

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للبيطرة - الحراش
الجزائر
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE – EL HARRACH
ALGER

Mémoire de Magister en Sciences Vétérinaires

Option : Hygiène et Sécurité Alimentaire

THÈME

*Prévalence et antibiorésistance des souches de
Salmonella spp. isolées à partir de différentes matrices
alimentaires dans la wilaya d'Alger*

Présenté par : Dr. MEZALI Lynda

Président :	EL-HADEF EL-OKKI Saâdoune	Professeur (ISV Constantine)
Promoteur :	HAMDI Taha Mossadak	Maître de conférences (ENSV)
Examineurs :	CHAHED Amina	Maître assistante classe A (ENSV)
	BOUKHORS Karima	Maître de conférences (ENSV)
	BENBEDDOUCHE Badis	Maître de conférences (ENSV)

Année universitaire : 2008-2009

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للبيطرة - الحراش
الجزائر
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE – EL HARRACH
ALGER

Mémoire de Magister en Sciences Vétérinaires

Option : Hygiène et Sécurité Alimentaire

THÈME

*Prévalence et antibiorésistance des souches de
Salmonella spp. isolées à partir de différentes matrices
alimentaires dans la wilaya d'Alger*

Présenté par : Dr. MEZALI Lynda

Président :	EL-HADEF EL-OKKI Saâdoune	Professeur (ISV Constantine)
Promoteur :	HAMDI Taha Mossadak	Maître de conférences (ENSV)
Examineurs :	CHAHED Amina	Maître assistante classe A (ENSV)
	BOUKHORS Karima	Maître de conférences (ENSV)
	BENBEDDOUCHE Badis	Maître de conférences (ENSV)

Année universitaire : 2008-2009

Remerciements

"C'est le devoir de chaque homme de rendre au monde au moins autant qu'il en a reçu. N'essayez pas de devenir un homme qui a du succès, essayez de devenir un homme qui a de la valeur" Einstein.

Que chacun des membres du jury soit ici sincèrement remercié pour l'attention et l'intérêt qu'ils ont portés à ce travail.

Je remercie monsieur EL-HADEF EL-OKKI Saâdoune, professeur à l'ISV de Constantine, de m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Je remercie également madame CHAHED Amina, mademoiselle BOUKHORS Karima et monsieur BENDEDDOUCHE Badis, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer à ce jury. La consécration d'un travail de recherche ne saurait se réduire à une réalisation singulière.

Je tiens particulièrement à remercier monsieur HAMDI Taha Mossadak, de m'avoir guidé et fait confiance tout au long de la réalisation de ce travail. Pour vos valeurs humaines et votre disponibilité, recevez ici l'expression de ma respectueuse gratitude.

Je remercie vivement :

Mes professeurs de la graduation et de la post-graduation de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.

Mes collègues et amis vétérinaires de la 2^{ème} promotion : Faiza, Asma, Lila, Leila, Sabrina, Wahiba et Fayçal. Merci pour les bons moments partagés.

Madame KECHIH Saliha pour ses conseils et orientations.

Madame HAMDI Fouzia et Madame GHEZALI Samia pour leurs contributions.

Monsieur MAKHOUKH, directeur général de l'épic Hurbal, de m'avoir ouvert les portes de son laboratoire.

Tous les biologistes et les techniciens qui m'ont sincèrement aidé et soutenu, avec à leur tête madame LABCHRI Zohra, chef du laboratoire Aliments.

Mademoiselle BELKADI Chafika, biologiste chargée de recherche au sein du service des entérobactéries et vibrions de l'Institut Pasteur d'Algérie. J'ai eu l'honneur et le plaisir de te connaître et de partager ta paillasse et ton amour pour la science.

Mes amis vétérinaires et biologistes des bureaux d'hygiène communaux, en particulier, Fayçal, Ratiba, Hassina, Samia et Naima. Merci pour votre précieuse aide.

Il y a certaines personnes qui méritent un remerciement particulier.

.celles qui ont répondu présentes dans les moments les plus durs. Je ne les remercierai jamais assez d'avoir cru en moi lorsque j'ai eu le doute de croire en moi-même ; je pense à :

- ✓ Tous les miens qui m'ont honnêtement soutenu ;
- ✓ Zahra, Samir et son adorable maman ;
- ✓ Zineb, ma conseillère ;
- ✓ Mme et Mr AISSANI Rachid qui me considèrent comme une des leurs ;
- ✓ Nadia, Leila, Nawel, Kahina et Selma, mes amies et confidentes de longue date, merci de me supporter ;
- ✓ Dino et Litz, grâce à qui je ne regrette pas d'avoir choisi ce métier.

Enfin, ce projet de trois ans n'aurait pu aboutir sans vos encouragements et votre soutien. Que chacun d'entre vous soit ici remercié de tout cœur.

.celles qui m'ont irrité, merci pour l'aide insoupçonnée !

Dédicace

À la *bougie* de ma vie qui s'est éteinte le 25 Avril 2008, "YEMMA THAÂZIZTH", je dédie l'intégralité de ce travail. Aussi modeste soit-il, elle y tenait énormément.

Pour ton éducation, tes sacrifices, tes conseils, tes encouragements, ta patience, et surtout pour tes prières et ton amour discret mais intarissable, je te serai toujours reconnaissante.

Ton parcours, trop court dans le temps, est pour moi une leçon que le plus éminent des professeurs ne saurait donner. Anéantie et inconsolable, saches que j'en ai puisé toutes les forces pour pouvoir me relever et continuer seule...*sans toi* !

Très fière de moi, tu l'étais ; je ne te décevrai pas...alors,

Reposes en paix *MAMAN*.

Ta fille qui, *face à tout et tous*, honorera jusqu'au dernier souffle ta mémoire,

LYNDA ou, comme tu aimais tant m'appeler, "*MES YEUX*".

Dédicace

À la mémoire d'un être cher, à celui qui m'a inculqué les valeurs sûres et transmis le respect pour les études ; à mon père, mon idole.

Merci est un mot trop banal pour t'exprimer mon respect et ma gratitude ; je te dois tout.

Envahi et meurtri par le chagrin, tu ne pouvais que rejoindre *MAMAN* à peine un an après, le 31 Mai 2009.

Unis à la vie, vous l'êtes désormais, à la mort ; paradoxalement, c'est peut être là ma seule consolation et l'unique réponse à ceux qui voulaient aller à l'encontre de la volonté de Dieu !

Reposes en paix *PAPA*.

Ta fille qui fût très jeune et durant des années, ton bras droit.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

°C : Degré Celsius.

Ac : acide.

Ag : antigène.

ADH : Arginine-DésHydrogénase.

AFSCA : Agence Fédérale de la Sécurité de la Chaîne Alimentaire.

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé.

AFSSA-LERHQA : Agence française de Sécurité Sanitaire des Aliments - Laboratoire d'Etude et de Recherches sur la Qualité des Aliments et sur les procédés agroalimentaires.

ATCC : American Type Culture Collection.

CDCP : Centers for Diseases Control and Prevention.

CLSI : Clinical and Laboratory Standards Institute.

CNRSS : Centre National de Référence des *Salmonella* et *Shigella*.

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.

DSV : Direction des Services Vétérinaires.

FDA : Food and Drug Administration.

h : heure.

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point.

ICMSF : International Commission on Microbiological Specifications for Foods.

InVS : Institut de Veille Sanitaire.

ISO : International Organization for Standardization.

LDC : Lysine-DéCarboxylase

ml : millilitres.

NCCLS : National Clinical Committee Laboratory Standard.

nm : nanomètre.

ODC : Ornithine-DéCarboxylase.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

NaCl : chlorure de sodium.

s : secondes.

SFB : Selenite Fraser Broth.

SPI : *Salmonella* Pathogenicity Islands.

TDA : Tryptophane DésAminase.

TEM : Nom du malade chez qui la première souche de *Salmonella* porteuse de ce type d'enzyme, a été isolée.

ufc : unité formant colonie.

USDA : United States Department of Agriculture.

USFDA : United States of Food and Drug Administration.

µm : micromètre.

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification des espèces et des sous-espèces du genre <i>Salmonella</i> , l'habitat de la majorité des sérovars isolés et leur nombre selon la 9 ^{ème} édition des formules antigéniques, 2007.....	Page 07
Tableau 2 : Différents groupes épidémiologiques du genre <i>Salmonella</i>	Page 08
Tableau 3 : Principaux mécanismes biochimiques de résistance aux antibiotiques..	Page 27
Tableau 4 : Incidence des TIAC en Algérie de 2001 à 2009.....	Page 147
Tableau 5 : Principales épidémies de TIA à <i>Salmonella</i>	Page 40
Tableau 6 : Répartition des prélèvements de denrées alimentaires d'origine animale prélevés par commune.....	Page 150
Tableau 7 : Distribution mensuelle des prélèvements.....	Page 152
Tableau 8 : Répartition des prélèvements en fonction de la catégorie alimentaire.	Page 152
Tableau 9 : Diagnostic biochimique différentiel des <i>Salmonella</i> avec quelques genres de la famille des <i>Enterobacteriaceae</i> (Principaux caractères).....	Page 153
Tableau 10 : Interprétation des tests biochimiques pour la recherche de <i>Salmonella</i> sur une galerie classique.....	Page 67
Tableau 11 : Interprétation des tests biochimiques pour la recherche des <i>Salmonella</i> sur une galerie miniaturisée API 20E.....	Page 70
Tableau 12 : Classification des différents antibiotiques testés.....	Page 154
Tableau 13 : Diamètres critiques des zones d'inhibition des antibiotiques testés pour les <i>Enterobacteriaceae</i> selon le CLSI.....	Page 79
Tableau 14 : Répartition des souches étudiées en sous-espèces de <i>Salmonella</i>	Page 155
Tableau 15 : Répartition mensuelle des souches de <i>Salmonella</i> spp.....	Page 155
Tableau 16 : Prévalence des souches de <i>Salmonella</i> spp. en fonction de la catégorie alimentaire.....	Page 83
Tableau 17 : Taux de contamination par <i>Salmonella</i> spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « viandes rouges et produits carnés crus ».....	Page 155
Tableau 18 : Taux de contamination par <i>Salmonella</i> spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « viandes blanches et produits dérivés crus ».....	Page 156
Tableau 19 : Taux de contamination par <i>Salmonella</i> spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « Produits de la pêche crus ».....	Page 156
Tableau 20 : Taux de contamination par <i>Salmonella</i> spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « Lait et produits laitiers ».....	Page 156

Tableau 21 : Taux de contamination par <i>Salmonella</i> spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « Produits divers ».....	Page 156
Tableau 22 : Distribution globale des sérovars de <i>Salmonella</i> spp. dans les denrées alimentaires d'origine animale.....	Page 157
Tableau 23 : Formules antigéniques des sérovars isolés (extrait du tableau de <i>Kauffmann-White</i>).....	Page 105
Tableau 24 : Répartition des souches de <i>Salmonella</i> spp. sur les sérogroupes du schéma de <i>Kauffmann-White</i>	Page 158
Tableau 25 : Prévalence de sérovars isolés par prélèvement.....	Page 158
Tableau 26 : Prévalence globale des sérovars de <i>Salmonella</i> spp. isolés selon leur origine alimentaire.....	Page 108
Tableau 27 : Résultats de l'identification biochimique et sérologique des souches de <i>Salmonella</i> en fonction de la matrice alimentaire et du lieu de prélèvement.....	Page 159
Tableau 28 : Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques des souches de <i>Salmonella</i> spp. isolées et sérotypées.....	Page 162
Tableau 29 : Réponse de l'étude globale de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques.....	Page 158
Tableau 30 : Taux de résistance de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques.....	Page 122
Tableau 31 : Résultats de l'étude de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques en fonction de la catégorie clinique.....	Page 165
Tableau 32 : Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques de chacune des souches de <i>Salmonella</i> spp.....	Page 127
Tableau 33 : Taux de résistance et de sensibilité réduite des souches de <i>Salmonella</i> spp. résistantes à un seul antibiotique.....	Page 129
Tableau 34 : Phénotypes de résistance des souches de <i>Salmonella</i> spp. résistantes à un seul antibiotique.....	Page 129
Tableau 35 : Taux de résistance et de sensibilité réduite des souches de <i>Salmonella</i> multirésistantes.....	Page 131
Tableau 36 : Phénotypes de résistance des souches multirésistantes.....	Page 132
Tableau 37 : Profils de résistance aux antibiotiques du séovar Typhimurium.....	Page 135
Tableau 38 : Taux de résistance et de sensibilité réduite des souches de <i>S.Typhimurium</i> aux principaux antibiotiques testés.....	Page 166
Tableau 39 : Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques de <i>Salmonella</i> spp. en fonction de la catégorie alimentaire.....	Page 138

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Représentation schématique de l'Ag O sur le LPS.....	Page 14
Figure 2 : Mécanismes et sites d'action des antibiotiques.....	Page 23
Figure 3 : Cycle épidémiologique des <i>Salmonella</i>	Page 34
Figure 4 : Évolution du taux de morbidité des TIAC en Algérie entre 2001 et 2009.....	Page 36
Figure 5 : Facteurs de virulence des <i>Salmonella</i>	Page 42
Figure 6 : Pathogénie générale d'une infection salmonellique.....	Page 44
Figure 7 : Répartition des prélèvements sur les différentes communes de la wilaya d'Alger.....	Page 151
Figure 8 : Distribution mensuelle des prélèvements.....	Page 53
Figure 9 : Répartition des prélèvements analysés sur les cinq catégories d'aliments d'origine animale définies.....	Page 56
Figure 10 : Diagramme général du mode opératoire.....	Page 57
Figure 11 : Diagramme du mode opératoire d'isolement et d'identification biochimique de <i>Salmonella</i> (NF V08-052).....	Page 71
Figure 12 : Diagramme du mode opératoire de l'identification sérologique de <i>Salmonella</i>	Page 75
Figure 13 : Diagramme du mode opératoire de l'antibiogramme standard.....	Page 78
Figure 14 : Répartition des souches de <i>Salmonella</i> en fonction de la sous-espèce...	Page 81
Figure 15 : Répartition mensuelle des souches de <i>Salmonella</i> isolées.....	Page 82
Figure 16 : Prévalence globale des souches de <i>Salmonella</i> spp. selon la catégorie d'aliments.....	Page 84
Figure 17 : Prévalence de la contamination des viandes rouges et des produits carnés crus par <i>Salmonella</i> spp.....	Page 88
Figure 18 : Prévalence de la contamination des viandes blanches et leurs produits dérivés crus par <i>Salmonella</i> spp.....	Page 92
Figure 19 : Prévalence de contamination des produits de la pêche crus par <i>Salmonella</i> spp.....	Page 96
Figure 20 : Prévalence de contamination du lait et des produits laitiers par <i>Salmonella</i> spp.....	Page 99
Figure 21 : Prévalence de la contamination des produits divers par <i>Salmonella</i> spp.....	Page 101

Figure 22 : Prévalence globale des sérovars de <i>Salmonella</i> spp. isolés.....	Page 103
Figure 23 : Répartition des souches de <i>Salmonella</i> spp. sur les sérogroupes du schéma de Kauffmann-White.....	Page 106
Figure 24 : Prévalence de sérovars isolés par prélèvement.....	Page 107
Figure 25 : Prévalence des sérovars isolés à partir des viandes rouges et des produits carnés crus.....	Page 110
Figure 26 : Prévalence des sérovars isolés à partir des viandes blanches et de leurs produits dérivés crus.....	Page 113
Figure 27 : Prévalence des sérovars dans les produits de la pêche crus.....	Page 116
Figure 28 : Prévalence des sérovars isolés à partir du lait et des produits laitiers....	Page 117
Figure 29 : Prévalence des sérovars isolés à partir de produits divers.....	Page 119
Figure 30 : Expression globale de l'étude de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques.....	Page 122
Figure 31 : Taux de résistance des souches de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques...	Page 122
Figure 32 : Résultats de l'étude de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques en fonction de la catégorie clinique.....	Page 125
Figure 33 : Taux de résistance et de sensibilité réduite de <i>S.Enteritidis</i>	Page 130
Figure 34 : Taux de résistance et de sensibilité réduite de <i>S.Heidelberg</i>	Page 133
Figure 35 : Taux de résistance et de sensibilité réduite de <i>S.Anatum</i>	Page 134
Figure 36 : Résultats de l'étude de la sensibilité de <i>S.Typhimurium</i> aux principaux antibiotiques testés.....	Page 137
Figure 37 : Prévalences de résistance à un seul antibiotique et de multirésistance dans les catégories de viandes.....	Page 139
Figure 38 : Taux de résistance de <i>Salmonella</i> spp. aux principaux antibiotiques testés en fonction de la catégorie alimentaire.....	Page 139

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 : Aspect des colonies typiques de <i>Salmonella</i> sur XLD et sur HK.....	Page 58
Photographie 2 : Aspect typique d'une culture de <i>Salmonella</i> sur milieu au TSI....	Page 60
Photographie 3 : Recherche de l'uréase.....	Page 61
Photographie 4 : Recherche de la TDA.....	Page 61
Photographie 5 : Recherche de la production d'indole.....	Page 62
Photographie 6 : Recherche de la β -galactosidase.....	Page 63
Photographie 7 : Galerie biochimique caractéristique d'une <i>Salmonella</i> spp.....	Page 67
Photographie 8 : Aspect d'une <i>Salmonella arizonae</i> sur galerie API 20E.....	Page 69
Photographie 9 : Aspect d'une <i>Salmonella</i> spp. sur galerie API 20E.....	Page 69
Photographie 10 : Aspect d'une réaction négative et d'une réaction positive d'une agglutination sérologique sur lame.....	Page 74
Photographie 11 : Profil d'antibiorésistance de l'une des cinq souches de <i>S.Typhimurium</i> isolées.....	Page 136

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	Page 1
-------------------	--------

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : DONNÉES GÉNÉRALES SUR LE GENRE *Salmonella*

I. Historique.....	Page 3
II. Taxonomie et évolution de la nomenclature.....	Page 5
III. Caractères bactériologiques.....	Page 9
III.1. Caractères morphologiques.....	Page 9
III.2. Caractères culturels.....	Page 9
III.3. Caractères biochimiques.....	Page 12
III.4. Caractères antigéniques.....	Page 13
IV. Détection, identification et caractérisation des <i>Salmonella</i>	Page 19

Chapitre II : ANTIBIOTIQUES ET ANTIBIORÉSISTANCE

I. Les antibiotiques, leurs cibles et mécanismes d'action.....	Page 23
II. Étude de la sensibilité aux antibiotiques.....	Page 24
II.1. Généralités.....	Page 24
II.2. Valeurs critiques et notions de sensibilité et de résistance.....	Page 24
III. Antibiorésistance.....	Page 25
III.1. Définition.....	Page 26
III.2. Mécanismes de résistance.....	Page 26
III.3. Profil et enzymes de résistance de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques.....	Page 28
III.4. Évolution de la résistance aux antibiotiques dans le genre <i>Salmonella</i> et notion de multirésistance.....	Page 29

Chapitre III : *Salmonella*, AGENTS DE TOXI-INFECTIONS ALIMENTAIRES

I. Généralités.....	Page 32
II. Données épidémiologiques.....	Page 33
II.1. Habitat, réservoirs et mode de transmission.....	Page 33
II.2. Incidence.....	Page 34
II.3. Sérovars incriminés.....	Page 36
II.4. Aliments mis en cause.....	Page 38
II.5. Principales épidémies.....	Page 39
III. Pouvoir pathogène et facteurs de virulence.....	Page 41

IV. Mécanisme physiopathologique.....	Page 43
V. Symptomatologie.....	Page 45
VI. Diagnostic.....	Page 46
VII. Traitement.....	Page 47
VIII. Mesures de prévention et de surveillance des toxi-infections alimentaires.....	Page 48

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

I. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	Page 51
I.1. Matériels.....	Page 51
I.1.1. Échantillonnage.....	Page 52
I.1.1.1. Mode d'échantillonnage.....	Page 52
I.1.1.2. Distribution.....	Page 52
I.2. Méthodes.....	Page 55
II.2.1. Recherche et identification biochimique des <i>Salmonella</i>	Page 57
II.2.2. Identification sérologique des souches de <i>Salmonella</i> spp. isolées.....	Page 72
II.2.3. Étude de la sensibilité aux antibiotiques.....	Page 76
II.2.4. Conservation des souches.....	Page 80
II. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	Page 81
II.1. Étude de la prévalence des souches de <i>Salmonella</i> isolées.....	Page 81
II.1.1. Prévalence de <i>Salmonella</i> dans toutes les matrices alimentaires confondues.....	Page 81
II.1.2. Prévalence des souches de <i>Salmonella</i> spp. en fonction de la catégorie d'aliments.....	Page 83
II.1.2.1. Prévalence de <i>Salmonella</i> spp. dans la catégorie « Viandes rouges et produits carnés crus ».....	Page 84
II.1.2.2. Prévalence de <i>Salmonella</i> spp. dans la catégorie « Viandes blanches et produits dérivés crus ».....	Page 90
II.1.2.3. Prévalence de <i>Salmonella</i> spp. dans la catégorie « Produits de la pêche crus ».....	Page 95
II.1.2.4. Prévalence de <i>Salmonella</i> spp. dans la catégorie « Lait et produits laitiers ».....	Page 97
II.1.2.5. Prévalence de <i>Salmonella</i> spp. dans la catégorie « Produits divers ».....	Page 100

II.2. Étude sérologique des souches de <i>Salmonella</i> spp. isolées	Page 102
II.2.1. Prévalence globale des souches de <i>Salmonella</i> spp. et leur classification dans le tableau de <i>Kauffmann-White</i>	Page 102
II.2.1.1. Prévalence de <i>Salmonella</i> spp. dans toutes les matrices alimentaires confondues.....	Page 102
II.2.1.2. Répartition des souches de <i>Salmonella</i> étudiées dans les sérogroupes du schéma de <i>Kauffmann-White</i>	Page 106
II.2.2. Prévalence des différents sérovars de <i>Salmonella</i> regroupés dans un seul prélèvement.....	Page 107
II.2.3. Prévalence des différents sérovars en fonction de la catégorie de denrées alimentaires.....	Page 107
II.2.3.1. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Viandes rouges et produits carnés crus ».....	Page 109
II.2.3.2. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Viandes blanches et produits dérivés crus ».....	Page 112
II.2.3.3. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Produits de la pêche crus ».....	Page 115
II.2.3.4. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Lait et produits laitiers ».....	Page 117
II.2.3.5. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Produits divers ».....	Page 118
II.3. Étude de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques	Page 121
II.3.1. Étude globale de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques.....	Page 121
II.3.2. Étude de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. en fonction de l'antibiotique.....	Page 123
II.3.3. Étude de la sensibilité de <i>Salmonella</i> spp. aux antibiotiques en fonction du sérovar et détermination de leurs phénotypes de résistance.....	Page 126
II.3.3.1. Souches résistantes à un seul antibiotique.....	Page 129
II.3.3.2. Souches multirésistantes.....	Page 131
II.3.4. Étude de l'antibiorésistance en fonction de la denrée alimentaire.....	Page 137
III. CONCLUSION	Page 142
IV. RECOMMANDATIONS	Page 144
ANNEXES	Page 147
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
RÉFÉRENCES WEBOGRAPHIQUES	

Introduction

L'apport protéique dans l'alimentation de l'homme est principalement assuré par des denrées d'origine animale (viandes, poissons, lait, œufs...).

