Emplacement de l'exploitation

Situation de site :     Urbain                       Péri-urbain                       Rural

Distance des habitations en mètre : .....m

Distance des cours d'eau : .....m

Distance de décharge : .....m

Distance des routes ou chemin : .....m

### Sources d'eaux d'irrigation :

- Eaux de fleuve :         OUI                       NON
- Eaux de Mare :         OUI                       NON
- Eaux de puits :         OUI                       NON
- Eaux de caniveaux :  OUI                       NON

Traitement effectué sur le site :  OUI                       NON

Si OUI, préciser : .....

Utilisé vous du fumure organique:       OUI               NON

Si OUI quel types d'engrais :     Volaille       Caprin       Bovin       Aquin

**Produits exploité :**

Nombre de variété : /...../

Type de variété : 1 :.....      2 :.....      3 :.....      4 :.....

La récolte du produit est réalisé par :  Producteur     Acheteur       Autres : .....

Le lavage de la récolte est-il effectué :     Surplace               Ailleurs