Ces aliments, de par leur richesse en éléments nutritifs, peuvent être le siège d'une prolifération microbienne diversifiée à l'occasion d'une défaillance des mesures d'hygiène, le long du circuit de transformation et de distribution ; la flore pathogène dont *Salmonella*, est particulièrement présente sans qu'il y ait modification de la qualité organoleptique, d'où le danger.

Ce genre bactérien revêt un intérêt mondial considérable dans les secteurs industriel et médical, tant par la maladie provoquée chez l'animal qui peut engendrer d'importantes pertes économiques, que par l'association très étroite avec les toxi-infections chez l'homme (20 ; 24) considérées comme des maladies zoonotiques transmises par l'ingestion de denrées alimentaires contaminées (185).

Plus de 60% des cas de gastro-entérites d'étiologie bactérienne sont dus à *Salmonella* ; elles constituent de ce fait un phénomène majeur de santé publique, ce qui justifie l'implication de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) dans la lutte contre les salmonelloses (185).

La présence permanente de *Salmonella* dans nos aliments est assurée par un vaste réservoir représenté essentiellement par les animaux de rente. Les porteurs asymptomatiques maintiennent la réinfection cyclique (94) et l'intensification des modes d'élevage, particulièrement bovin et avicole (confinement et utilisation d'antibiotiques à des fins thérapeutiques ou non souvent comme promoteurs de croissance) ont participé à la recrudescence des salmonelloses animales (11).

Si la mise en place d'une politique de lutte peut contribuer à baisser le nombre de cas de salmonelloses chez l'homme, les prévenir passe par l'amélioration et le respect des mesures d'hygiène au cours de l'abattage, de la distribution et du stockage ; mais les changements intervenus ces dernières années, dans le mode de vie de notre société (aliments divers hautement manipulés prêts à cuire ou à consommer, restauration rapide et cuisson insuffisante) rendent la mission difficile en favorisant la multiplication des *Salmonella* initialement présentes à des doses relativement faibles.

Par ailleurs, l'utilisation des antibiotiques en dehors du cadre législatif en pratique vétérinaire, a eu pour conséquence l'émergence de souches multirésistantes qui peuvent parvenir à l'homme ; ce phénomène est d'autant plus inquiétant qu'il touche des souches jusqu'alors sensibles et s'étend à des antibiotiques réservés à la médecine humaine d'où le risque d'impasse thérapeutique.

Les études concernant l'évaluation qualitative de la contamination salmonellique, suivie de l'appréciation de la sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* spp. isolées à partir de différentes denrées alimentaires (au niveau des points de vente de détail), sont rares.

Partant de cette idée, ce travail a été initié ; il fait l'objet d'une étude de la prévalence et de l'antibiorésistance des souches de *Salmonella* spp. isolées à partir de différentes matrices alimentaires d'origine animale.

L'appréciation de la prévalence et la détermination des sérovars seront séparément évaluées, d'abord globalement puis en fonction de la nature des aliments analysés. Elles seront suivies de l'étude de la sensibilité de toutes les souches identifiées par rapport à une série d'antibiotiques dont certains ont un intérêt particulier en médecine humaine.

Les objectifs de notre travail sont :

- La détermination de la prévalence de *Salmonella* dans les aliments d'origine animale ; ce qui nous permettra d'apprécier d'une part, l'importance de ce germe dans les productions animales, au niveau des élevages et des abattoirs, et d'évaluer l'état d'hygiène qui règne au niveau des points de vente de détail dans la capitale, d'autre part.
- La détermination des sérovars les plus fréquemment isolés.
- L'appréciation de la sensibilité des souches de *Salmonella* spp. aux antibiotiques.
- L'estimation du risque encouru par le consommateur face à des sérovars pathogènes et résistants suite à l'usage incontrôlé d'antibiotiques dans nos élevages.
- La suggestion de mesures nécessaires qui pourront contribuer à réduire la prévalence des souches de *Salmonella* spp. dans nos aliments, en particulier celles présentant des antibiorésistances.

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

DONNÉES GÉNÉRALES SUR LE GENRE Salmonella

I. Historique

L'histoire des *Salmonella*, depuis l'isolement de la première souche jusqu'à la compréhension du groupe et des inter-relations entre ses membres, est longue et compliquée et s'étale sur une période de plus de 50 ans (56).

En 1880, Eberth mis en évidence le premier bacille typhique à partir de coupes de rate et de ganglions lymphatiques prélevés d'un malade mort de fièvre typhoïde (66 ; 87 ; 88 ; 109). Actuellement *Salmonella Typhi*, il a été connu sous l'appellation d'*Eberthella typhosa* (66); Gaffky en réussit la culture en 1884 (109).

Le nom *Salmonella* fût, pour la première fois évoqué par Lignières en l'an 1900, en reconnaissance aux travaux menés par le bactériologiste américain Daniel Elmer Salmon (1850-1914). En collaboration avec Smith, ce dernier décrivit en 1886 aux États-Unis, l'agent causal de « Hogcholera », *Bacterium suipestifer* appelé par la suite, *Salmonella Choleraesuis* (15 ; 56 ; 109 ; 162).

En 1888, Gærtner isola *Bacterium enteritidis* (actuellement, *Salmonella Enteritidis*), à l'occasion d'une épidémie de gastro-entérite – 57 cas (94) –, à partir de la viande d'une vache abattue d'urgence ainsi que des organes d'un être humain ayant consommé cette viande avariée et mort 36 heures après (64 ; 1 ; 57 ; 77).

En 1892, Loeffler isola *Salmonella Typhimurium* à partir du rat (56). De Nobelé l'isola à la suite d'un cas d'intoxication alimentaire chez l'homme, en 1898 (121 ; 129).

À cette époque, la rareté des caractères permettant le diagnostic différentiel avec d'autres bacilles a mis en doute toutes les observations précédentes ; ce n'est qu'en 1896 que Pfeiffer et Kolle d'une part et Gruber et Durham d'autre part, montrèrent que le sérum d'un animal immunisé par une culture de bacille typhique acquérait des propriétés agglutinantes pour celle-ci. En Juin de la même année, Widal à Paris et Grunbaum à Londres, découvrirent indépendamment que les sérums de malades atteints de fièvre typhoïde agglutinaient les cultures de bacilles typhiques ; ce fût la naissance du sérodiagnostic (test de Widal).

Par ailleurs, et au courant de la même année, Achard et Bensaude attribuèrent l'appellation de bacilles paratyphiques aux bactéries isolées de malades développant un syndrome typhique mais avec un sérodiagnostic de Widal négatif. La même observation fût décrite par Gwynn en 1898 (109).

L'analyse des antigènes somatiques et flagellaires appelés respectivement O et H par Weil et Felix en 1918, se basa sur la méthode d'absorption des agglutinines développée par Castellani en 1902 (109 ; 115). En 1922, Andrews démontra que les antigènes flagellaires pouvaient exister dans une même culture sous deux spécificités différentes (109).

L'antigène d'enveloppe Vi dont la présence peut masquer l'agglutinabilité de l'antigène somatique O, fût découvert en 1934 chez *Salmonella* Typhi par Felix et Pitt (109 ; 111 ; 115 ; 129).

En se basant sur l'identification des facteurs antigéniques, White établit en 1925 les premières règles de la classification des souches de *Salmonella* ; ce travail fût repris et amélioré par Kauffmann dès 1930 et est, jusqu'à ce jour, connu sous l'appellation de schéma de Kauffmann-White (15 ; 56 ; 109).

II. Taxonomie et évolution de la nomenclature

La classification des *Salmonella* selon la seconde édition du *Bergey's manual of systematic bacteriology* est la suivante (145 ; 169) :

Domaine : Bacteria.

Embranchement XII ou phylum BXII : Proteobacteria.

Classe III : Gammaproteobacteria.

Ordre XII : Enterobacteriales.

Famille I : *Enterobacteriaceae*.

Genre XXXII : *Salmonella*.

La nomenclature du genre *Salmonella* est complexe et ne cesse d'évoluer ; toutefois, une uniformité dans cette nomenclature s'impose afin qu'une communication s'établisse entre les scientifiques, les organismes de santé et le public (26 ; 55).

En raison de leur importance en pathologie, l'ancien système de nomenclature a arbitrairement attribué des noms d'espèces aux premières souches isolées (69 ; 109) et les sous-espèces étaient considérées comme des sous-genres (72). En effet, en 1975 (70) Kauffmann avait décrit sur la base de quelques caractères biochimiques, quatre sous-genres qu'il avait appelés I, II, III, IV ; le sous-genre III correspondant aux bactéries appelées autrefois *Arizona hinshawii* aux États-Unis (115).

Il a été ultérieurement démontré que ces sous-genres avaient en réalité le rang taxonomique de sous-espèces et que le sous-genre III comprenait deux sous-espèces, les *arizonae* monophasiques et les *diarizonae* diphasiques ; Pour ne pas bouleverser la nomenclature de Kauffmann, elles ont été respectivement dénommées IIIa et IIIb (109 ; 115).

Suite aux travaux dirigés par Crosa et *al.* en 1973 (26 ; 114 ; 162), le genre *Salmonella* comptait une seule espèce : *Salmonella choleraesuis*, actuellement *Salmonella enterica*, dans laquelle 7 sous-espèces ont été individualisées à la base de caractères phénotypiques et génomiques (26 ; 69) ; l'appellation *enterica* qui prête moins à confusion, puisque *choleraesuis* est aussi le nom d'un sérovar (*Choleraesuis*), a été proposée en 1987 par Le Minor et Popoff (112 ; 114) et reprise par Euzéby en 1999 (64 ; 87 ; 88 ; 162). Bien que non encore publiée, cette proposition a été largement adoptée par certains pays (168).

Les résultats de recherches en taxonomie basées principalement sur les hybridations ADN-ADN, ont ultérieurement montré, que le genre *Salmonella* comprenait deux espèces génomiques (**Tableau 1**) : *Salmonella enterica*, la plus fréquente, est subdivisée sur la base de caractères biochimiques, en 6 sous-espèces (*Salmonella enterica subsp. enterica*, *Salmonella enterica subsp. salamae*, *Salmonella enterica subsp. arizonae*, *Salmonella enterica subsp. diarizonae*, *Salmonella enterica subsp. houtenae*, *Salmonella enterica subsp. indica* correspondant respectivement aux anciens sous-genres I, II, IIIa, IIIb, IV et VI), et *Salmonella bongori*, espèce rare (ex-sous-genre V) (65 ; 76 ; 87; 94 ; 115) et infestant les animaux à sang froid mais rarement les humains, a été pour la première fois isolée chez un lézard, au Bongor, ville située dans le désert tchadien (169). Jusqu'en 2005, l'officialisation des appellations *enterica* et *bongori*, de même que la validation de la description d'une possible nouvelle espèce, *Salmonella subterranea* isolée d'un sédiment acide et proposée en mai 2004 par Shelobolina et al., n'ont pas été effectuées par les instances *ad hoc* de la taxonomie internationale (87). Récemment, il a été démontré que l'organisme dit « *Salmonella subterranea* », n'appartient pas en fait, au genre *Salmonella* (72).

La sous-espèce I ou *Salmonella enterica subsp. enterica*, seule pathogène pour l'homme et les animaux à sang chaud (65 ; 109), renferme près de 60% des souches isolées (72) ; on parle de sérovars. Pour les différencier des espèces et des sous-espèces, ils ne doivent plus être écrits en italique, mais en caractères romains et la première lettre est une majuscule (65 ; 115 ; 181).

Considérant chaque sérovar comme une espèce à part entière, Kauffmann proposa des noms (87 ; 88) qui s'écrivirent en italique ; c'est ainsi qu'initialement, les sérovars ont été désignés soit par la nature de leur pouvoir pathogène : Typhi, Paratyphi, Enteritidis ; soit par leur spécificité zoologique : Typhimurium, Abortusovis, Bovismorbificans isolés respectivement à partir des rongeurs, des avortons de brebis et des bovins (114 ; 115).

Le système de nomenclature se voit modifié à la suite notamment de l'isolement du sérovar Typhimurium à partir de tous les animaux à sang chaud, y compris l'homme (115) ; cette ubiquité a fait que tous les sérovars de la sous-espèce I connus après 1966 (24 ; 119), ont été désignés par le nom du lieu où ils ont été isolés pour la première fois : Heidelberg, Panama...etc. (65 ; 94 ; 109 ; 115 ; 117).

Chapitre I : DONNÉES GÉNÉRALES SUR LE GENRE Salmonella

Il serait par ailleurs, illogique d'abandonner les noms donnés aux sérovars de la sous-espèce I pour les remplacer par des formules antigéniques (ce qui serait en accord avec les règles de nomenclature classique des autres espèces bactériennes dont les sérovars n'ont pas de noms particuliers), puisqu'ils sont rentrés dans le langage médical (87 ; 109 ; 115).

L'usage courant préconise une forme de nomenclature abrégée pour les seuls sérovars de la sous-espèce I ; par exemple, le sérovar Typhimurium s'écrit *Salmonella Typhimurium* ou *S.Typhimurium* alors que conformément au code international de nomenclature bactérienne, il devrait s'écrire *Salmonella enterica subsp.enterica* sérovar Typhimurium (15 ; 72 ; 88 ; 115 ; 143). Les sérovars classés dans les autres sous-espèces de l'espèce *enterica* ainsi que ceux appartenant à l'espèce *bongori*, sont désignés par leurs formules antigéniques (72 ; 143 ; 181 ; 185).

Tableau 1: Classification des espèces et des sous-espèces du genre *Salmonella*, l'habitat de la majorité des sérovars isolés et leur nombre selon la 9^{ème} édition des formules antigéniques, 2007 (72 ; 87 ; 88).

Espèce	<i>Salmonella enterica</i>						<i>Salmonella bongori</i>
Sous-genres de Kauffmann	I	II	IIIa	IIIb	IV	VI	V
Sous-espèces	<i>enterica</i>	<i>salamae</i>	<i>arizonae</i>	<i>diarizonae</i>	<i>houtenae</i>	<i>indica</i>	-
Habitat	Homme et Animaux à sang chaud	Environnement et Animaux à sang froid					
Nombre de sérovars	1531 (~60%)	505	99	336	73	13	22
	2557 (~99%)						
	2579						

Au sein du genre *Salmonella*, différents sérovars se distinguent et constituent du point de vue épidémiologique, trois groupes (**Tableau 2**) :

- Les sérovars responsables des formes les plus sévères de salmonelloses : les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes avec diffusion septicémique, strictement adaptés à l'homme. Ils se rencontrent principalement dans les pays en voie de développement (Afrique et Extrême-Orient). Ce sont : Typhi, Paratyphi A, B ou C et Sendai, appelés « *Salmonella* majeures » (24 ; 94).

Ils sont exclusivement transmis à l'intérieur de l'espèce humaine, par l'intermédiaire de l'eau de boisson ou d'aliments souillés par les déjections provenant de malades ou de porteurs sains (24 ; 65 ; 109).

- Les sérovars spécifiques à une espèce animale particulière : Abortusovis chez les ovins, Abortusequi chez les chevaux, Gallinarum/Pullorum chez les volailles (65 ; 115), Dublin chez les bovins et Choleraesuis et Typhisuis chez les porcs ; néanmoins, certains (Dublin et Choleraesuis) se transmettant par les aliments, peuvent être pathogènes pour l'homme (15 ; 94).

L'adaptation des sérovars de ces deux premiers groupes à un hôte particulier, les rendant particulièrement auxotrophes (24 ; 87 ; 109), serait liée à un déterminisme génétique (101).

- Les sérovars agents de Toxi-Infections Alimentaires (TIA) : ubiquistes et majoritaires, ils traversent la barrière espèce d'où une répartition mondiale et de très nombreux hôtes possibles. Acteurs d'une gastro-entérite, ils sont également appelés « *Salmonella* mineures » ou *Salmonella* non typhoïdiques (65 ; 69). Ils sont prototrophes (109).

Par la suite, nous nous intéresserons particulièrement à l'étude de ce dernier groupe.

Tableau 2 : Différents groupes épidémiologiques du genre *Salmonella* (87).

Sérovars	Spécifiques à un hôte particulier		Ubiquistes
	Homme	Espèces animales	
	Typhi. Paratyphi A, B, C. Sendai	Abortusovis. Abortusequi. Gallinarum. Typhisuis...	multiples dont Typhimurium. Enteritidis. Heidelberg. Infantis...
Répartition	Pays en voie de développement	Mondiale	
À l'origine	Typhoïde, paratyphoïde	Salmonelloses animales	Toxi-infections alimentaires

III. Caractères bactériologiques

Selon la seconde édition du *Bergey's manual of systematic bacteriology*, *Salmonella* est le 32^{ème} genre sur les 41 que compte la famille des *Enterobacteriaceae* (145 ; 169) dont elle possède les principaux caractères (101).

III.1. Caractères morphologiques

Les *Salmonella* sont des bacilles de 2 à 3 µm par 0.6 à 0.8 µm (87), à Gram négatif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs (115 ; 122), habituellement mobiles suivant un trajet sinueux (139) au moyen d'une ciliature péritriche à l'exception de sérovars d'origine aviaire, *S.Gallinarum* (101) et *S.Avium*, de rares mutants paralysés dont les flagelles sont immobiles, ainsi que de mutants dépourvus de flagelles de sérovars normalement mobiles (109). La longueur des flagelles dépend des conditions de culture et peut atteindre 20 µm, le diamètre moyen est de 20 nm et la longueur d'onde des ondulations 2.3 µm (108).

Les pili communs ou fimbriæ, appendices externes, sont des composants responsables du pouvoir d'adhésion des *Salmonella* aux cellules eucaryotes hôtes (69 ; 108 ; 157).

III.2. Caractères cultureux

Les *Salmonella* sont chimiotrophes (96 ; 122) et majoritairement prototrophes ; celles qui sont auxotrophes appartiennent essentiellement aux sérovars dont le pouvoir pathogène est restreint à un hôte particulier (24 ; 87 ; 109). Leur culture est possible sur des milieux nutritifs ordinaires à base d'extraits de viande (87 ; 115).

Après 24h d'incubation à 37°C, la culture sur la gélose Hektoen dont le pouvoir inhibiteur vis-à-vis des autres germes résulte de sa teneur en sels biliaires, donne des colonies de *Salmonella* présumptives bleues ou vertes alors que la culture sur la gélose Xylose-Lysine-Décarboxylase donne des colonies roses (76) ; sur ces deux milieux sélectifs, les colonies productrices de H₂S y présentent un centre noir plus ou moins volumineux (115).

Elles ont un diamètre de 3 à 4 mm, mais certaines peuvent être naines soit exceptionnellement à la suite de mutations (109), soit de manière constante chez certains sérovars : Abortusovis, Typhisuis (70 ; 96 ; 139 ; 140) et Abortusequi (69 ; 70) ; elles sont, dans la majorité des cas, bombées, lisses (ou smooth, S en abrégé), brillantes, rondes à bords nets.

En milieu liquide, elles donnent une culture homogène sur toute la hauteur du tube (115).

La croissance des *Salmonella* est favorisée lorsque des valeurs optimales des paramètres suivants sont réunies (94) :

III.2.1. La température

Les *Salmonella* sont mésophiles ; leur croissance est optimale entre 35 et 37°C (63 ; 69), reste possible de + 5 à + 46°C, ralentie mais significative entre + 5 et + 10°C (76).

Les températures de réfrigération $\leq + 5^{\circ}\text{C}$ bloquent leur multiplication (107 ; 122) mais permettent leur survie. Néanmoins, D'aoust a conclu qu'elles peuvent proliférer dans les viandes fraîches à 2°C pendant 6 jours et dans les œufs, à 4°C pendant 10 jours (63).

La congélation ou la surgélation provoque une réduction du nombre de *Salmonella* sans pour autant en assurer leur disparition (69 ; 87 ; 101). Les plus basses températures de croissance rapportées sont 5.3°C pour *S.Heidelberg* et 6.2°C pour *S.Typhimurium* (94).

Non sporulées, elles sont relativement sensibles à la chaleur (101) ; dans le lait, une pasteurisation (72°C/15s) suffit pour les détruire (63 ; 69 ; 94 ; 106 ; 122).

Elles sont toutefois, plus thermorésistantes quand le pH du milieu se rapproche des valeurs optimales (94) ; Humphrey (1991) l'a démontré avec des souches de *S.Enteritidis* dans le blanc d'œuf, dont le pH est voisin de 9.2 (69).

Les *Salmonella* disparaissent au bout de 8h d'exposition aux rayons solaires (17).

III.2.2. Le pH

Les *Salmonella* sont capables de se multiplier dans une plage de pH allant de 3.8 à 9.5 (15 ; 76 ; 101) avec un optimum entre 6.6 et 8.2 (94). Certains auteurs rapportent une valeur minimale de pH égale à 4.05 (63 ; 94) alors que d'autres l'estime à 4.50 (69) ; cette variation dépend du type de l'acide utilisé pour abaisser le pH [acide citrique, pH min : 4.05 ; acide lactique, pH min : 4.40 ; acide acétique, pH min : 5.04], mais aussi du sérovar : *S.Typhimurium* et *S.Thompson* semblent plus résistantes à la destruction acide que *S.Seftenberg*. Le milieu aérobie semble également favoriser leur croissance à des pH acides (94) ; en définitif, il a été observé une croissance de *Salmonella* à un pH de 4.1 lorsque le reste des paramètres sont les plus favorables (119).

Ce paramètre revêt un intérêt particulier avec l'apparition de toxi-infections alimentaires liées à la consommation de mayonnaises contaminées par *S.Enteritidis* préalablement présente dans les œufs ; une acidification convenable (utilisation de l'acide acétique ou de l'acide citrique) assurant un pH inférieur à 3.6 aboutit à leur élimination (69).

Selon Lerche, les *Salmonella* contaminant les mayonnaises sont détruites lorsque le pH du milieu est au dessous de 4.0 ; ceci nécessiterait plusieurs jours si le niveau de contamination est élevé et seulement 24h s'il y a présence d'un petit nombre de bactéries (94).

Il importe de noter que l'adaptation ou la survie des *Salmonella* à des pH faibles est nécessaire au rôle pathogène puisque l'infection se produit *via* l'estomac ; à partir d'un pH voisin de 6, *S.Typhimurium* semble traiter ses lésions induites par le suc gastrique en synthétisant des protéines dites «de choc acide » (157), elles sont codées par des gènes spécifiques de tolérance à l'acidité (86).

III.2.3. L'activité de l'eau (Aw)

Les *Salmonella* prolifèrent bien pour des valeurs d'Aw allant de 0.945 (76 ; 107 ; 122) à 0.999 (15 ; 69 ; 101) ; elles peuvent toutefois survivre longtemps dans les produits déshydratés (69). Leur croissance est inhibée pour des valeurs d'Aw inférieures à 0.94 dans un milieu à pH neutre (94).

III.2.4. Autres paramètres

. Généralement, le chlorure de sodium (NaCl) possède des propriétés inhibitrices sur les bacilles à Gram négatif (122).

Les *Salmonella* ne tolèrent pas des concentrations élevées (87 ; 94) ; à 3%, leur croissance est inhibée (47). Néanmoins, elles peuvent parfois contaminer les saumures (69 ; 88). Ces variations dépendent du sérovar mis en cause et de la température de croissance, plus cette dernière se rapproche de la température optimale, plus les *Salmonella* tolèrent des concentrations élevées de NaCl (À 37°C, elles survivent à des concentrations entre 7 et 8%) (63). *S.Typhimurium* peut survivre à des salinités allant jusqu'à 70g/l (17).

. Certaines épices (Poivre, Carvi, Cumin) ont un effet inhibiteur sur *S.Typhimurium* contrairement à d'autres (Piment rouge, Coriandre) (17).

. Les *Salmonella* sont sensibles aux rayonnements ionisants (69 ; 101) avec des doses comprises entre 5 et 7.5 KGray (94 ; 185).

. Elles sont d'autant plus sensibles aux nitrites que les valeurs de pH du milieu sont basses (94).

. La conservation sous atmosphère modifiée enrichie en dioxyde de carbone inhibe partiellement leur croissance (23 ; 122) ; la présence d'oxygène leur est beaucoup plus favorable (125).

. Leur résistance à certains antiseptiques (vert brillant, sélénite de sodium) est utilisée à des fins diagnostiques (125).

. *In vivo*, les lipides jouent un rôle protecteur notamment dans le cacao et le chocolat qui entrent dans la préparation de certains produits laitiers (69).

La croissance est inhibée par un effet barrière de la flore microbienne (88) ; au niveau du gros intestin, grâce à l'antagonisme microbien, *Escherichia coli* produit des bactériocines (colicines) qui s'opposent à la prolifération des *Salmonella* (169).

III.3. Caractères biochimiques

Les *salmonella* possèdent les caractères biochimiques généraux de la famille des *Enterobacteriaceae* :

- . Dégradation du glucose par métabolisme fermentatif avec ou sans production de gaz ;
- . Absence d'oxydase ;
- . Réduction des nitrates en nitrites ;
- . Présence d'une catalase (70 ; 87 ; 107 ; 117 ; 156 ; 181).

Le profil biochimique commun à la majorité des souches de *Salmonella* est le suivant :

. Production de sulfure d'hydrogène (H₂S) à partir de thiosulfate de sodium (présence d'une thiosulfate réductase) et de citrate de fer inclus souvent, dans la constitution des milieux d'isolement (101) ;

- . Absence de fermentation du lactose et du saccharose ;
- . Absence d'uréase, ce qui les différencie des *Proteus* ;
- . Absence de tryptophane désaminase (TDA), ce qui les différencie des *Providencia* ;
- . Absence de production d'indole, ce qui les différencie des *Edwardsiella* ;
- . Présence de lysine-décarboxylase (LDC), ce qui les différencie des *Citrobacter* ;
- . Absence de bêta-galactosidase ;
- . Utilisation du citrate de Simmons comme seule source de carbone ;
- . Absence d'acétoïne ;
- . Présence fréquente d'ornithine-décarboxylase (ODC) ;
- . Absence d'arginine-déshydrogénase (ADH) (115).

Néanmoins, des exceptions existent pour certains sérovars :

- . *S.*Seftenberg peut fermenter le lactose ou le saccharose ;
- . Les souches appartenant aux deux sous-espèces *arizonae* et *diarizonae* possèdent une bêta-galactosidase et peuvent également fermenter le lactose (107 ; 69) ;
- . *S.*Paratyphi A ne produit pas de H₂S, ne possède pas de LDC et n'utilise pas le citrate de Simmons ;
- . *S.*Typhi est agazogène, produit peu de H₂S, ne possède pas d'ODC et n'utilise pas le citrate de Simmons ;
- . *S.*Choleraesuis, *S.*Heidelberg (87) et *S.*Gallinarum peuvent ne pas produire de H₂S (101).

III.4. Caractères antigéniques

Les *Salmonella*, comme toutes les entérobactéries, possèdent trois types d'antigènes (109) hormis l'antigène commun (Enterobacterial Common Antigen : ECA) appelé antigène de Kunin, présent chez la grande majorité des entérobactéries (107 ; 115), mais aussi chez quelques espèces appartenant à d'autres familles (117) ; non immunogène, sa recherche reste superflue pour être utilisée dans le diagnostic.

Seuls les antigènes somatiques **O**, les antigènes flagellaires **H** et éventuellement, les antigènes capsulaires **K** ont un intérêt diagnostique ; ils permettent d'individualiser différents sérovars et sont mis en évidence par agglutination au moyen de sérums spécifiques (115).

III.4.1. Antigène de la paroi ou antigène somatique O

Du mot allemand *Ohne hauch* qui signifie sans film (94 ; 117 ; 118), l'antigène **O**, est porté par les chaînes spécifiques du lipopolysaccharidique (LPS), composant majoritaire de la membrane externe de la paroi des bactéries à Gram négatif (87).

Ancrée à la membrane par une structure peptidique rigide (116) qui ne possède aucun rôle antigénique (129), la fraction lipidique du LPS ou lipide A, identique chez toutes les entérobactéries (69) et correspondant à l'endotoxine qui rend le complexe toxique (87 ; 107 ; 145) et pyrogène (115 ; 145), est liée à la fraction polysaccharidique centrale, commune à toutes les *Salmonella*, appelée core ou noyau (107 ; 116). Ce dernier porte les chaînes latérales spécifiques **O** (116 ; 145) constituées par polymérisation d'unités oligosaccharidiques linéaires ou ramifiées (87 ; 157) et responsables du pouvoir antigénique (145) (**Figure 1**).

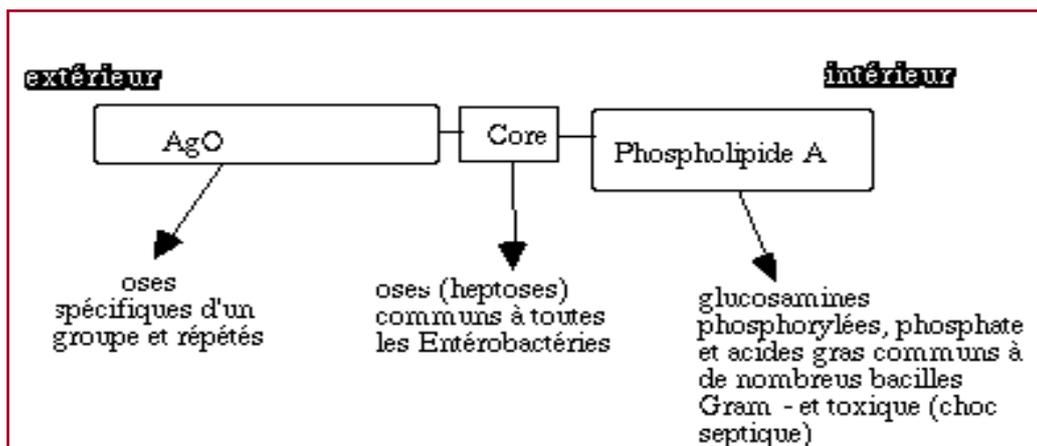


Figure 1 : Représentation schématique de l'Ag O sur le LPS (187).

La variabilité de l'antigène O propre à chaque sérovar est déterminée par la composition de ces chaînes latérales en osides terminaux et leur enchaînement (86 ; 94 ; 116 ; 117 ; 145 ; 147) ; au nombre de 2 à 6 (87), l'étude systématique a montré que le glucose et le galactose étaient toujours présents (129). L'antigène O est :

- Thermostable, résiste au chauffage 2h à 100°C ;
- Alcoolostable (non détruit par l'alcool à 50%);
- Inhibé par le formol à 5%, sans pour autant empêcher son agglutinabilité (111 ; 115 ; 129).

L'agglutination par les sérums correspondants est fine, lente, granulaire et polaire c'est-à-dire difficilement dissociable par agitation puisque les bactéries sont accolées corps à corps par les anticorps (69 ; 107 ; 111 ; 115).

Cette agglutination est spécifique des bactéries en phase S (Smooth) dont les LPS sont complets.

Les modifications par suite de mutation portant notamment sur les chaînes latérales polysaccharidiques (Ag O) s'expriment phénotypiquement en donnant des colonies plates, rugueuses à bord irréguliers ; ces bactéries dites en phase R (Rough) et autoagglutinables en eau salée – NaCl à 20‰ – (70 ; 96) ou en eau physiologique (69), ne possèdent plus de pouvoir pathogène (69 ; 117).

Il est important de distinguer deux types de facteurs antigéniques **O** :

. **Les facteurs O majeurs**, caractéristiques des sérovars classés dans le tableau de *kauffmann-white* dans un même séro groupe **O**, tels les facteurs O:2 du séro groupe A, O:4 du séro groupe B, O:9 du séro groupe D,...etc. Ils sont liés à la présence de certains sucres (abéquoise pour O:4, tyvélose pour O:9 ...) (87).

. **Les facteurs O mineurs ou accessoires** diffèrent selon les souches appartenant à un même séro groupe. Toujours associés à un facteur **O** majeur, ils peuvent soit :

- être sans intérêt diagnostique quand ils ne sont pas liés de manière constante à un ou plusieurs facteurs **O** ; c'est le cas du facteur O:12 qui est présent chez tous les sérovars des groupes A, B et D (69 ; 70 ; 109 ; 115) ;
- avoir un intérêt de marqueur épidémiologique résultant de la modification du facteur **O** majeur par une enzyme à déterminisme chromosomique, comme c'est le cas du facteur O:[5] indiqué entre crochets dans le tableau de *Kauffmann-White* (chez des sérovars du groupe B tel que Typhimurium, le facteur O:[5] résulte de la synthèse d'une acétylase qui ajoute un radical acétyl sur le facteur O:4) ; ou par une information codée soit par un plasmide (cas du facteur O:54) (88), soit plus souvent, par un bactériophage (conversion lysogénique) : c'est le cas, par exemple, du facteur O:1 qui s'écrit souligné (88 ; 110).

III.4.2. Antigène flagellaire H

Du mot allemand **Hauch** qui signifie film (94 ; 117 ; 118), l'antigène **H** présent chez les formes mobiles des bactéries, est un polymère de flagelline, la protéine de structure des flagelles (27 ; 87) dont la composition en acides aminés est constante pour un type antigénique (69) ; il est :

- Thermolabile, détruit après chauffage 30 minutes à 100°C ;
- Détruit par l'alcool à 50% (96 ; 107) ;
- Résistant au formol à 5%. (87 ; 111 ; 129).

En se fixant sur les flagelles, les anticorps anti-**H** induisent rapidement la formation d'agglutinats floconneux et facilement dissociables par agitation car les bactéries sont attachées entre elles par leurs flagelles (96 ; 129 ; 139) ; ils entravent par conséquent, la mobilité des bactéries (87 ; 109 ; 115).

Il existe deux éventualités quant à la spécificité de l'antigène **H** :

- L'une rare : certains sérovars de *Salmonella*, tel que Typhi et Enteritidis, ne peuvent synthétiser la flagelline qu'à partir d'une seule spécificité antigénique ; leur antigène **H** est monophasique.
- L'autre fréquente : la majorité des sérovars de *Salmonella*, tel Typhimurium, sont aptes à exprimer alternativement les deux spécificités de l'antigène **H** ; ce dernier est diphasique (107 ; 109 ; 117).

Cette aptitude à exprimer l'antigène flagellaire sous deux spécificités différentes, est particulière aux *Salmonella* des sous-espèces I, II, IIIb, VI ; les sérovars de *Salmonella* de ces sous-espèces qui ont un antigène **H** monophasique sont en fait, des variants des sérovars diphasiques dont le système de variation de phase est bloqué. L'antigène **H** des sous-espèces IIIa, IV, et V est toujours monophasique (88 ; 115).

Généralement, les deux phases coexistent dans une même colonie (140). La variation de phase résulte de l'expression alternative de deux gènes de structures distinctes **H1** et **H2** (65 ; 118 ; 156). À un temps donné, un seul des deux gènes s'exprime ; les flagelles seront soit en phase 1 lorsque la spécificité antigénique **H1** est exprimée, soit en phase 2 lorsque la spécificité antigénique **H2** est exprimée. De manière aléatoire, le gène silencieux s'exprime toutes les 1 000 à 100 000 divisions (87).

III.4.3. Antigène d'enveloppe ou antigène capsulaire K

De nature polysaccharidique, les antigènes **K** entourent la paroi bactérienne et masquent les antigènes **O** les rendant inagglutinables ; ces derniers peuvent être révélés, par solubilisation des antigènes **K** (109 ; 69) sans destruction (129), après chauffage de la suspension bactérienne pendant 30 minutes à 100°C (107) ou 1 heure à 60°C (70 ; 111 ; 129). Le seul qui ait une importance diagnostique est l'antigène **Vi**, pour Virulence ; il existe habituellement chez *S.Typhi*, rarement chez *S.Paratyphi C* isolé essentiellement en Afrique noire et exceptionnellement chez *S.Dublin* isolé chez les bovidés, dans le nord-est de la France (65 ; 73 ; 115).

L'antigène **Vi** est résistant à l'action de l'alcool et du formol ; l'agglutination par les sérums correspondants est fine, lente et granulaire (129).

Du mot allemand **Viehl** qui signifie « beaucoup » (139 ; 140), les souches de *S.Typhi* porteuses d'antigènes **Vi** avec **O** inagglutinables sont dites *S.Typhi V* ; celles dépourvues d'antigènes **Vi** avec **O** agglutinables sont dites *S.Typhi W* (109 ; 140), du mot allemand **Wenig** qui signifie « peu » (139 ; 140). Les cultures constituées d'un mélange des deux souches sont dites *S.Typhi VW* (109 ; 140).

III.4.4. Schéma de Kauffmann-White, détermination et classification des sérovars

Les formules antigéniques des différents sérovars de *Salmonella*, identifiables par agglutination, sont retenues dans un tableau connu sous l'appellation de schéma de Kauffmann-White. Initié par ces deux chercheurs, il a été par la suite revu et complété d'abord par Le Minor, puis par Popoff et dernièrement, par Grimont et weill du *Centre Collaborateur OMS de Référence et de Recherche pour les Salmonella* de l'Institut Pasteur, Paris.

Le premier schéma établi par Kauffmann en 1934, répertoriait 44 sérovars ; il en contenait 958 en 1964, 2267 en 1989 et 2555 en 2003 ; le dernier schéma publié en 2007, compte 2579 sérovars différents dont 2557 appartiennent à l'espèce *enterica* et seulement 22 appartiennent à l'espèce *bongori* (72).

Il comprend 4 colonnes :

- La 1^{ère} colonne correspond aux noms donnés aux sérovars.
- La 2^{ème} colonne est réservée à des chiffres qui indiquent le ou les facteurs de l'antigène **O**, et éventuellement l'antigène **Vi** (109).
- La 3^{ème} et la 4^{ème} colonne sont respectivement réservées aux facteurs de l'antigène **H** des phases **1** et **2**.

Quand seul un petit nombre de sérovars était connu, les facteurs antigéniques **H** de la phase considérée comme « spécifique » étaient désignés par des lettres alors que ceux de l'autre phase dite « non-spécifique » étaient désignés par des chiffres. À l'épuisement des lettres de l'alphabet, des chiffres ont été rajoutés à l'appendice de la dernière lettre (z).

Le signe « - » indique que la phase considérée est absente (l'antigène **H** est monophasique).

Les facteurs liés à une lysogénéisation sont soulignés (69 ; 115). Les facteurs **O** accessoires et l'antigène **Vi** indiqués entre crochets, peuvent être présents ou non (24).

Il existe 87 facteurs antigéniques **O** et 96 facteurs antigéniques **H** ; seuls ceux ayant une importance pour le diagnostic sont répertoriés dans ce schéma (24 ; 27).

Le diagnostic devrait suivre l'ordre logique : Espèce → Sous-espèce → Sérovar (115). En pratique, sachant que plus de 60% des souches isolées chez l'homme et les animaux à sang chaud appartiennent à la sous-espèce *enterica* (76 ; 87 ; 115 ; 181), la détermination de l'espèce et de la sous-espèce ne s'effectue que chez les souches de *Salmonella* isolées à partir de l'environnement et des animaux à sang froid (115).

L'identification du sérovar par la détermination de sa formule antigénique, obéit à l'ordre suivant en s'aidant du schéma *de* Kauffmann-White :

- Détermination du facteur antigénique **O** majeur en opérant par ordre de fréquence (par exemple, il est plus fréquent de rencontrer un sérovar faisant partie du séro groupe B que du séro groupe G) ; des cas particuliers peuvent se présenter :
 - . Si la culture possède les caractères biochimiques du sérovar Paratyphi A (absence de LDC et de H₂S), rechercher directement l'agglutinabilité dans le sérum anti-O:2 caractéristique du groupe A.
 - . Si la culture possède les caractères biochimiques du sérovar Typhi (absence de gaz avec présence de H₂S à l'état de traces), rechercher d'emblée l'agglutinabilité dans le sérum anti-Vi du moment que l'antigène O:9 est souvent masqué par l'antigène **Vi**.
- Détermination si nécessaire, des facteurs antigéniques **O** accessoires, tel le facteur O:[5] du séro groupe B.
- Détermination des facteurs antigéniques **H** en opérant également dans l'ordre de fréquence des sérovars ; trois cas de figures peuvent se présenter :

1. La souche possède et exprime une seule spécificité de flagelline ; c'est l'exemple du sérovar Enteritidis.

2. La souche possède et exprime alternativement les deux spécificités de l'antigène **H**. Dans ce cas, la population bactérienne est dite équilibrée et la culture est agglutinée par le sérum anti-H de la première phase et par le sérum anti-H de la seconde phase.

3. La souche possède les deux spécificités de l'antigène **H**, mais n'exprime qu'une seule. Dans ce cas, la population bactérienne contient une grande majorité de bactéries exprimant l'une des deux phases qui sera facilement identifiée. Pour que les bactéries minoritaires expriment la seconde spécificité inapparente, il faudra réprimer la première spécificité apparente selon la **technique de Sven-Gard dite de l'inversion de phase** qui sera détaillée lors de notre étude expérimentale.

Par association des déterminants antigéniques **O**, **H** et éventuellement **Vi**, la formule antigénique complète du sérovar est établie et son nom est aussitôt défini à partir du tableau de *Kauffmann-White* (109 ; 115).

IV. Détection, identification et caractérisation des *Salmonella*

Quoi que les normes dites de routine soient relativement lentes, lourdes et coûteuses (durent plusieurs jours et exigent un personnel qualifié et beaucoup de matériel), elles demeurent toujours nécessaires pour isoler l'agent pathogène en cause (22).

Dans le domaine agro-alimentaire, les méthodes dites alternatives sont souvent nécessaires (39) ; elles permettent une diminution du coût unitaire de l'analyse, une amélioration des conditions de travail du personnel de laboratoire, une meilleure précision des mesures en diminuant considérablement les risques d'erreur humaine ainsi qu'une plus grande rapidité de réponse (22) pour éviter la séquestration des denrées alimentaires (39). Toutefois, elles doivent seulement être considérées comme une orientation (87) ou une confirmation de diagnostics obtenus par les méthodes conventionnelles (39). Les méthodes moléculaires, outils complémentaires d'investigation, sont plutôt réservées aux enquêtes épidémiologiques notamment, lors de toxi-infections alimentaires collectives (27).

IV.1. Méthodes conventionnelles

IV.1.1. Normes horizontales : applicables à tous les types de produits.

IV.1.1.1. La norme ISO 6579 (décembre 2002) : il s'agit d'une norme internationale qui donne les directives générales concernant les méthodes de recherche des *Salmonella* à partir des produits destinés à la consommation humaine ou à l'alimentation animale. Cette norme concrètement inapplicable en routine (elle exige deux isolements, après 24h mais aussi après 48h d'incubation ; chaque prélèvement correspondra à 8 boîtes d'isolement ; 5 colonies caractéristiques sont prélevées de chaque boîte de milieu gélosé sélectif, un prélèvement correspondra donc à 40 galeries biochimiques), sera réservée aux situations de litige (59).

IV.1.1.2. La norme AFNOR V08-052 : cette norme française, copie simplifiée de la norme ISO 6579, décrit une méthode de routine pour la recherche des *Salmonella* dans tous les produits destinés à la consommation humaine ou à l'alimentation animale.

Elle comporte quatre phases successives :

- Le pré-enrichissement en milieu non sélectif liquide qui permet aux bactéries « stressées » de récupérer toutes leurs potentialités ; l'eau peptonnée tamponnée (EPT) est fréquemment utilisée, l'incubation s'effectue à 37°C et dure 16-20h.
- L'enrichissement pendant 18-24h sur deux milieux sélectifs liquides à partir de la culture sur l'EPT ; les deux milieux utilisés sont le bouillon au vert de malachite et au chlorure de magnésium (milieu de Rappaport-Vassiliadis) et le bouillon au sélénite de sodium avec cystine ; Le premier milieu sélectif est incubé à 42°C, le second à 37°C.
- L'isolement à 37°C durant 18-24h, sur deux milieux sélectifs solides à partir de chacun des enrichissements précédents. La norme prévoit plusieurs géloses d'isolement : la gélose au rouge de phénol et au vert brillant, la gélose xylose-lysine-désoxycholate, la gélose Hektoen et la gélose désoxycholate-citrate-lactose ; le choix est laissé à l'initiative de chaque laboratoire.
- L'identification passe par des épreuves biochimiques et une confirmation sérologique que subiront au moins, 2 colonies typiques prélevées à partir de chaque boîte de milieu sélectif.

IV.1.2. Normes sectorielles : spécifiques à tel ou tel type de produits dont la portée peut être également internationale ou seulement française (87) ; la norme ISO 6785 décrit la méthode pour la recherche de *Salmonella* spp. dans le lait et les produits laitiers.

Selon les normes horizontales, la confirmation biochimique du genre fait appel à des systèmes ou kits d'identification disponibles chez plusieurs fournisseurs (API 20E), alors que la caractérisation du sérovar passe par l'établissement de la formule antigénique en déterminant les antigènes somatiques O, flagellaires H et éventuellement capsulaires Vi, par la méthode d'agglutination sur lame, une technique immunologique, qui a l'avantage d'être simple, rapide et suffisamment précise (115). La suspension bactérienne est mise au contact d'anticorps homologues ; il s'établit des liaisons entre antigènes et anticorps conduisant à la formation d'agglomérats visibles à l'œil nu (46). La technique du sérotypage qui présente un pouvoir discriminant élevé (27), sera détaillée lors de notre étude.

IV.2. Méthodes alternatives

Plusieurs méthodes rapides peuvent être utilisées, nous citerons brièvement

IV.2.1. Lysotypie : technique permettant de distinguer diverses souches étroitement apparentées, appartenant à des sérovares d'intérêt majeur (soit par leur fréquence d'isolement : Typhimurium et Enteritidis, soit par leur pathogénicité : Typhi et Dublin) (27), en exploitant leurs différences de sensibilité vis-à-vis d'une série de bactériophages sélectionnées (94 ; 101 ; 157).

IV.2.2. Méthodes immunologiques

. **Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay, ELISA :** technique largement utilisée et extrêmement sensible, elle requiert l'usage d'un anticorps (ou d'un antigène) sur lequel est greffée une enzyme (46 ; 157) dont la présence est détectée par l'addition du substrat correspondant. De nombreux systèmes automatiques (kits) sont proposés par différentes sociétés.

. **RadioImmunoAssay, RIA:** technique rarement utilisée en microbiologie alimentaire (94) car l'Ag est couplé à un isotope (^{125}I essentiellement) (89).

. **Immunofluorescence** : un composé fluorescent tel que l'isothiocyanate de fluorescéine peut être fixé sur les anticorps anti-*Salmonella*. Lorsque les cellules bactériennes sont mises au contact de ces anticorps fluorescents, ces derniers se fixent sur la paroi ou les flagelles qui, à l'examen microscopique en UV, apparaissent fluorescentes (46 ; 89).

IV.2.3. Méthodes moléculaires

IV.2.3.1. Electrophorèse des protéines : technique de séparation des protéines cellulaires (enzymes) selon le poids moléculaire et la charge électrique (27) ; ce qui reflète indirectement l'expression du génôme. L'analyse des électrophorégrammes obtenus par des logiciels issus de la micro-informatique permet une identification précise (46).

IV.2.3.2. Méthodes génotypiques

IV.2.3.2.1. Méthodes basées sur la restriction enzymatique ou REA (Restriction Enzyme Analysis) : l'ADN, essentiellement chromosomal, des souches recherchées subit une digestion par une endonucléase appropriée de restriction qui clive l'ADN en des séquences nucléotidiques spécifiques (94) ; les fragments produits sont séparés par électrophorèse en gel d'agarose ; le ribotypage (Restriction Fragment Length Polymorphisms, RFLP) et l'électrophorèse en champ pulsé (PFGE) constituent les deux plus importantes techniques (27).

IV.2.3.2.2. Méthodes basées sur l'amplification ou PCR (Polymerase Chain Reaction) : Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) (104), Random Amplification of Polymorphic DNA (RAPD) et l'hybridation ADN/ADN ou hybridation ADN/ARN ribosomaux sont des techniques rapides couplées à la PCR, largement utilisées pour la détection et l'identification des micro-organismes dans les aliments (94).

Chapitre II
ANTIBIOTIQUES ET ANTIBIORÉSISTANCE

I. Les antibiotiques, leurs cibles et mécanismes d'action

Les antibiotiques sont des substances élaborées par des microorganismes ou des substances semi-synthétiques voire entièrement synthétiques. Leurs cibles d'activité sont des structures moléculaires spécifiquement bactériennes ; ils ont donc une toxicité sélective pour les cellules procaryotes et une toxicité faible pour les cellules eucaryotes (18 ; 65 ; 144 ; 146).

À doses faibles, ils sont bactériostatiques ou bactéricides ; cependant, un antibiotique bactéricide à une certaine concentration, peut s'avérer bactériostatique à concentration plus faible (156 ; 157).

Pour accéder à leurs cibles, les antibiotiques empruntent souvent des systèmes dédiés au transport de substances nutritives (porines) ou diffusent à travers les structures pariétales grâce à leurs propriétés physico-chimiques – hydrophilie ou lipophilie – (65)

Les principaux sites et mécanismes d'action des antibiotiques sont résumés dans la figure 2.

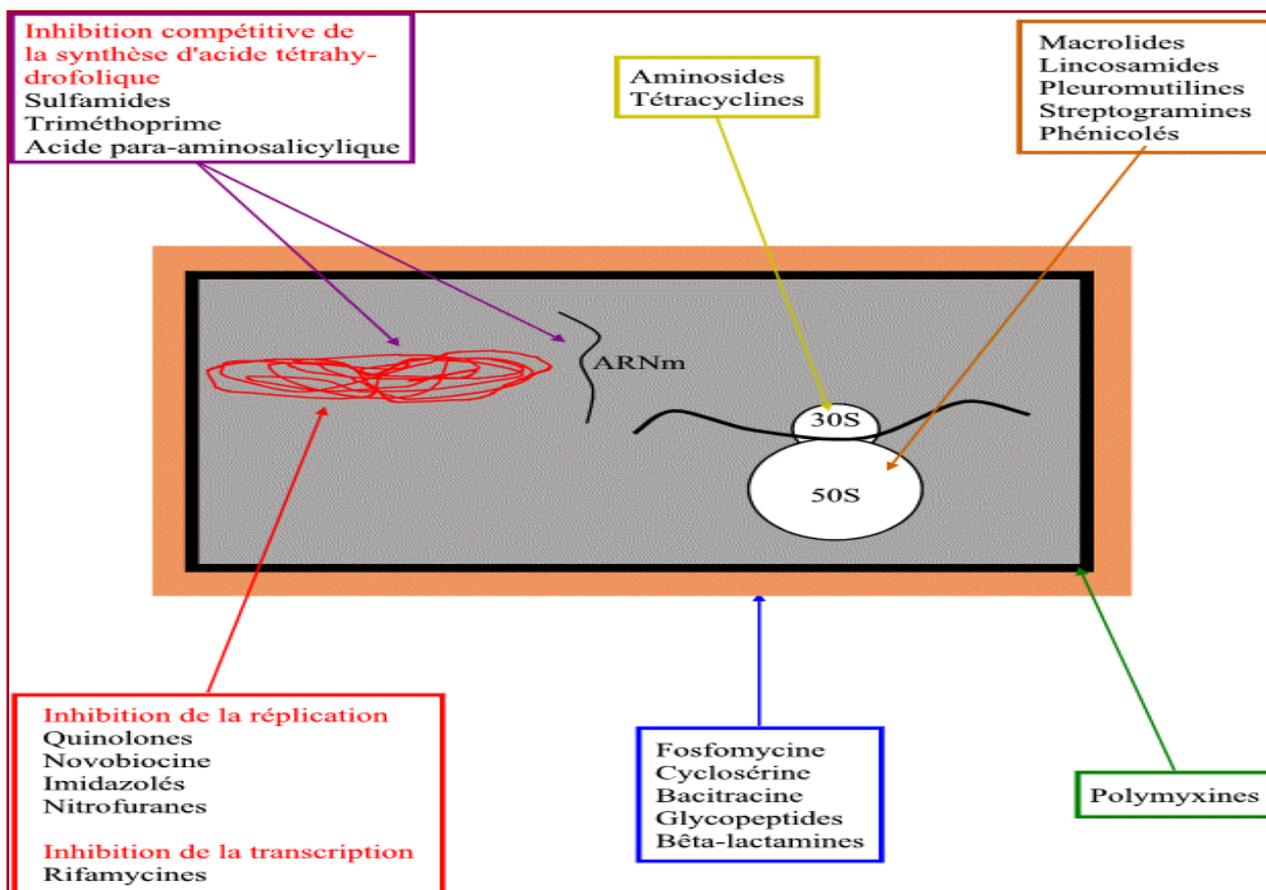


Figure 2 : Mécanismes et sites d'action des antibiotiques (188).

II. Étude de la sensibilité aux antibiotiques

II.1. Généralités

L'antibiogramme est une méthode qualitative simple appliquée en routine à toute bactérie considérée comme pathogène. Il permet l'exploration *in vitro*, d'une multitude d'antibiotiques vis-à-vis de chaque souche bactérienne (37) dont le but est de guider le thérapeute dans le choix d'un antibiotique pour traiter une infection bactérienne (42 ; 156). Sa standardisation concernant aussi bien la technique et la liste des antibiotiques à tester en fonction des germes isolés que les contrôles de qualité, a rendu plus faciles les échanges de données épidémiologiques entre les laboratoires nationaux et internationaux, qu'ils soient médicaux ou vétérinaires ; des données fiables et constamment réactualisées, sont principalement exploitées pour la surveillance des résistances bactériennes aux antibiotiques.

À l'échelle nationale, la standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine et en médecine vétérinaire est le fruit de la participation de l'Algérie aux travaux de l'OMS en 1994 (Genève) ; ceux-ci ont conduit à l'élaboration des "*Lignes directrices pour le contrôle de la sensibilité aux antimicrobiens à l'intention des laboratoires de niveau intermédiaire situés dans des pays aux ressources limitées*". Ces directives recommandent l'application des techniques préconisées par un comité américain de standardisation, le *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) anciennement appelé le *National Committee for Clinical Laboratory Standards* (NCCLS) (42).

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques ; celle utilisant des disques en milieu gélosé sera détaillée lors de notre étude expérimentale.

II.2. Valeurs critiques et notions de sensibilité et de résistance

L'évaluation de l'activité d'un antibiotique nécessite la détermination *in vitro* des Concentrations Minimales Inhibitrices (CMI) de la croissance bactérienne. Les valeurs critiques qui en résultent, délimitent 3 catégories cliniques :

- Les souches sensibles (**S**) à l'antibiotique sont celles pour lesquelles il y a une forte probabilité de succès thérapeutique dans le cas d'un traitement par voie systémique aux posologies usuelles. La CMI dans ce cas est inférieure aux concentrations minimales administrées des antibiotiques.
- Les souches résistantes (**R**) sont celles pour lesquelles il y a une forte probabilité d'échec thérapeutique. La CMI dans ce cas est supérieure à la concentration maximale que l'on puisse administrer sans atteindre le seuil toxique.
- Les souches intermédiaires (**I**) sont celles pour lesquelles le succès thérapeutique est imprévisible. La CMI est comprise entre les deux concentrations critiques précédentes (3 ; 6 ; 37 ; 98).

Toutefois, l'activité de l'antibiotique vis-à-vis des souches sensibles ou intermédiaires peut être remise en cause du fait de l'acquisition de mécanismes de résistance (3).

Les valeurs critiques délimitant ces catégories ainsi que les recommandations spécifiques à certaines espèces bactériennes et à certains groupes d'antibiotiques, sont réactualisées chaque 3 ans (chaque 2 ans à compter de 2009) et publiées par le réseau national de surveillance des résistances bactériennes aux antibiotiques, et reportées sur des fascicules de standardisation de l'antibiogramme inspirés des communiqués établis et révisés régulièrement par le CLSI.

Ces valeurs sont également communiquées par le *Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie* (CASFM).

III. Antibiorésistance

Le phénomène de résistance bactérienne concerne la quasi-totalité des molécules antimicrobiennes ; les céphalosporines de 3^{ème} génération restent néanmoins, peu touchées (138). Il constitue un souci permanent pour les praticiens puisque chaque résistance qui apparaît limite leur marge de manœuvre (60).

III.1. Définition

La résistance bactérienne aux antibiotiques a en fait, deux définitions (43) :

- Une souche est dite « résistante » lorsque la concentration d'antibiotique qu'elle est capable de supporter est notablement plus élevée que la concentration atteignable *in vivo*.
- Une souche est dite « résistante » lorsqu'elle supporte une concentration d'antibiotique notablement plus élevée que celle qui inhibe le développement de la majorité des autres souches de la même espèce (*Rapport technique* n°210 de l'OMS, 1961).

D'un point de vue génétique, la résistance aux antibiotiques est due soit à la modification de l'information génétique endogène (mutation), soit à l'acquisition de matériel génétique exogène (44).

III.2. Mécanismes de résistance

Bien comprendre les mécanismes permet d'adapter les nouveaux antibiotiques, d'éviter l'émergence de nouvelles résistances et de freiner la généralisation des anciennes (60) ; ils sont directement liés aux mécanismes d'action de chaque antibiotique et sont applicables aussi bien pour les *Salmonella* que pour les autres germes (181).

La connaissance des phénotypes de résistance naturelle et acquise aux différents antibiotiques est indispensable à l'interprétation correcte de l'antibiogramme (59).

III.1.2. Mécanismes génétiques

Les résistances bactériennes aux antibiotiques peuvent être naturelles ou acquises (43).

III.1.2.1. Résistances naturelles ou constitutionnelles : elles sont caractéristiques de toutes les souches appartenant à la même espèce (43) qui sont alors qualifiées de sauvages (65). Le support génétique est le chromosome et les gènes en cause sont transmis à la descendance (transmission verticale) (37).

III.1.2.2. Résistances acquises : elles affectent quelques souches d'espèces naturellement sensibles (37 ; 43) qui acquièrent des gènes de résistance par **pression de sélection antibiotique** (65 ; 96) ; l'organisation du génome est par conséquent modifiée soit par :

- mutations chromosomiques qui sont rares, spontanées (145), discontinues, spécifiques et héréditairement stables (37).
- acquisition de gènes (par transformation ou conjugaison) qui sont habituellement portés par des plasmides, appelés alors plasmides ou facteurs R (44), des transposons ou par des intégrons. Ces éléments génétiques mobiles portent souvent de multiples gènes de résistance à des antibiotiques ou familles d'antibiotiques variés. La transmission verticale de cette résistance est relativement stable (risque de perte spontanée de plasmides et d'excision de transposons) ; par contre, elle est hautement transmise horizontalement.

En raison de cette transférabilité, les résistances par acquisition de gènes, une propriété notoire des entérobactéries (96), sont prédominantes en clinique (37).

III.2.2. Mécanismes biochimiques

Les résistances naturelles s'expriment biochimiquement soit par l'imperméabilité de la membrane cellulaire externe aux molécules d'antibiotiques, un mode de résistance qui n'appartient qu'aux bactéries à Gram négatif (18 ; 60), soit par leur destruction en élaborant des enzymes (98).

Les gènes de résistance acquis par la bactérie réceptrice s'expriment par les mécanismes biochimiques résumés dans le **tableau 3**.

Tableau 3 : Principaux mécanismes biochimiques de résistance aux antibiotiques (18 ; 37 ; 43 ; 145 ; 157 ; 169).

Mécanismes de résistance	Exemples d'antibiotiques
Diminution de l'accumulation intracellulaire de l'antibiotique (entrée insuffisante ou efflux augmenté)	β-lactamines Aminosides Tétracyclines Quinolones Macrolides
Défauts de cibles par : • Absence d'affinité • Modification qualitative et quantitative	β-lactamines, aminosides, quinolones, rifampicine, tétracyclines, glycopeptides, macrolides. Sulfamides, triméthoprim.
Inactivation ou détoxification enzymatique de l'antibiotique	β-lactamines Chloramphénicol Aminosides Fosfomycine

Il importe de noter qu'un type particulier de mécanisme de résistance n'est pas réservé à une seule catégorie d'antibiotiques (145) et que plusieurs mécanismes de résistance vis-à-vis d'un seul antibiotique peuvent coexister chez la même bactérie (18).

Néanmoins, l'inactivation enzymatique est probablement le mécanisme de résistance le plus fréquent ; l'antibiotique est altéré ou détruit par des enzymes bactériennes codées par des gènes chromosomiques (elles sont alors caractéristiques d'espèce), ou par des gènes plasmidiques et / ou transposables (elles sont ainsi retrouvées chez de multiples espèces) (37). Certaines de ces enzymes sont inductibles (157).

L'exemple type est celui des β -lactamases qui hydrolysent le noyau β -lactame inactivant totalement et définitivement les β -lactamines (37 ; 145) ; elles sont le plus souvent constitutives (98).

III.3. Profil et enzymes de résistance de *Salmonella* spp. aux antibiotiques

Les souches sauvages de *Salmonella* sont sensibles à tous les antibiotiques actifs sur les entérobactéries (178 ; 185).

Elles sont naturellement sensibles aux β -lactamines à l'exception des pénicillines G et M, aux aminosides, aux quinolones et aux fluoroquinolones (43 ; 144), aux sulfamides et au chloramphénicol (66).

La résistance aux β -lactamines, à l'exception des carbapénèmes (imipénème) et des céphalosporines de quatrième génération (C4G) (37), résulte d'une part, de l'élaboration d'une large variété de β -lactamases mais aussi de l'imperméabilité de la paroi bactérienne ou à un défaut de protéines liant les pénicillines (PLP), d'autre part (144).

La résistance aux β -lactamines est due à la production de β -lactamases d'origine plasmidique de type TEM inactivant les aminopénicillines et les céphalosporines de première, voire de deuxième génération (C1G et C2G). La résistance aux céphalosporines de troisième génération (C3G) est également due à la production de β -lactamases d'origine plasmidique qui appartiennent à trois grandes classes dont deux, celle des β -Lactamases à Spectre Étendu (β LSE) et celle des céphalosporinases sont majoritaires (18 ; 37 ; 59 ; 178). Plusieurs céphalosporinases sont décrites dans le genre *Salmonella* ; l'enzyme prédominante étant CMY, et plus particulièrement CMY-2 (13 ; 174 ; 178) codée par le gène plasmidique *bla*CMY-2 ; ce dernier a été identifié chez *S.Typhimurium* (181) et secondairement chez *S.Newport* (61 ; 178).

Concernant les aminosides, la résistance est due à l'équilibre entre un transport peu efficace des aminosides à l'intérieur de la bactérie et l'inactivation enzymatique de ces molécules par une Aminocide-PhosphoTransférase (APH), une Aminocide-AcétyleTransférase (AAT) et une Aminocide-NucléotideTransférase (ANC) (18 ; 43 ; 98).

La résistance aux quinolones est exclusivement acquise par mutation chromosomique (molécules entièrement synthétiques, improbables dans la nature) qui entraîne soit une modification de la cible, soit une interférence avec le transport de l'antibiotique (43).

La résistance d'origine plasmidique aux sulfamides et au triméthoprime se traduit respectivement par la synthèse constitutive d'une dihydrofolatesynthétase et d'une dihydrofolateréductase (98 ; 144).

Quant aux phénicolés, la résistance acquise d'origine plasmidique est due à l'élaboration de la Chloramphénicol-AcétyleTransférase (CAT) (43).

La résistance acquise inductible aux tétracyclines qui est d'origine plasmidique ne repose pas sur l'inactivation enzymatique mais sur l'insuffisance de concentration intracellulaire. Le système actif de transport est en balance avec un système excréteur responsable de la résistance : les protéines TET (43 ; 98).

III.4. Évolution de la résistance aux antibiotiques dans le genre *Salmonella* et notion de multirésistance

La résistance bactérienne aux antibiotiques n'est pas un phénomène récent ; l'existence de bactéries multirésistantes, l'apparition de nouveaux caractères de résistance et l'émergence de résistance dans des espèces considérées jusqu'alors universellement sensibles à des antibiotiques bien définis, en font un véritable problème de santé publique et vétérinaire qui évolue rapidement, de manière alarmante (44).

Les premières études crédibles sur l'étude de la sensibilité aux antibiotiques des *Salmonella* non typhoïdiques, datent de la fin des années 1940 aux États-Unis ; elles ne concernaient que les cyclines et les phénicolés qui ont été testés sur des souches appartenant au sérovar dominant, Typhimurium, collectées à travers tout le pays.

En 1948, toutes les souches étaient sensibles aux cyclines mais en 1956-1957, 5 % des souches étaient devenues résistantes à la tétracycline (Te), pour atteindre 13,9 % en 1959-1960 et 38% en 1962. En parallèle, des études de sensibilité avaient été conduites sur des souches isolées de volailles et une augmentation encore plus notable de la résistance à la Te avait été rapportée (1948, 0%; 1956-1957, 9%; 1959-1960, 29 %).

La résistance au chloramphénicol était faible chez les souches humaines (de 0 % en 1948 à 1,9 % en 1959-1960) et inexistante chez les souches issues de volailles.

Dès 1963, l'utilisation systématique de tétracycline dans l'alimentation des animaux destinés à la consommation humaine était évoquée comme cause probable de l'apparition de ces souches résistantes (178).

Ultérieurement, cette hypothèse a été émise par plusieurs auteurs qui sont unanimes sur le fait que l'utilisation permanente de certains antibiotiques (en prophylaxie ou comme additifs ou promoteurs de croissance), le plus souvent à des doses sub-inhibitrices dans les aliments pour animaux, peut conduire à une résistance des bactéries pathogènes et commensales chez ces animaux, aux mêmes antibiotiques ; les déterminants génétiques de cette résistance peuvent être alors transmis à l'homme par contact direct ou par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire (10 ; 12 ; 14 ; 65 ; 161 ; 174). Ceci est un argument extrêmement solide de l'absence d'étanchéité entre le monde animal et les populations humaines (184).

D'autres études ont démontré que l'apparition des résistances chez des *Salmonella* humaines ne serait pas liée à l'utilisation des antibiotiques en pratique vétérinaire dans les élevages, mais plutôt à des antibiothérapies médicales excessives (125) ou mal adaptées (118 ; 145) ; la pratique d'une bi ou tri-antibiothérapie semble pouvoir prévenir l'émergence de mutants résistants (43), à l'origine de l'échec des traitements (10 ; 144 ; 167 ; 181).

La multirésistance aux antibiotiques est un problème de santé majeur chez *S.Typhimurium* ; certaines souches peuvent être résistantes à plus de six produits (144). Au Royaume-Uni, de nombreuses épidémies avaient commencé à être signalées chez les bovins à partir de 1964, suite au développement de l'élevage intensif de ces animaux.

Différentes familles d'antibiotiques (tétracycline, pénicillines, aminosides, phénicolés, sulfamides et nitrofuranes) avaient été utilisées pour les combattre, et en conséquence, ces souches d'origine bovine avaient acquis graduellement des résistances à ces antibiotiques.

L'étude américaine de 1975 effectuée sur 754 souches de *S.Typhimurium* provenant de 46 états constatait pour la première fois, de rares souches résistantes à l'association triméthoprime/sulfaméthoxazole (Sxt) et à l'acide nalidixique (Nal) (178).

Les souches de *S.Typhimurium* Definitive Type (DT) 104 étaient connues depuis le début des années 1960 au Royaume-Uni, mais les premières souches DT104 multirésistantes dataient du début des années 1980. À la fin de cette décennie, la prévalence de ces souches allait connaître un essor considérable avec une émergence et une dissémination internationale rapide (27 ; 178).

S.Typhimurium DT104 est caractérisée par sa résistance quasi-systématique associée à cinq antibiotiques : ampicilline, chloramphénicol, streptomycine, sulfamides et tétracyclines (c'est le profil ou le phénotype ACSSuT) (20 ; 27 ; 94 ; 101 ; 130) et codée par un gène chromosomal dans une région nommée îlot génomique 1 (*Salmonella* Genomic Island : SGI1) (35 ; 81 ; 130 ; 174 ; 178) transférable qui lui confère une plus grande virulence et une dissémination rapide (130).

Le SGI1 a été décrit dans plusieurs pays, chez 13 autres sérovars dont Agona, Albany, Newport, Derby et Infantis (81 ; 130 ; 174).

À l'heure actuelle, le principal problème est l'isolement croissant de souches DT104 ayant acquis une résistance additionnelle aux deux familles utilisées en première intention chez l'homme, les C3G et les fluoroquinolones (61 ; 94 ; 101 ; 177 ; 181) ; une diminution de la sensibilité à la ciprofloxacine a été observée chez 15% des isolats (167). Une étude a démontré une association entre ces souches et la consommation de saucisses et de pâtés de viande (165).

Dans le cadre de la surveillance de l'antibiorésistance, l'AFFSA ainsi que l'Institut Pasteur d'Algérie réservent un intérêt particulier aux souches présentant un des phénotypes de résistance "d'alerte" suivants :

- ✓ Résistance aux C3G.
- ✓ Diminution de la sensibilité ou résistance aux fluoroquinolones.
- ✓ Pentarésistance de type «ASCTSu».

Chapitre III
Salmonella,
AGENTS DE TOXI-INFECTIIONS ALIMENTAIRES

I. Généralités

Malgré les progrès de l'hygiène, les *Salmonella* demeurent la première cause de toxi-infections alimentaires d'origine bactérienne (18 ; 20 ; 65 ; 87 ; 91 ; 121) ; ces dernières constituent un réel problème de santé publique et une charge économique universelle (124).

Cette recrudescence peut être la conséquence des changements intervenus dans les procédés d'élevage (intensification) (69), dans la préparation, le conditionnement et le stockage des denrées alimentaires (24 ; 76), et dans les habitudes alimentaires avec l'essor de la restauration rapide et collective (65 ; 88), le recours à des aliments préparés à l'avance et la diversité des produits (65 ; 76).

De plus, l'émergence de certains sérovars tel Enteritidis depuis 1988 en France (24), ainsi que l'impact médiatique des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), ont contribué à une meilleure déclaration (88). Une TIAC se définit par l'apparition d'au moins deux cas groupés similaires d'une symptomatologie digestive, dont on peut rapporter la cause à une même origine alimentaire (87 ; 122).

Dans les pays en voie de développement, elles sont favorisées par le climat chaud, la méconnaissance des règles d'hygiène élémentaires, le manque du contrôle sanitaire par manque de développement des services d'hygiène et éventuellement, par la vente au consommateur d'aliments primairement altérés ; dans les pays à haut standard de vie, malgré un contrôle prophylactique rigoureux, la concentration de plus en plus grande des populations aboutissant à des transports fréquents et à de nombreuses manipulations constituent souvent la principale cause des contaminations, notamment en période estivale (121).

II. Données épidémiologiques

II.1. Habitat, réservoirs et mode de transmission (Figure 3)

Le réservoir naturel des *Salmonella* est très vaste et s'étend à tout le règne animal (15 ; 65 ; 86 ; 109 ; 169), domestique et sauvage (70 ; 122). Jusqu'à 90% des reptiles domestiques, tels que les tortues, et occasionnellement les insectes (94) constituent des vecteurs de *Salmonella* (128 ; 169).

Hébergées au niveau du tractus digestif des animaux porteurs sains, elles font l'objet d'une excrétion fécale intermittente (20 ; 86 ; 87 ; 181) ; ce phénomène de portage joue un rôle déterminant dans leur diffusion (70), et il est constaté que les sérovars hautement pathogènes pour l'homme sont ceux rencontrés chez ces porteurs sains (139).

Les *Salmonella* excrétées contaminent l'environnement, les cours d'eau (24 ; 70 ; 87 ; 94 ; 139 ; 140), le sol et la végétation ainsi que les aliments pour animaux (65 ; 86 ; 94 ; 119). Si les conditions de température, de pH et d'humidité dans ce réservoir secondaire sont favorables (15 ; 109 ; 125), elles peuvent survivre longtemps (20 ; 70) ; de quelques jours à 9 mois dans les sols, plusieurs mois dans les aliments secs et les végétaux (21 ; 101), et pendant des mois voire une année dans les effluents d'élevage non traités (fumiers et lisiers) (87 ; 128).

À titre d'exemple, *S.Typhi* peut survivre durant plusieurs semaines dans l'eau des rivières, 12 jours dans les eaux d'égouts, 4 mois dans le beurre et 39 jours dans les crèmes glacées (66).

La nature ubiquitaire des *Salmonella* facilitant leur survie cyclique (24 ; 128) ainsi que le mode d'élevage actuel tendant à créer de fortes concentrations animales, expliquent cette large distribution (122 ; 101).

Les diverses denrées alimentaires (87 ; 94 ; 101 ; 139) principalement celles d'origine animale, assurent la liaison entre le vaste réservoir animal et l'homme (69 ; 70 ; 140). L'ingestion des ces denrées contaminées par *Salmonella* constitue d'ailleurs le mode de transmission le plus fréquent (10 ; 87 ; 146 ; 147 ; 172) puisque estimé à près de 95% (7 ; 101) ; suivi du contact direct avec les animaux de compagnie et de la contamination inter-humaine par le biais de porteurs sains ou asymptomatiques (24 ; 140).

Il a été rapporté que *S.Heidelberg* a été transmise à une femme enceinte par contact direct avec des veaux infectés ; la maladie a été transmise à la naissance au nouveau-né qui, à son tour, l'a propagée au sein de la maternité (63).

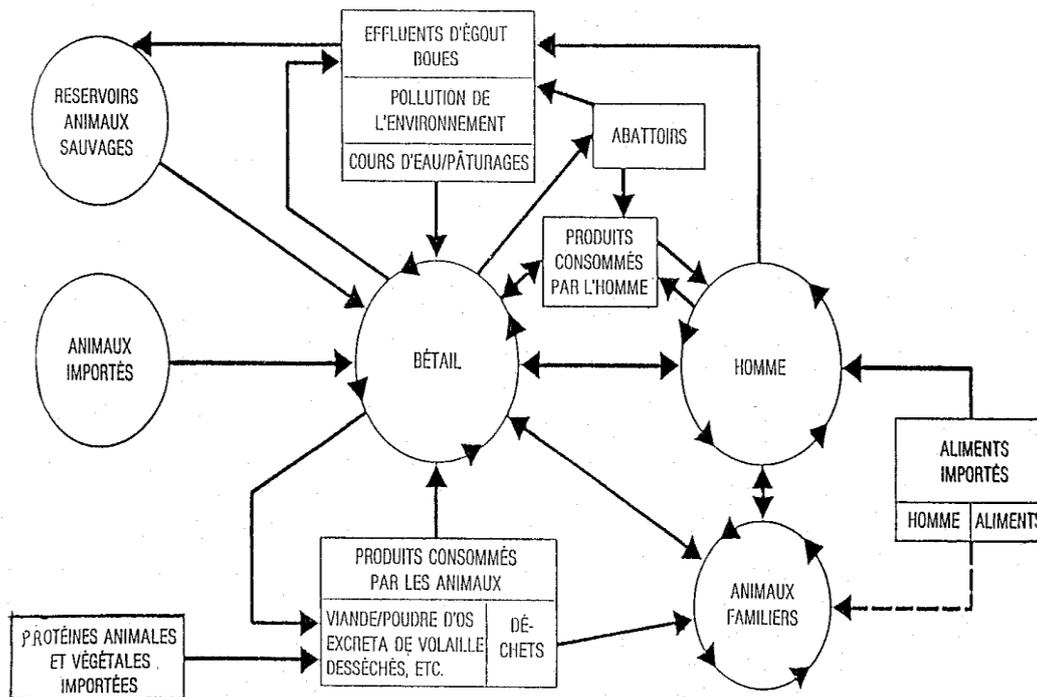


Figure 3 : Cycle épidémiologique des *Salmonella* (20).

II.2. Incidence

L'incidence réelle des salmonelloses humaines et animales est difficile à évaluer faute de systèmes de surveillance épidémiologique dans de nombreux pays et, même lorsqu'il en existe un, les cas sporadiques ou bénins ne sont pas signalés (2 ; 62). Par conséquent, la majorité des épidémiologistes s'accordent sur le fait que les chiffres officiels avancés ne représentent qu'une faible part de la réalité, variables selon l'efficacité de cette surveillance (69 ; 169 ; 172) ; concrètement, plusieurs études tant en France que dans d'autres pays, montrent que le nombre d'isollements enregistrés de *Salmonella* représente moins de 5% du nombre réel d'infections. Les cas de diarrhées individuelles ou familiales étant rarement signalés, même s'ils sont parfois pris en charge par un médecin (24 ; 88).

En dépit de la conséquence économique liée aux entraves commerciales imposées à la production animale et aux lots de denrées contaminées (94), la conséquence hygiénique a un coût important tant humain que social (consultations et traitements médicaux voire des hospitalisations, arrêts de travail et perte de productivité) (76).

L'incidence universelle des salmonelloses non-typhoïdiques est annuellement estimée à 1.3 billion cas avec 3 millions de décès (81).

Aux États-Unis, les CDCP ont estimé le chiffre réel de cas humains de salmonelloses non-typhoïdiques à environ 1.4 millions par année avec 582 décès ; l'impact économique annuel est estimé entre 500 millions et 2.3 milliards de dollars (7 ; 172).

Entre 1973 et 1978, les *Salmonella* ont été responsables de 40% des cas d'intoxications alimentaires aux États-Unis et au Canada (2).

En Corée, 23.8% des toxi-infections d'origine bactérienne enregistrées entre 1981 et 1995, étaient causées par des *Salmonella* contre 19.9% enregistrées durant la même période au Japon (94).

En Australie, 35% des toxi-infections d'origine bactérienne enregistrées entre 1995 et 2000, étaient causées par des *Salmonella* et responsables de 40% des mortalités (50).

Dans le continent européen, l'incidence des salmonelloses chez l'homme est de 73 cas pour 100 000 habitants et par an (20).

En France, le nombre annuel de cas hospitalisés varie entre 5 700 et 10 300, avec 92 à 535 décès (52 ; 111 ; 144). La participation des *Salmonella* aux TIAC enregistrées a connu trois périodes successives ; à la fin des années 80, la proportion a fortement augmenté en passant de 30 à 70%, entre 1990 et 1997, 70% des foyers de TIAC ont été enregistrés, et enfin, de 1997 à 2002, cette proportion a progressivement chuté de 71 à 58%. Poirier, dans son étude publiée en 2004, a démontré que cette diminution est la conséquence de l'application des mesures de lutte contre *S. Enteritidis* dans les élevages avicoles (87).

La mise en place de systèmes de surveillance associés à des programmes stricts de vaccination, a permis de contrôler le nombre de cas humains dus à ce sérovar dans d'autres pays européens, notamment en Belgique et au Royaume-Uni (101).

En Algérie, les taux de morbidité des TIAC de 2001 au premier trimestre de l'année en cours sont représentés par le **tableau 4** en **Annexe N°1** et la **figure 4**.

Les données récoltées ne reflètent pas la réalité de la situation notamment dans la wilaya d'Alger où 13 cas seulement ont été déclarés en 2008.

La majorité des cas sont associés à des préparations à base d'aliments d'origine animale et prises le plus souvent, en collectivités ; le germe incriminé est rarement identifié.

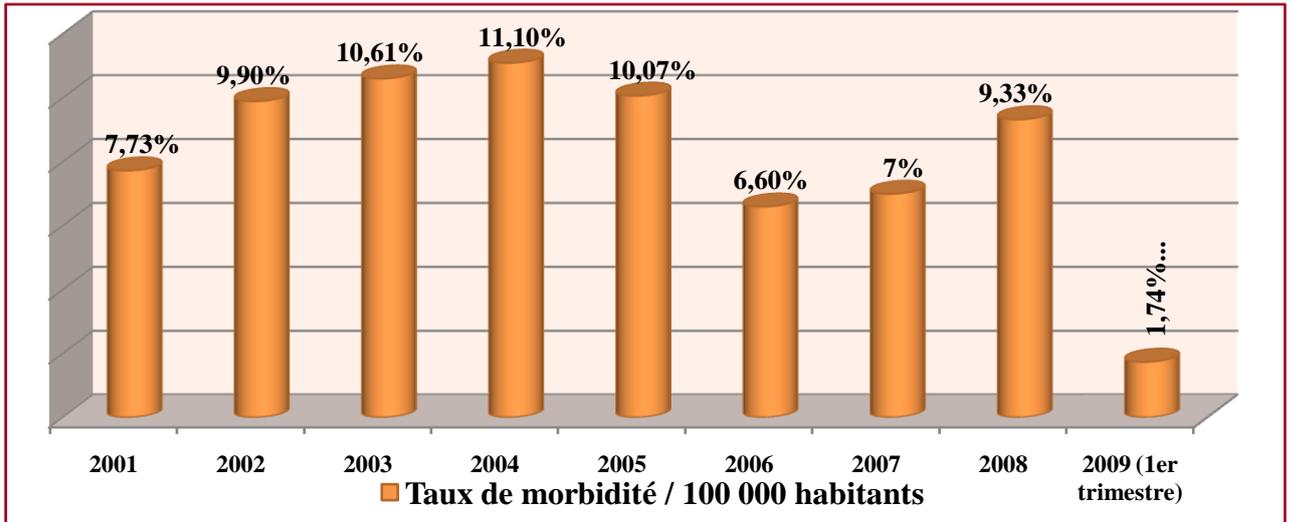


Figure 4 : Évolution du taux de morbidité des TIAC en Algérie entre 2001 et 2009 (Source : service de la prévention du ministère de la santé).

II.3. Sérovars incriminés

Le syndrome de toxi-infection à *Salmonella* fait suite à l'ingestion d'aliments contaminés par des sérovars appartenant au groupe ubiquiste non adapté à un hôte particulier (94).

Parmi les sérovars répertoriés dans le tableau de Kauffmann-White, seul un nombre limité manifeste un pouvoir pathogène pour l'homme et l'animal ; en moyenne 200 sont isolés chaque année, certains ont une présence permanente et dominante, tel Typhimurium, alors que d'autres émergent et disparaissent sans explication valable (69 ; 70). Le plus souvent, 3 ou 4 sérovars regroupent 50 à 60% des souches isolées annuellement (69).

Cependant, il est considéré que tous les sérovars de *Salmonella* sont potentiellement pathogènes et peuvent déterminer chez le consommateur un syndrome de gastro-entérite fébrile (101 ; 122 ; 169 ; 185).

L'évolution de certains sérovars chez les animaux et chez l'homme est parallèle ; c'est le cas pour Hadar, Agona, Virchow et surtout pour Enteritidis (69). Autrement dit, certains sérovars isolés chez l'homme ou d'aliments proviennent d'une seule espèce animale [exemple du sérovar Enteritidis associé aux œufs et aux volailles] (24 ; 181) ; dans ce cas, il est parfois possible lors d'une enquête épidémiologique, de déduire intuitivement l'origine d'une toxi-infection alimentaire en fonction du sérovar isolé chez les malades (27).

Leur émergence varie avec les époques mais également avec les pays (24 ; 148).

Les 5 principaux sérovars isolés en France entre 1992 et 1993 sont les suivants : Typhimurium, Enteritidis, Virchow, Newport et Derby (107).

Selon les données du CNRSS, quatre sérovars sont à l'origine de près de 80 % des cas de salmonellose humaine, en 1997. Il s'agit de Typhimurium (35 %), Enteritidis (34 %), Hadar (7 %) et Virchow (3 %) ; Hadar étant le sérovar qui a connu la plus forte progression (100). Entre 1998 et 1999, le classement demeure le même, viennent s'ajouter par ordre décroissant, Heidelberg, Infantis et Newport (24) ; et en 2002, Typhimurium, Enteritidis, Hadar, Infantis et Virchow représentaient les 5 sérovars majoritairement isolés chez l'homme (87).

Les deux sérovars les plus fréquemment isolés en France sont donc Enteritidis et Typhimurium (18 ; 20), il en est de même au Royaume-Uni (15), dans 35 autres pays européens (101), et en Afrique du sud (7).

Aux États-Unis, Enteritidis, Typhimurium et Heidelberg constituent les sérovars les plus fréquemment identifiés, selon les estimations des CDCP (7).

Au Maroc, l'étude réalisée par Rouahi et al. (1998) de 1995 à 1997 montre que le sérovar dominant est Enteritidis.

S.Typhimurium : autrefois appelé bacille d'Aertrijcke, il représente le sérovar le plus communément isolé au cours des toxi-infections alimentaires (115 ; 120 ; 129). En 2000, il représentait 20% des cas humains en Belgique (186).

En 1984, ce sérovar a été utilisé comme arme biologique par un groupe de bioterroristes, pour contaminer les restaurants de l'état de l'Oregon. Cet acte destiné à influencer les élections locales se solda par 751 cas d'infections entériques avec 45 hospitalisations (56).

S.Enteritidis : antérieurement appelé bacille de Gærtner, il se manifeste dans 73 % des cas, lors de toxi-infections alimentaires en relation avec la consommation d'œufs, d'ovoproduits (70 ; 181), de préparations à base d'œufs (172) et de viandes de volaille (21 ; 94). En 2000, il représentait 67% des cas humains Belgique (186).

S.Hadar : un premier pic épidémique important a été observé en 1979 en France ; après des variations dans la fréquence d'isolement, une autre épidémie nationale a touché 164 personnes en 1995. Le nombre de souches enregistrées au CNRSS a été multiplié par un facteur de 3 entre 1996 et 1997, avec une tendance à la baisse notée entre 1998 et 1999 (24).

Autres sérovars de la sous-espèce *enterica*

. En Suisse, l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP) a enregistré, entre décembre 2002 et janvier 2003, une augmentation du nombre de déclarations de *S. Virchow* associée à la consommation de viandes de volaille (154).

. Aux États-Unis, **Newport** est le 3^{ème} sérovar après Typhimurium et Enteritidis responsables de près de 10% des cas de gastro-entérites enregistrés en 2001 (25).

. **Heidelberg** est fréquemment mis en cause dans les TIA associées à la consommation de viandes de volaille, de dinde le plus souvent (182) ; il occupe le 4^{ème} rang selon les investigations de la DDASS en 1997.

Salmonella arizonae : commensales du tractus digestif de certains reptiles, les sérovars de la sous-espèce *arizonae*, peuvent toutefois se retrouver dans certains aliments comme les œufs et les viandes et déterminer chez l'homme des gastro-entérites (139 ; 140).

II.4. Aliments mis en cause

Toutes les variétés d'aliments sont susceptibles d'être contaminées par les *Salmonella*, mais on les retrouve essentiellement dans les produits d'origine animale (76 ; 15 ; 2 ; 172 ; 128 ; 181 ; 124) ; ceci est en partie dû au grand nombre d'animaux porteurs sains (119).

Riches en protéines (122), les viandes avec un pH variant entre 5.1 et 6.4, les poissons entre 5.2 et 6.8, et le lait frais entre 6.3 et 6.5 (23 ; 94), constituent des milieux très favorables à la survie et à la croissance microbiennes (87 ; 121). Ceux frais et périssables sont particulièrement plus sensibles (122).

Les viandes et les volailles sont les plus fréquemment incriminés, mais également les produits de la mer, les produits laitiers, les charcuteries, les pâtisseries (122), les œufs, les ovoproduits ainsi que les préparations à base d'œufs non cuits (65 ; 69).

Les premiers cas de salmonellose furent décrits en 1888, en Allemagne, lorsque 50 personnes sont tombées malades après avoir ingéré du bœuf haché (169 ; 82) ; à rappeler aussi qu'à la même année aux États-Unis, 57 cas ont été signalés suite à la consommation de viande avariée provenant d'une vache abattue d'urgence (15 ; 56 ; 121).

La viande chevaline paraît particulièrement sensible (120 ; 121 ; 176) ; néanmoins, plusieurs études ont conclu que la prolifération des *Salmonella* dans ces viandes dépendait en fait de leur origine (68).

Les viandes de volaille insuffisamment cuites avec les œufs et les ovoproduits contaminés constituent la source majeure de toxi-infections à *S.Enteritidis* (91) ; en effet, les produits de l'aviculture seraient responsables de 50 à 76% des cas de salmonellose humaine (186).

Depuis 1988, les TIAC à *S.Enteritidis* restent très souvent liées à la consommation d'œufs, toujours plus fréquentes pendant la période estivale et en milieu familial. Les mayonnaises non industrielles (non pasteurisées) peuvent être impliquées dans plusieurs épidémies de toxi-infections lorsqu'elles sont préparées à partir d'œufs crus contaminés (92).

II.5. Principales épidémies

Les plus importantes épidémies mondiales de toxi-infections alimentaires à *Salmonella* répertoriées par la littérature sont résumées dans le **tableau 5**.

Tableau 5 : Principales épidémies de TIA à *Salmonella*.

Date	Pays	Nombre de cas	Aliment responsable	Sérovar incriminé	Réf.
1953	Suède	8845	Viande crue	Typhimurium	15
1955	Danemark	10 000	Mayonnaise	Enteritidis	15
1968	Royaume-Uni	50	V. de poulet	Virchow	155
1973-1987	USA	66 épidémies	V.de volaille	N.C	94
1973-1992	USA	450	Lait cru	N.C	15
1973-1992	USA	32 épidémies	Fromage	N.C	94
1976	USA	339	Fromage	Heidelberg	94
1981	Écosse	654	Lait cru	Typhimurium	15
1981	Australie	279	Salami	Newport	15
1982	Canada	N.C	Fromage	Muenster	29
1984	Canada	1500	Fromage	Typhimurium	15;146
1984	France	506	Pâté	Goldcoast	15
1985	USA	16 284	Lait pasteurisé	Typhimurium	15;69
1985	Suisse	40	Fromage	Typhimurium	15
1987-1988	Royaume-Uni	101	Salami	Typhimurium	94
1991	Italie	83	Salami	Typhimurium	15
1994	USA	224 000	Crème glacée	Enteritidis	172;84
1995	Royaume-Uni	17	Crème pâtissière	Enteritidis	15
1996	Royaume-Uni	37	Crème glacée	Enteritidis	15
1997-1998	USA	(4 états)	Œufs	Enteritidis	94
1998	Royaume-Uni	76	Mayonnaise	Typhimurium	15
1998	Royaume-Uni	86	Lait pasteurisé	Typhimurium	15
1998-1999	France	3 épidémies	V.bœuf hachée	N.C	87
2001	France	200	Fromage	N.C	87
2002	USA	(5 états)	V.bœuf hachée	Newport	94
2002	USA	6 028	N.C	Typhimurium	15
2008	Algérie	232	Pâtisseries	<i>Salmonella</i> spp.	S.P

N.C : non cité ; V : viande.

S.P : service de prévention du ministère de la santé.

III. Pouvoir pathogène et facteurs de virulence

Le même pouvoir pathogène de base est impliqué dans toutes les infections à *Salmonella* (66).

La majorité des sérovars isolés à partir des aliments peuvent extérioriser un pouvoir pathogène dès lors qu'ils sont ingérés en nombre significatif (22 ; 70 ; 94 ; 109 ; 115 ; 122). La dose minimale infectieuse (DMI) est comprise entre 10^5 et 10^9 ; cependant, des exceptions à la règle existent puisque des toxi-infections peuvent survenir à des doses bien inférieures (69 ; 70 ; 94 ; 169), de 50 à 100 ufc estimées par certains auteurs, moins de 10 ufc, par d'autres (94). L'expression du pouvoir pathogène est influencée par plusieurs facteurs liés à :

- **L'homme** : la première barrière de défense est son estomac dont le pH acide varie suivant l'âge et au cours de la journée (115). La DMI est fortement diminuée chez des patients gastrectomisés ou prenant des médicaments anti-acides (24). Elle est influencée par l'état de santé et l'intégrité des moyens de défense ; les groupes à risque étant les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes et les malades immunodéficients (87 ; 119 ; 157).
- **L'aliment** : avec les viandes, la DMI chez un adulte bien portant, est généralement supérieure à 10^4 ufc. Lorsque les *Salmonella* sont ingérées à jeun (119), particulièrement en suspension dans de l'eau, le véhicule contaminé échappe à l'action bactéricide du suc gastrique et la DMI peut être de l'ordre de 1 à 10 ufc (115 ; 119) ; de même, la dose susceptible de déclencher une toxi-infection alimentaire est diminuée quand le germe est absorbée avec du chocolat, du fromage ou du salami, aliments particulièrement riches en lipides (15 ; 87 ; 115 ; 122).
- **Le sérovar** : Typhimurium, Enteritidis, Choleraesuis et Dublin sont les plus pathogènes. Les deux derniers sérovars sont plus associés à une forte mortalité que les autres, s'expliquant chez Choleraesuis par une excrétion fécale rare mais une septicémie plus fréquente ; la virulence de *S.Typhimurium* réside dans sa haute résistance aux acidités (94), elle est modifiée par les facteurs physico-chimiques (125).

L'expression du pouvoir pathogène paraît liée à la possession de facteurs de virulence à déterminisme chromosomique, regroupés en au moins cinq « îlots de pathogénicité » (SPI pour *Salmonella* Pathogenicity Islands) distincts (86 ; 94 ; 145 ; 157) mais aussi à déterminisme plasmidique (70 ; 147) ; ils sont entre 200 à 400 gènes mobilisés par *Salmonella* en vue de contrecarrer les mécanismes de défense de l'hôte (69).

Hormis la capacité de survie à l'acidité de l'estomac et aux sels biliaries de l'intestin grêle (172 ; 101), les attributs de la virulence (**Figure 5**) englobent, les flagelles permettant les déplacements, les fimbriæ favorisant l'attachement et l'internalisation dans la cellule eucaryote (69 ; 108 ; 125 ; 157), le système de sécrétion de type III (T3SS) d'invasines responsables du pouvoir invasif (69 ; 101 ; 122 ; 157), le LPS comprenant l'Ag O et l'endotoxine qui est libérée lors de la lyse bactérienne (69 ; 76 ; 129), le système de captation du fer représenté par les sidérophores (69 ; 86 ; 125), les enzymes nécessaires à la survie et à la multiplication à l'intérieur des macrophages, et enfin les enzymes détruisant les composants du complément du plasma, ce qui facilite l'essaimage dans l'organisme (69 ; 87 ; 147 ; 157).

En 1975, Koupal et Deibel ont mis en évidence l'entérotoxine salmonellique (94). Par la suite, il a été démontré que *S.Typhi* possède trois toxines [une entérotoxine type shiga-like, une autre entérotoxine type cholérique et une cytotoxine], que *S.Enteritidis* produit une entérotoxine et une cytotoxine et que *S.Typhimurium* élabore deux entérotoxines, l'une thermolabile et l'autre thermostable, ainsi qu'une cytotoxine type shiga-like (76 ; 107). La cytotoxine facilite l'invasion des *Salmonella* dans les cellules de l'épithélium intestinal alors que l'entérotoxine est responsable des phénomènes de diarrhée (125).

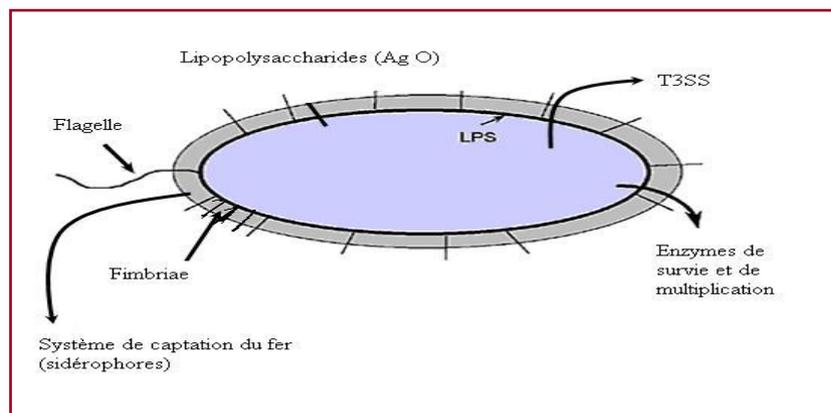


Figure 5 : Facteurs de virulence de *Salmonella* (189).

IV. Mécanisme physiopathologique

Les mécanismes de virulence sont encore assez mal connus (101) ; il est accordé en outre que les infections à *Salmonella* reflètent le résultat de la confrontation entre les déterminants de la virulence bactérienne et les mécanismes de défense de l'hôte (68).

Salmonella est entéropathogène (109) invasive à multiplication intracellulaire (122 ; 145) ; la partie terminale de l'iléum constitue le site de pathogénicité des *Salmonella* non-typhoïdiques (94) car à ce niveau, l'épithélium est caractérisé par la présence, parmi les entérocytes, de cellules M des plaques de Peyer et par l'absence de cellules sécrétant du mucus (101).

Il est évident que la pathogénèse débute avec l'ingestion de la bactérie (94 ; 172). Une fois dans l'intestin grêle, les *Salmonella* doivent le plus rapidement possible adhérer (94 ; 101) à des récepteurs cellulaires spécifiques de la muqueuse intestinale (122) ; après cette phase d'attachement aux cellules épithéliales à l'aide d'adhésines fimbriales de type I (108 ; 157 ; 169 ; 172) induites par le gène *fim* inclus dans le SPI-1 (86 ; 125), elles les envahissent.

L'invasion de la cellule hôte est un processus de macropinocytose (94 ; 157) où les *Salmonella* induisent leur propre absorption ou internalisation (157) ; grâce au T3SS, elles produisent des protéines de surface dites invasives et codées par le SPI-1, dont l'effet principal est le réarrangement des filaments d'actine du cytosquelette cellulaire pour former des projections cytoplasmiques qui finissent par entourer les bactéries et les englober (169 ; 172). Dans cette vacuole, *Salmonella* s'y multiplie (122 ; 157) tranquillement à l'abri du système immunitaire de l'hôte, une fois le processus d'apoptose réprimé (172).

Les protéines codées par le SPI-1 sont également impliquées dans la migration des cellules immunitaires de l'hôte, des vaisseaux sanguins vers la paroi intestinale (172) ; afin d'atteindre ce niveau, les *Salmonella* prolifèrent dans la cellule épithéliale et réussissent par un phénomène d'exocytose à approcher les macrophages, en faisant intervenir des protéines codées par le SPI-2 pour y pénétrer par phagocytose et s'y multiplier ; il en résulte une réaction inflammatoire de la *lamina propria* (122 ; 169 ; 172).

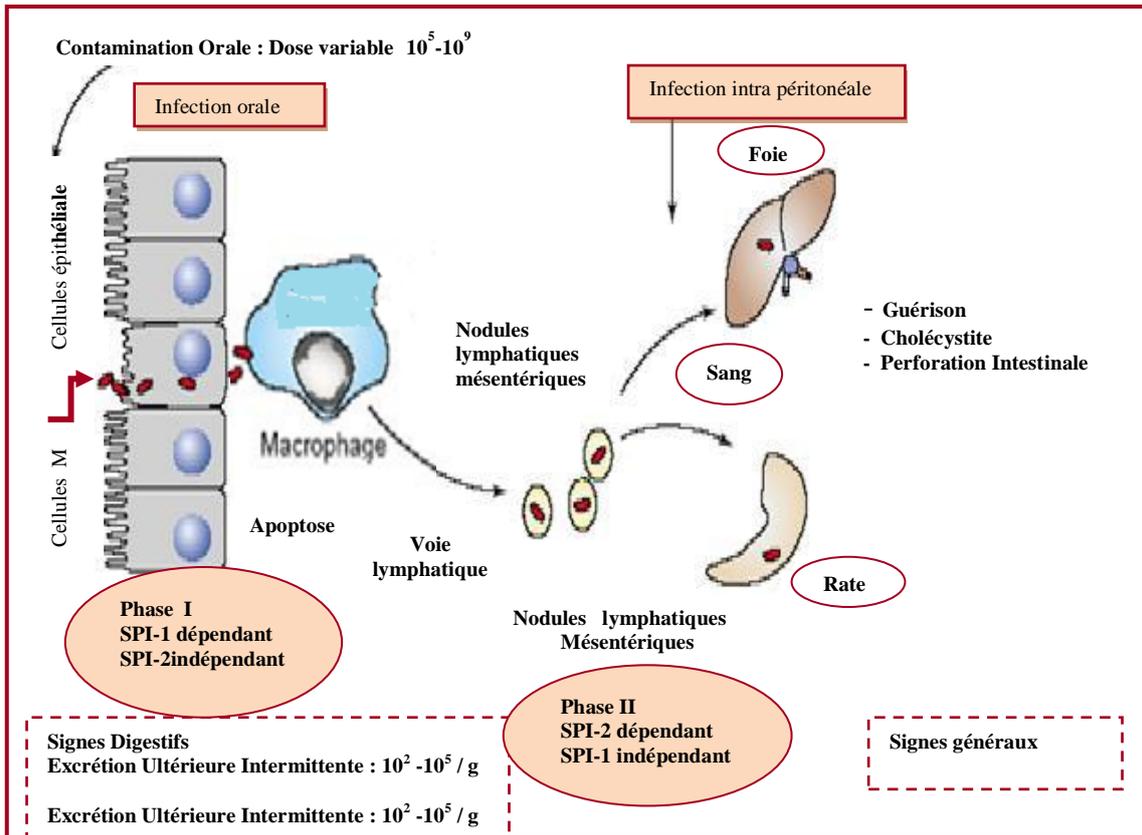


Figure 6 : Pathogénie générale d'une infection salmonellique (93).

Les rapports développés par les *Salmonella* ubiquistes, agents de TIA, avec leurs hôtes peuvent entraîner :

- Un portage sain et asymptomatique, strictement limité au tube digestif avec 10 à plus de 10^7 de *Salmonella* excrétées de manière intermittente dans 1g de matières fécales (87), l'infection reste donc localisée et n'atteint pas le stade de la septicémie (122).
- Un portage sain et asymptomatique avec passage *via* le sang des bactéries qui ont survécu dans les macrophages, vers d'autres organes tels le foie et la rate (87 ; 122 ; 169 ; 172).
- Une maladie avec symptômes digestifs et hyperthermie lorsque le système immunitaire de l'hôte est déficient ou dépassé par le nombre de *Salmonella* qui ont envahi l'organisme (87) ; l'afflux de liquide dans la lumière intestinale après invasion salmonellique résulte d'une sécrétion d'ions Cl^- ainsi que d'une diminution de l'absorption des ions Na^+ par les villosités intestinales (125), quant à l'hyperthermie associée à l'infection salmonellique, elle serait due à des endotoxines libérées lors de la lyse bactérienne (76 ; 117 ; 169).

V. Symptomatologie

La plupart des cas de toxi-infections alimentaires sont sporadiques. Néanmoins, les épidémies à *Salmonella* dans les collectivités ne sont pas rares (69 ; 172 ; 178). L'aspect clinique est commun à la plupart des gastro-entérites à entérobactéries (139 ; 140).

La durée d'incubation varie selon la DMI (24 ; 87) qui dépend à son tour de plusieurs facteurs évoqués précédemment. Les symptômes peuvent varier considérablement en fonction de l'état de réceptivité de l'hôte (101) ; ils apparaissent généralement 8 à 72 heures après ingestion de l'aliment contaminé (63 ; 65 ; 76 ; 94 ; 169) et consistent en une entérocolite fébrile (39°C - 40°C) non sanguinolente (65 ; 185) avec maux de tête, nausées et vomissements, douleurs abdominales, frissons et diarrhées, s'accompagnant habituellement de prostration, de courbatures, de malaise, d'agitation et de somnolence (69 ; 87 ; 94 ; 139).

L'évolution varie selon le sérovar en cause et l'état physiologique de l'hôte (24 ; 87), elle se déroule spontanément vers la guérison en 2 à 6 jours (63 ; 185) chez des adultes en bonne santé (139). Plus de 5% des patients guéris peuvent devenir des porteurs latents méconnus (94 ; 109) et excréter des *Salmonella* dans leurs selles (65 ; 169), jusqu'à 6 mois après le début de l'infection (169).

Les salmonelloses se caractérisent donc par une forte morbidité et une faible mortalité (69), exception faite pour les populations à risque, à savoir les nourrissons (4), les personnes âgées, les femmes enceintes et les immunodéficients, pour lesquels le tableau clinique peut être beaucoup plus sévère et évoluer parfois vers la mort (24 ; 70 ; 87 ; 111).

La mortalité fait suite à des complications chroniques pouvant survenir dans 3 à 10% des cas (130) et se caractériser par un syndrome septicémique avec splénomégalie et hyperthermie (2), des localisations extradigestives, en particulier vasculaires, articulaires [syndrome de Fiessinger- Le Roy-Reiter] (101 ; 186) et neurologiques (4).

Le taux de mortalité est généralement inférieur à 1% (169 ; 186), mais varie considérablement avec l'âge et le sérovar. Il est de 5.8% chez les malades âgés de moins de 1 an, de 2% chez les malades âgés entre 1 et 5 ans et atteint 15% chez les personnes âgées de plus de 50 ans (94) ; le taux de mortalité le plus élevé est attribué à *S.Choleraesuis* avec 21% (2 ; 94).

VI. Diagnostic

Le diagnostic d'une TIA passe par la recherche et l'isolement de *Salmonella* dans l'aliment incriminé (s'il est encore accessible), et à partir de prélèvements opérés sur les malades (121) ; il est confirmé par le sérotypage et dans le cadre d'une enquête épidémiologique suite à une TIAC, par le lysotypage (87).

Il repose sur deux méthodes :

VI.1. Méthode directe

Elle constitue la méthode de choix pour un diagnostic de certitude qui consiste à isoler et à identifier l'agent pathogène à partir essentiellement d'une coproculture du patient, d'une hémoculture ou des restes de nourriture (115).

Par coproculture, le nombre élevé de *Salmonella* présentes dans les selles ainsi que leur bon état physiologique, puisque issues directement du tube digestif, permet d'enrichir ou d'isoler directement l'échantillon. La limite de détection est élevée sauf dans le cas de porteurs inapparents qui n'excrètent que très faiblement et de manière intermittente, les *Salmonella* (87).

Les hémocultures sont négatives chez les patients adultes sans maladies intercurrentes. Les TIA causées par certains sérovars tels Typhimurium et Enteritidis peuvent engendrer des septicémies chez les malades immunodéprimés en raison d'une maladie sanguine (maladie de Hodgkin, leucémie, SIDA), chez les personnes âgées et chez les nourrissons ; leurs hémocultures sont par conséquent, positives (109 ; 115)

Les formes extra-digestives étant de plus en plus fréquentes, les *Salmonella* ubiquistes peuvent être isolées à partir de prélèvements d'abcès, d'urine, de moelle osseuse (109) et de liquide céphalo-rachidien (4).

VI.2. Méthode indirecte ou sérodiagnostic

La recherche des agglutinines sériques **O** et **H** est inutile du moment qu'elles n'apparaîtront que respectivement au bout du 8^{ème} jour et vers le 10-12^{ème} jour de l'infection (109). Bien que largement utilisée, cette méthode ne permet qu'une orientation vers le diagnostic de fièvres typhoïdes et accessoirement des fièvres paratyphoïdes (115 ; 121).

VII. Traitement

VII.1. Traitement préventif

La prévention des TIA repose principalement sur l'observation des règles élémentaires de l'hygiène alimentaire (24).

VII.2. Traitement curatif

Plusieurs raisons sont avancées par les médecins pour ne pas instaurer d'antibiothérapie dans le but de traiter les gastro-entérites à *Salmonella* non-typhoïdiques :

- Prolongation de la durée d'excrétion dans les selles ;
- Apparition de mutants résistants ;
- Expression d'effets secondaires (allergies et déséquilibre de la flore intestinale...) (2 ; 15 ; 24 ; 109).
- Libération d'une grande quantité d'endotoxine dans la circulation sanguine (36) ; ce syndrome endotoxique peut toutefois être évité en utilisant des doses progressivement croissantes (129 ; 169).

Une thérapeutique symptomatique est en général suffisante chez les individus adultes sans maladies intercurrentes (69), elle est surtout basée sur la réhydratation en restituant les liquides et les électrolytes (145 ; 169).

Néanmoins, l'antibiothérapie se justifie chez les populations à risques ou lorsque dans une moyenne de 5% des cas (101 ; 186), l'infection gastro-intestinale s'accompagne de complications (18 ; 19 ; 24 ; 181); elle doit être adaptée au sérovar d'où l'intérêt de l'antibiogramme (109). Les céphalosporines de 3^{ème} génération et les fluoroquinolones constituent les antibiotiques de choix pour le traitement des formes invasives et systémiques des salmonelloses (10 ; 181).

Une équipe de chercheurs américains a testé une nouvelle molécule, *Led209*. Elle pourrait interférer avec les signaux biochimiques qui donnent l'ordre à trois bactéries (*E.coli*, *Salmonella* et *Francisella tularensis*), agents de gastro-entérites, de libérer leurs toxines. L'étude publiée le 22 août 2008 dans le journal *Science*, décrit une manière de stopper ces bactéries différente de celle faisant appel à des antibiotiques (183).

VII.3. Traitement des porteurs

Les convalescents, porteurs transitoires guérissent spontanément. L'état de portage chronique est dangereux ; il est éradiqué avec les fluoroquinolones (65).

VIII. Mesures de prévention et de surveillance des TIA

Les mesures de prévention doivent s'inspirer des données épidémiologiques (119). Elles reposent essentiellement sur le respect de simples pratiques d'hygiène alimentaire, aussi bien dans les cuisines familiales que dans la restauration collective (24 ; 69 ; 91) ; en amont, la lutte contre les salmonelloses humaines passe par la diminution de la prévalence des salmonelloses animales (2 ; 76).

Elles nécessitent d'importants moyens coûteux et contraignants afin d'assurer qu'aucun maillon de la chaîne, depuis le stade de la production jusqu'à celui de la consommation, ne soit défaillant (69 ; 87) ; elles se résument à :

- Contrôler rigoureusement l'alimentation animale par la réduction de la contamination du milieu et par l'hygiène animale (87 ; 119).
- Éradiquer la maladie chez les animaux producteurs d'aliments (69 ; 157).
- Réduire la contamination par les selles durant le processus d'abattage et de collecte du lait (109 ; 169).
- Réduire les contaminations manuportées tout le long de la chaîne de transformation, de distribution, du stockage et de l'entreposage des aliments (51 ; 87 ; 109 ; 120 ; 169).
- Respecter les bonnes pratiques lors de la préparation des aliments (au niveau industriel, collectif ou familial) :
 - . Non-interruption de la chaîne du froid (109 ; 120).
 - . Respect des barèmes de cuisson, en particulier des viandes hachées, des viandes de volailles (20 ; 51 ; 69 ; 74 ; 87 ; 121 ; 145), et des œufs (94).
 - . Conservation adéquate en respectant la température et la durée de stockage des aliments (74 ; 119 ; 145 ; 169), ainsi que la séparation des denrées crues de celles cuites (69).
 - . Traitement des eaux utilisées en cuisine et dans les industries agro-alimentaires (122).

. Instaurer des guides d'éducation sanitaire pour les employés de l'industrie, les distributeurs, voire même pour les consommateurs et les populations à risque, en insistant notamment sur l'hygiène corporelle, celle de l'environnement (cuisines et ustensiles) et les risques encourus (2 ; 87 ; 121).

Aux États-Unis, l'opération FIGHTBAC® qui a instauré le logo CSCC (pour Clean, Separate, Cook, Chill) ainsi que les brochures et les notices explicatives publiées par la FDA et le CDCP et disponibles sur Internet, sont des initiatives à méditer (101).

Au niveau industriel et en restauration collective, le personnel amené à manipuler des denrées alimentaires doit obligatoirement et régulièrement subir des épreuves de dépistage dont une coproculture (76 ; 121) et doit être éventuellement informer sur la gravité de l'état de portage de cette maladie (115).

Concernant les TIAC qui doivent être obligatoirement déclarées (65 ; 87 ; 111), la surveillance épidémiologique par les services de santé est nécessaire pour évaluer l'ampleur de la situation dans chaque pays et localiser l'origine des foyers afin d'adopter des mesures qui limitent les risques (2) et préviennent les récurrences (87).

Aux États-Unis, le Foodnet est un système qui rassemble des données concernant les intoxications alimentaires causées par neuf germes pathogènes dont les *Salmonella*.

Ce système couvrait en 1996 cinq États ; il en comptait neuf en 2002, ce qui représentait 13% de la population américaine (94). D'autres programmes de surveillance des épidémies, leurs distributions géographiques et profils de résistance aux antibiotiques, se sont développés ; ils sont représentés par Pulsenet, Sentry et Enter-Net (181 ; 185).

En France, les déclarations obligatoires des TIAC doivent s'effectuer auprès de la DDASS ou de la DSV, et les données des enquêtes épidémiologiques recueillies par les médecins et les vétérinaires parviennent à l'InVS ; le CNRSS situé à l'Institut Pasteur de Paris, centralise, sur la base du volontariat, les souches de *Salmonella* isolées par les laboratoires d'analyses médicales (87), concernant principalement les isolats humains, alors que le centre de sérotypage des *Salmonella* de l'AFSSA-LERHQA, restructuré en « réseau *Salmonella* », collecte les souches et renseignements des isolats provenant des autres origines (27).

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Notre partie expérimentale s'intéresse d'abord à l'étude de la prévalence des souches de *Salmonella* dans plusieurs matrices alimentaires d'origine animale, puis à une confirmation sérologique des souches isolées, et enfin à l'étude de la sensibilité de ces souches aux antibiotiques.

Elle comprend différentes parties :

- Matériels et méthodes
- Résultats et discussion
- Conclusion
- Et recommandations

Notre étude sera scindée en trois étapes :

- La première étape effectuée au niveau du laboratoire d'analyses microbiologiques d'Hurba, sera réservée à l'isolement ainsi qu'à l'identification biochimique du genre *Salmonella* à partir de 504 prélèvements de produits alimentaires d'origine animale ; il en découlera une étude sur la prévalence de ce germe dans chaque matrice alimentaire.
- La deuxième étape réalisée au sein du service des Entérobactéries et Vibrions de l'Institut Pasteur d'Algérie, concernera la confirmation sérologique ; il en résultera une étude sur les sérovars de *Salmonella* spp. les plus fréquemment isolés.
- La troisième étape réalisée également au sein du service des Entérobactéries et Vibrions de l'Institut Pasteur d'Algérie, se penchera sur l'étude du profil d'antibiorésistance de chaque souche de *Salmonella* spp. isolée et sérotypée. Cette étude nous permettra d'apprécier la résistance de chaque souche de *Salmonella* spp. vis-à-vis d'un ou de plusieurs antibiotiques testés dont certains sont communément utilisés en médecine humaine ; ceci nous amènera à cerner la notion de multirésistance.

I. MATÉRIELS et MÉTHODES

Nous avons jugé nécessaire de consacrer une partie de notre travail à une présentation succincte de l'organisme d'accueil au sein duquel a été réalisée la plus longue étape de la présente étude.

Le laboratoire d'analyses microbiologiques annexé à l'épic Hurbal (établissement public d'hygiène urbaine d'Alger) est un organisme de contrôle et de prévention ; il compte parmi ses principales missions, la réception, la vérification, l'orientation, l'enregistrement et l'analyse microbiologique de l'ensemble des prélèvements alimentaires et des prélèvements d'eau provenant essentiellement des commerces de vente de détail (marchés communaux, boucheries, volaillers, fast-food, restaurants, alimentations générales, superettes, boulangeries-pâtisseries, ...etc.) répartis à travers toutes les communes de la wilaya d'Alger. Le laboratoire accepte aussi les échantillons en provenance des autres communes de wilayas limitrophes (Tipaza et Blida) et offre ses services à des clients opérant dans le secteur de l'hôtellerie et de la restauration.

Dans le cadre d'une inspection quotidienne de routine et de prévention, ces prélèvements sont habituellement réalisés par les vétérinaires, les biologistes et les techniciens de santé des BHC (Bureaux d'Hygiène Communaux).

Durant une année, nous avons sollicité leur collaboration quant à la fréquence (plusieurs sorties d'inspection par semaine) et à la nature (cibler les denrées alimentaires d'origine animale) de nos prélèvements.

I.1. Matériels

Notre étude a été réalisée sur des matrices alimentaires d'origine animale provenant des commerces de distribution d'aliments destinés à la consommation humaine implantés majoritairement un peu partout dans les différentes communes de la wilaya d'Alger. L'étude s'est donc faite sans distinction du lieu de prélèvement.

Le matériel d'analyses et les milieux de culture sont ceux habituellement utilisés dans un laboratoire classique de microbiologie (**Annexe N°2**).

I.1.1. Échantillonnage

I.1.1.1. Mode d'échantillonnage

Les prélèvements sont généralement effectués au courant de la matinée, ils ont été réalisés entre le début du mois de juin 2007 et la fin du mois de juin 2008.

Chaque échantillon directement et aseptiquement recueilli soit du congélateur ou du présentoir (cas des viandes rouges, des viandes blanches et leurs dérivés, des poissons, des produits laitiers et des pâtisseries), soit du récipient de préparation (cas des mayonnaises, des crèmes pâtisseries et des crèmes glacées), est instantanément conditionné dans un sachet de prélèvement stérile puis identifié.

Transportés dans des enceintes isothermes ou réfrigérées, les prélèvements parviennent aussitôt au laboratoire accompagnés d'un bulletin officiel de demande d'analyses microbiologiques.

Pour être acceptés, ils doivent remplir certaines exigences :

- Respect de la chaîne du froid.
- Prélèvement en quantité suffisante (poids variant entre 200 et 300 g).
- Notification de la nature, de la date et du lieu de prélèvement.

Après vérification, les prélèvements seront analysés le jour même ; mais si l'une des conditions n'est pas remplie, le laboratoire peut les refuser.

I.1.1.2. Distribution :

Nos prélèvements proviennent essentiellement des différents points de vente de détail de denrées destinées à l'alimentation humaine, implantés au niveau de la majorité des communes que compte la wilaya d'Alger (26 communes) (**Tableau 6 et figure 7 en annexe N°2**)

Ils ont été réalisés sur deux périodes :

- Une première période allant du 06 Juin 2007 au 06 Septembre 2007.
- Une seconde période allant du 04 Novembre 2007 au 24 Juin 2008.

Leur distribution mensuelle est représentée par le **tableau 7 en annexe N°2** et la **figure 8**.

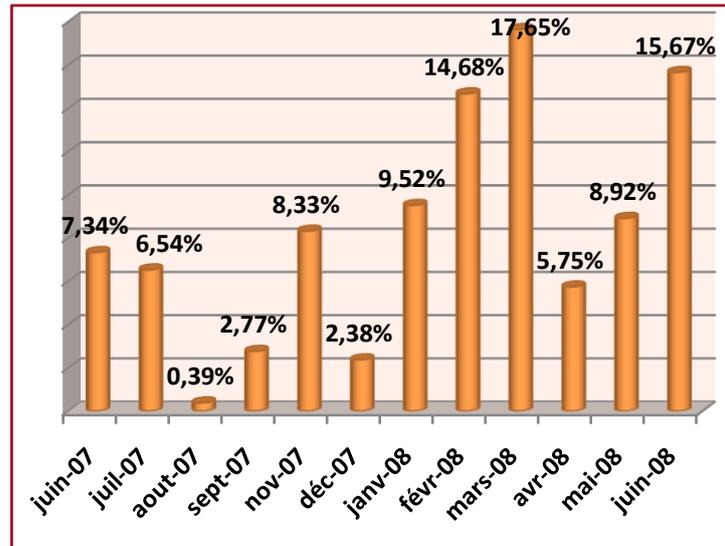


Figure 8: Distribution mensuelle des prélèvements.

Au départ, nous avons souhaité répartir nos prélèvements selon le classement adopté par l'arrêté interministériel du 24 juillet 1998 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires et paru le 27 mai 1998 dans le N°035 du *Journal Officiel de la République Algérienne* ; nous avons été contraints d'opérer quelques modifications concernant essentiellement la catégorie des œufs et des ovoproduits.

Pour des raisons dépendant exclusivement du planning de travail propre à chaque bureau d'hygiène communal, la quantité représentative de prélèvements devant être classés dans cette catégorie, n'a pu être atteinte en une année.

Notre étude a porté sur un total de 504 prélèvements répartis sur cinq (05) catégories définies comme suit (**Tableau 8 en annexe N°2 et figure 9**) :

- ▀ 144 prélèvements appartenant à la catégorie « **Viandes rouges et produits carnés crus** » englobant les viandes ovines et bovines en l'état ou hachées (manipulées et préparées en steaks, en boulettes ou en merguez). Les abats des espèces animales suscitées, ont été intégrés dans cette catégorie.

- ▀ 128 prélèvements appartenant à la catégorie « **Viandes blanches et produits dérivés crus** » incluant les viandes de volaille (poulet, dinde, caille) en l'état (pièces entières quand il s'agit de caille ou de poulet, pièces découpées quand il s'agit de poulet ou de dinde) ou manipulées (en escalopes, hachées en boulettes ou en merguez), ainsi que leurs abats.

- ▀ 28 prélèvements appartenant à la catégorie « **Produits de la pêche crus** » comportant essentiellement des poissons frais et congelés.

- ▀ 72 prélèvements appartenant à la catégorie « **Lait et produits laitiers** » regroupant le lait de vache cru, les différents types de fromages, les yaourts et les crèmes glacées.

- ▀ 132 prélèvements appartenant à la catégorie « **Produits divers** » au sein de laquelle nous avons réuni, hormis quelques prélèvements d'œufs, les denrées alimentaires prêtes à consommer à savoir, des préparations à base d'œufs (mayonnaises, pâtisseries, crèmes pâtisseries) ainsi que des produits de charcuterie cuits (jambon, mortadelles, corned beef, pâtés et cahirs) et crus (saucisson, salami et surimi) consommables sans cuisson préalable.

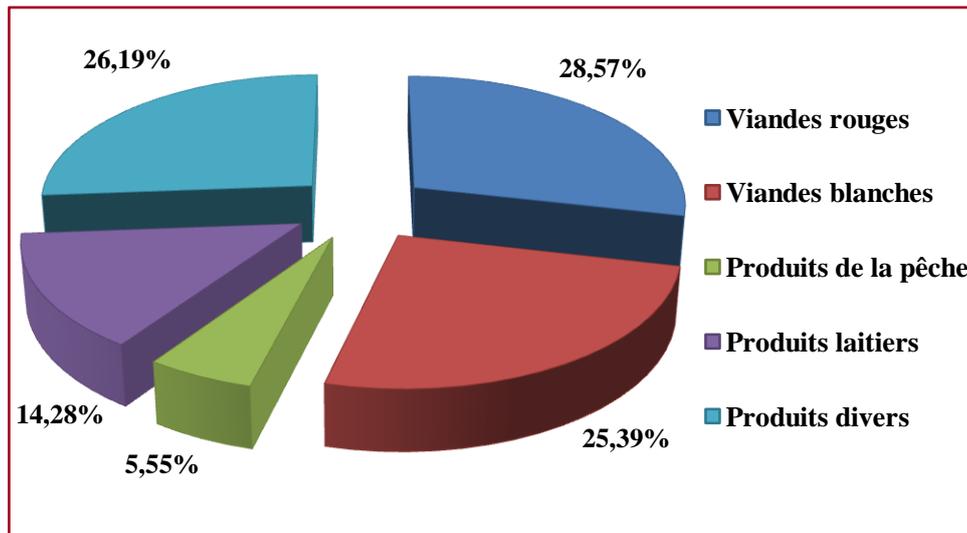


Figure 9 : Répartition des prélèvements analysés sur les cinq catégories d'aliments d'origine animale définies.

I.2. Méthodes

La recherche de *Salmonella* dans toutes les matrices alimentaires ainsi que la confirmation biochimique et sérologique ont été effectuées suivant la méthode de routine V08-052 recommandée par l'Association Française de Normalisation, AFNOR ; elle stipule une absence totale de cette bactérie dans 25 g d'aliment.

La sensibilité aux antibiotiques a été réalisée selon la technique préconisée par le CLSI (*Clinical and Laboratory Standards Institute*), anciennement appelé le NCCLS (*National Committee for Clinical Laboratory Standards*).

La **figure 10** schématise les principales étapes de notre travail.

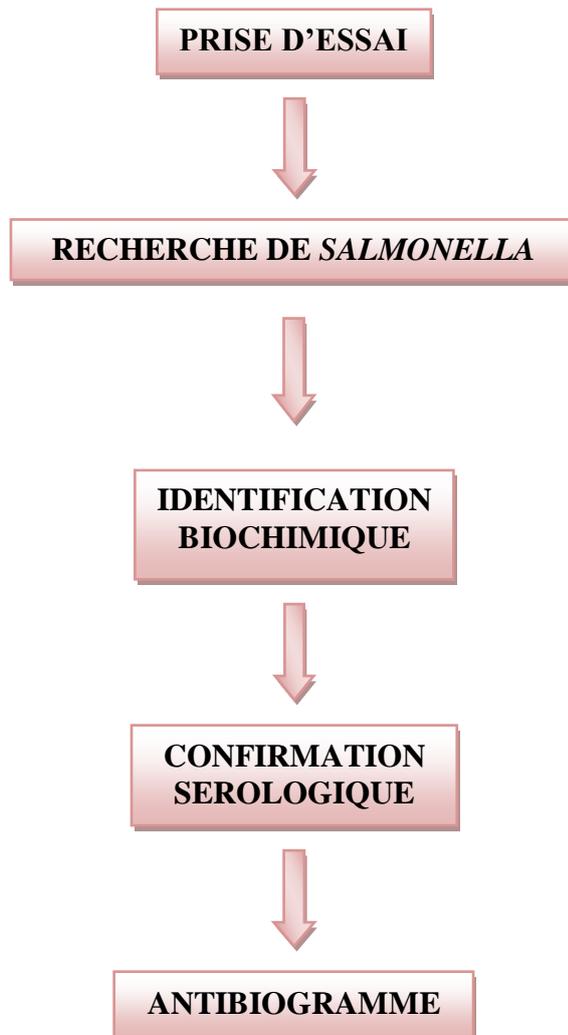


Figure 10 : Diagramme général du mode opératoire.

I.2.1. Recherche et identification biochimique des *Salmonella* : cette première étape qui dure 7 jours, comprend six phases successives (**figure 11**) :

I.2.1.1. Prise d'essai et pré-enrichissement en milieu non sélectif liquide : cette phase destinée à revivifier les cellules bactériennes lésées (« stressées »), correspond à la préparation de la suspension mère en utilisant de l'eau peptonée tamponnée (EPT) qui contient essentiellement des peptones tryptiques, source d'azote :

- En milieu aseptisé, sous hotte de sécurité biologique, nous procédons à la prise d'essai en pesant sur une balance tarée, 25g d'aliment à analyser dans un sac stomacher.
- 225ml d'eau peptonée tamponnée (EPT) sont versés dans le sac stomacher.
- Le sac est placé dans l'appareil stomacher réglé à la vitesse maximale (N°9) pour effectuer le broyage. Cette opération dont la durée varie entre 60 et 90 secondes selon la nature de la denrée alimentaire, permettra la diffusion en solution de la flore bactérienne.
- La solution ainsi obtenue est versée dans un flacon stérile ; celui-ci sera incubé durant 16-20h dans une étuve réglée à 37°C.

I.2.1.2. Enrichissement en milieux sélectifs liquides : deux bouillons de culture sont utilisés, le bouillon au vert de malachite et au chlorure de magnésium (milieu de Rappaport-Vassiliadis) et le bouillon au sélénite de sodium avec cystine. Cette étape permet la croissance et la sélection des bactéries du genre *Salmonella* :

- Nous ensemençons dans un premier temps un tube contenant 10ml de bouillon de Rappaport-Vassiliadis (RV) avec 0.1ml de la culture de pré-enrichissement. L'incubation dure 18-24h dans une étuve réglée à 42°C.

Le vert de malachite contenu dans ce milieu a la faculté d'inhiber la flore à Gram positif, alors que la forte teneur en chlorure de magnésium inhibe partiellement la flore à Gram négatif (115).

- Dans un second temps, un tube contenant 10ml de bouillon au sélénite de sodium simple concentration enrichi en cystine (SC) et un disque d'additif SFB, est ensemencé avec 1ml de la culture de pré-enrichissement. L'incubation à 37°C dure 18-24h.

Les milieux au sélénite de sodium s'opposent au développement des bactéries à Gram positif (118).

I.2.1.3. Isolement sur milieux sélectifs solides : il a été effectué selon la méthode d'ensemencement en stries à l'aide d'une anse bouclée, sur deux milieux gélosés, la gélose Xylose-Lysine-Désoxycholate (XLD) et la gélose Hektoen (HK).

Une ampoule contenant 5ml d'additif HK (sels biliaires) est ajoutée à un flacon de 225ml de gélose HK en surfusion.

À la gélose XLD en surfusion, trois additifs sont ajoutés, l'additif HK, le xylose à 20% et le désoxycholate de Na, à raison de 1ml chacun.

- À partir du bouillon d'enrichissement de RV, une boîte de gélose XLD et une boîte de gélose HK sont respectivement ensemencées.
- À partir du bouillon d'enrichissement au SC, une boîte de gélose XLD et une boîte de gélose HK sont également ensemencées.
- Les boîtes de milieux gélosés ainsi ensemencées, seront incubées durant 24-48h dans une étuve réglée à 37°C, avec une première lecture après 18-24h.

Sur la gélose sélective XLD, les *Salmonella* fermentent le xylose puis décarboxylent la lysine, ce qui alcalinise le milieu et donne des colonies rouges avec éventuellement un centre noir (76 ; 157) (**Photographie 1**).

Sur la gélose HK, sélective par la présence de sels biliaires, les colonies de *Salmonella* sont bleues ou vertes avec généralement un centre noir (76) (**Photographie 1**).



Photographie 1 : Aspect des colonies typiques de *Salmonella* sur XLD à droite et sur HK à gauche. (Photos personnelles).

I.2.1.4. Purification sur gélose nutritive : trois colonies typiques de *Salmonella* (parfois plus) sont prélevées à partir de chaque boîte de milieu sélectif (XLD et HK) puis purifiées sur gélose nutritive (GN). Après incubation à 37°C pendant 18-24h, les colonies mieux isolées, sont utilisées pour l'identification biochimique.

I.2.1.5. Identification biochimique : lorsque le champ d'identification a été, après isolement sur milieux sélectifs, réduit à quelques familles bactériennes, on recourt à des tests biochimiques dits métaboliques puisqu'ils vont nous permettre de distinguer les bactéries de genres et d'espèces différents en détectant les différences entre leurs métabolismes.

Chaque colonie présomptive ré-isolée sur GN est soumise à une série de tests biochimiques d'orientation avant de subir une confirmation sur galerie miniaturisée.

I.2.1.5.1. Galerie biochimique classique

Dans un tube d'eau distillée stérile, une suspension bactérienne dense (ou inoculum) est préparée à partir de la culture obtenue sur GN ; elle est utilisée pour ensemercer les milieux suivants :

- ▶ Gélose inclinée au Triple Sugar Iron (TSI) : à partir de la GN, l'ensemencement du milieu au TSI s'effectue à l'aide d'une pipette Pasteur, par des stries serrées au niveau de la pente suivi d'une piqûre centrale profonde. Les tubes, ne devant pas être fermés hermétiquement, sont étuvés à 37°C pendant 18-24h.

Une culture typique de *Salmonella* correspond à (**Photographie 2**):

- ✓ Une pente alcaline rouge, signe de la non-dégradation du lactose et / ou du saccharose.
- ✓ Un culot acide jaune, signe de la fermentation du glucose.
- ✓ Un dégagement de gaz qui se traduit par la formation de bulles, soulevant parfois la gélose.
- ✓ Une production de sulfure d'hydrogène (H₂S), signe de l'utilisation du chlorure ferreux, d'où le noircissement de la gélose.



Photographie 2 : Aspect typique d'une culture de *Salmonella* sur milieu au TSI
(Photo personnelle).

Compte tenu de quelques exceptions pouvant exister au sein du genre *Salmonella*, les caractères biochimiques révélés par la gélose au TSI peuvent être ceux des autres entérobactéries à Gram négatif non éliminées lors de la culture sur géloses sélectives (*Proteus*, *Edwardsiella* et *Providencia* qui sont lactose –, et *Citrobacter* qui ne dégradent le lactose que tardivement) (111) (**Tableau 9** en **Annexe N°2**) ; les tests suivants permettent de les éliminer au fur et à mesure.

- ▀ Milieu urée-indole : ce milieu synthétique permet la mise en évidence de l'uréase, une enzyme qui hydrolyse l'urée en dioxyde de carbone et en ammoniac responsables de l'alcalinisation du milieu ; elle est décelable par un indicateur coloré (115 ; 133).



0.5ml du milieu urée-indole est abondammentensemencé avec la culture obtenue sur TSI suspect.

Après 18-24h d'incubation à 37°C, la réaction est positive si la couleur vire au rouge violacé; elle est considérée comme négative si la couleur reste inchangée (jaune) (**photographie 3**).



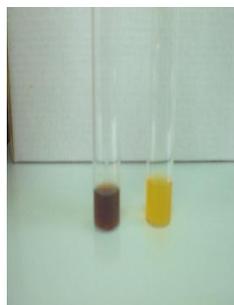
Photographie 3 : Recherche de l'uréase (résultat négatif à gauche, positif à droite).
(Photo personnelle).

Si le second cas de figure se présente, ce qui nous permet d'éliminer les *Proteus*, le milieu urée-indole ensemencé sera utilisé afin de rechercher deux autres paramètres :

- Recherche de la tryptophane désaminase (TDA) : cette enzyme dégrade le tryptophane en libérant l'acide indolpyruvique (108 ; 111 ; 133). Les *Salmonella* n'en possèdent pas, contrairement aux *Proteus* et aux *Providencia* (111).

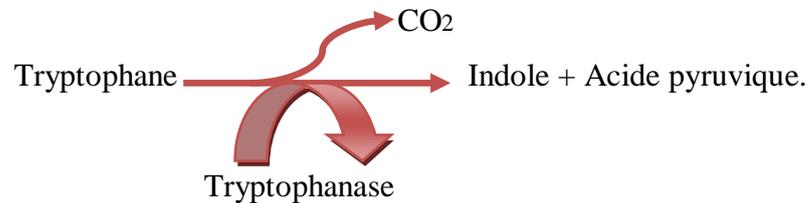


Quelques gouttes de réactif pour la recherche de la TDA : le perchlorure de fer, sont ajoutées au milieu urée-indole ensemencé et incubé. Une couleur brun-chamois signe la présence d'une TDA (**Photographie 4**).



Photographie 4 : Recherche de la TDA (résultat négatif à droite, positif à gauche).
(Photo personnelle).

. Recherche de la production d'indole : la tryptophanase bactérienne permet la dégradation du tryptophane présent dans le milieu urée-indole, en indole et pyruvate (115 ; 133). Les *Salmonella* ne produisent pas d'indole, contrairement aux *Edwardsiella*.



Quelques gouttes du réactif de Kovacs sont ajoutées au milieu urée-indole ensemencé et incubé.

La présence d'indole est révélée par la formation d'un anneau rouge à la surface du milieu (**Photographie 5**).

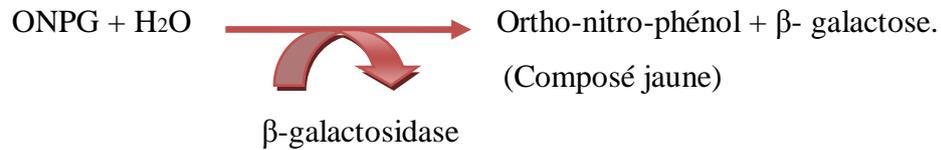


Photographie 5 : Recherche de la production d'indole (résultat négatif à droite, positif à gauche) (Photo personnelle).

Si uréase \pm , TDA \pm et indole \pm , une suspension dense « laiteuse » est préparée à partir d'un mélange de 2ml d'eau distillée stérile et de la culture obtenue sur le milieu au TSI ; c'est à partir de cet inoculum que s'effectuera l'ensemencement des milieux suivants :

- ▀ Réactif pour la recherche de la β -galactosidase : l'utilisation du lactose fait intervenir deux enzymes : une galactoside perméase qui facilite la pénétration du lactose dans la bactérie et une β -galactosidase qui hydrolyse le lactose en glucose et galactose. L'incapacité de certains organismes à avoir un métabolisme normal du lactose peut traduire une incapacité à synthétiser la galactoside perméase ; afin de détecter la présence de la β -galactosidase dans de tels organismes, une substance synthétique est utilisée, l'Ortho-Nitro-Phényl-Galactoside (ONPG), analogue de structure du lactose qui peut pénétrer dans la cellule sans perméase spécifique.

Ce composé incolore est clivé par la β -galactosidase en libérant l'ortho-nitro-phénol, composé soluble de couleur jaune (115 ; 156 ; 157).



Un disque imprégné d'ONPG est placé dans un tube contenant 0.5ml de suspension bactérienne. L'incubation s'effectue à 37°C pendant 18-24h.

La couleur jaune de la suspension bactérienne traduit la présence d'une β -galactosidase et par conséquent, la faculté de la bactérie à dégrader le lactose ; une des caractéristiques des *Salmonella* appartenant à la sous-espèce *arizonae* (**photographie 6**).

Une suspension bactérienne de couleur inchangée signe l'absence d'une β -galactosidase ; la bactérie est dans ce cas dite, lactose négative ; caractéristique des *Salmonella* appartenant à la sous-espèce *enterica* (**photographie 6**).

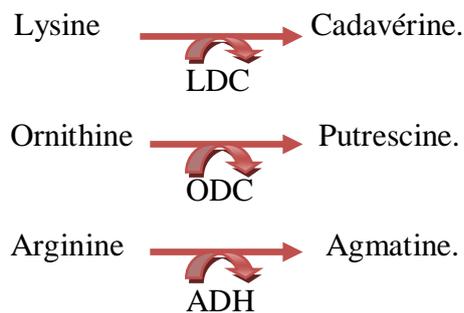


Photographie 6 : Recherche de la β -galactosidase (résultat négatif à gauche, positif à droite) (Photo personnelle).

- ▮ Milieux de Møller : milieux alcalins de couleur violet pourpre, ils sont au nombre de quatre :
 - . Le milieu Møller + 1% L-Lysine.
 - . Le milieu Møller + 1% L-Ornithine.
 - . Le milieu Møller + 1% L-Arginine
 - . Le milieu Møller témoin, exempt de tout acide aminé.

Les trois premiers milieux permettent de mettre en évidence trois enzymes respectives : la lysine décarboxylase (LDC), l'ornithine décarboxylase (ODC) et l'arginine déshydrogénase (ADH).

Cette recherche est favorisée par un pH acide (la couleur du milieu devient jaune) obtenu avec la fermentation du glucose. Le CO₂ qui s'y libère mais ne pouvant s'évaporer, est utilisé comme catalyseur par les différentes enzymes afin de dégrader les acides aminés suivants : lysine, ornithine et arginine, respectivement en cadavérine, putrescine et agmatine. La production d'amines réalcalinise le milieu qui de nouveau, retrouve sa couleur initiale (115 ; 156).



Chaque milieu (y compris le milieu témoin) estensemencé avec quelques gouttes de la suspension bactérienne ; avant d'incuber à 37°C pendant 18-24h, ajouter l'huile de vaseline stérile pour créer les conditions d'anaérobiose.

Une couleur pourpre des milieux Møeller contenant les acides aminés indique une réaction positive ; la bactérie possède les enzymes nécessaires à la dégradation des acides aminés.

Concernant le milieu Møeller témoin, il doit devenir et rester jaune.

Contrairement aux *Citrobacter*, les *Salmonella* possèdent une LDC (111).

- ▀ Milieu de Clark et Lubs : ce milieu glucosé est utilisé pour effectuer deux réactions permettant de différencier la fermentation acide mixte, voie métabolique empruntée par les *Salmonella* produisant de l'éthanol et plusieurs acides organiques, de la fermentation butanediolique, chez les entérobactéries (76 ; 133 ; 145).

Ensemencer un tube contenant le milieu de Clark et Lubs à partir de la suspension bactérienne. Si après incubation à 37°C pendant 18-24h, la couleur de ce milieu initialement jaune ne vire pas au marron, nous effectuons les deux réactions suivantes :

. Réaction au rouge de méthyle (test RM) : au contact de la culture obtenue à partir du milieu de Clark et Lubs, le réactif au rouge de méthyle garde sa couleur s'il y a production de métabolites acides en utilisant la voie de fermentation acide mixte du glucose (96 ; 117 ; 133). La couleur du milieu est jaune si le pH est supérieur ou égal à 6.2 ; quand l'organisme est RM positif, la culture prend la teinte rouge (156).

. Réaction de Voges-Proskauer (test VP): ajouter successivement quelques gouttes du réactif VPI (solution d'alpha-naphtol) puis du réactif VP II. Le tube est alors vigoureusement agité, placé en position incliné pour exposer le maximum de la culture à l'air, puis examiné.

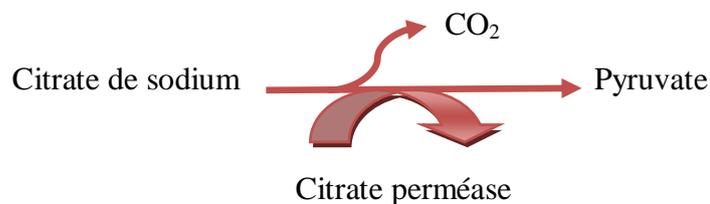
Cette réaction est négative (couleur inchangée) si la bactérie ne dégrade pas le glucose en empruntant la voie de fermentation butanediolique (133) ; l'acétoïne, métabolite final spécifique à cette voie et généralement réduit en butanediol (96 ; 122), est révélée par un test VP positif (couleur marron du milieu).

- ▀ Milieu Mannitol-Mobilité : le milieu gélosé contenant du mannitol estensemencé par piqûre centrale profonde ; l'incubation s'effectue à 37°C pendant 18-24h.

Le virage de la couleur du rouge à l'orangé indique la dégradation du mannitol ; la mobilité est mise en évidence par la présence d'une culture bactérienne sous forme d'un voile autour de la piqûre centrale.

- ▀ Milieu au citrate de Simmons : ce milieu permet de rechercher la citrate perméase, une enzyme qui catalyse la dégradation du citrate de sodium pour donner du pyruvate et du CO₂ (25).

Ce test détermine si la bactérie est capable d'utiliser l'acide citrique comme seule source de carbone (145 ; 156), une spécificité des bactéries prototrophes (96).



À partir de la suspension bactérienne, nous ensemençons en stries serrées la moitié de la pente du milieu gélosé de citrates de Simmons, puis on incube à 37°C pendant 18-24h.

Ne pas visser à fond le bouchon métallique afin de permettre au CO₂ résultant de la décarboxylation du citrate, de s'échapper.

La présence d'une citrate perméase se traduit par le virage de la couleur du vert au bleu suite à l'alcalinisation du milieu par libération des radicaux hydroxyyles (-OH).

- ▶ Réactif pour la recherche de l'oxydase : le caractère oxydase positif signifie en fait, que la bactérie possède une enzyme capable d'oxyder le substrat utilisé et ne signifie pas la présence d'une oxydase particulière (76) ; les bactéries possédant en fin de la chaîne respiratoire un cytochrome c associé à cette enzyme, oxydent en présence d'oxygène atmosphérique, le phénylènediamine (contenu du réactif) pour former immédiatement ou dans les quelques secondes qui suivent, un composé coloré en violet, l'indophénol (notice, BioMérieux ; 157).



Sur du papier buvard stérile humecté d'une goutte de réactif, nous étalons à l'aide d'une pipette Pasteur, une colonie présomptive préalablement purifiée sur GN.

Le résultat est négatif si au-delà de 30 secondes, la couleur ne vire pas au violet.

Dans un souci de gain de temps et d'économie en milieux et en réactifs, la phase d'identification biochimique s'est donc déroulée en deux étapes ; la première étape consiste à ensemencer uniquement le milieu au TSI et le milieu urée-indole. Si les résultats s'avèrent en faveur d'une présence éventuelle de *Salmonella* (TSI caractéristique, urée⁻, indole⁻ et TDA⁻), la seconde étape consistera à ensemencer le reste des milieux suscités.

Les interprétations typiques des réactions biochimiques les plus fréquemment attribués aux *Salmonella* et retenus lors de notre étude, sont résumées dans le **tableau 10** et la **photographie 7**.

Tableau 10 : Interprétation des tests biochimiques pour la recherche de *Salmonella* sur une galerie classique.

Test	Réaction
Fermentation du glucose	+
Formation de gaz	+
Fermentation du lactose	-
Formation de sulfure d'hydrogène	+
Décomposition de l'urée	-
Production d'indole	-
Recherche de la TDA	-
Réaction à la β -galactosidase	+ /-
Décarboxylation de la lysine	+
Décarboxylation de l'ornithine	+
Déshydrogénation de l'arginine	-
Réaction de Voges-Proskauer	-
Réaction au rouge de méthyle	+
Utilisation du citrate	+
Fermentation du mannitol	+
Mobilité	+
Recherche de l'oxydase	-



Photographie 7 : Galerie biochimique caractéristique d'une *Salmonella* spp., de gauche à droite : TSI suspect, ONPG⁻, T⁻, LDC⁺, ODC⁺, ADH⁻, VP⁻, RM⁺, Citrate de Simmons⁺, Mannitol⁺ (Photo personnelle).

I.2.1.5.2. Galerie biochimique miniaturisée : nous avons utilisé un des systèmes manuels les plus courants pour l'identification rapide des espèces appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* ; les galeries API 20E commercialisées par le laboratoire BioMérieux comportent des microtubes contenant chacun un milieu déshydraté différent.

Elles nous ont permis de mettre en évidence simultanément, vingt [20] paramètres biochimiques et n'ont été utilisées qu'une fois les essais d'orientation se sont révélés en faveur d'une forte présomption de *Salmonella*.

Nous procédons à l'humidification de la boîte d'incubation en remplissant les microcupules d'eau distillée stérile.

Après avoir préparé une suspension bactérienne à partir de la culture obtenue sur un TSI suspect, nous inoculons la galerie sans former des bulles d'air en respectant ces quelques consignes :

- . Les microtubes ainsi que les cupules des tests CIT, VP et GEL. sont entièrement remplis
- . Nous ensemençons uniquement les microtubes des tests ADH, LDC, ODC, H₂S, URE ; leurs cupules sont remplies d'huile de vaseline stérile.
- . Pour les tests restants, ensemencer uniquement les microtubes.

La boîte refermée, l'incubation de la galerie s'effectue à 37°C pendant 18-24h.

L'interprétation des tests TDA, IND, VP nécessite l'adjonction respective de quelques gouttes des réactifs TDA, Kovacs et VPI, VP II.

Le **tableau 11** résume les résultats des réactions biochimiques retenus en faveur d'une *Salmonella arizonae* et d'une *Salmonella* spp. sur galerie API 20E.

Le profil numérique composé de 7 chiffres, est reporté sur la fiche des résultats et l'identification est effectuée à partir de la base de données que comprend le catalogue analytique API 20E.

Concernant les *Salmonella*, deux cas de figure s'offrent sur galerie API 20E : celui d'une *Salmonella arizonae* (**Photographie 8**) et celui d'une *Salmonella* spp. (**Photographie 9**).



Photographie 8 : Aspect d'une *Salmonella arizonae* sur galerie API 20E
(Photo personnelle).



Photographie 9 : Aspect d'une *Salmonella* spp. sur galerie API 20E (Photo personnelle).

Tableau 11 : Interprétation des tests biochimiques pour la recherche des *Salmonella* sur une galerie miniaturisée API 20E.

Test	Abréviation	Réaction	
		<i>Salmonella arizonae</i>	<i>Salmonella spp.</i>
Réaction à la β-galactosidase	ONPG	+	-
Déshydrogénation de l'arginine	ADH	+	+
Décarboxylation de la lysine	LDC	+	+
Décarboxylation de l'ornithine	ODC	+	+
Utilisation du citrate	CIT	+	+
Formation de sulfure d'hydrogène	H ₂ S	+	+
Décomposition de l'urée	URE	-	-
Recherche de la TDA	TDA	-	-
Production d'indole	IND	-	-
Réaction de Voges-Proskauer	VP	-	-
Diffusion de la gélatinase	GEL	-	-
Fermentation du glucose	GLU	+	+
Fermentation du mannitol	MAN	+	+
Fermentation de l'inositol	INO	-	+ / -
Fermentation du sorbitol	SOR	+	+
Fermentation du rhamnose	RHA	+	+ / -
Fermentation du saccharose	SAC	-	-
Fermentation du mélibiose	MEL	+	+
Fermentation de l'amygdaline	AMY	-	-
Fermentation de l'arabinose	ARA	+	+
Recherche de l'oxydase	OX	-	-

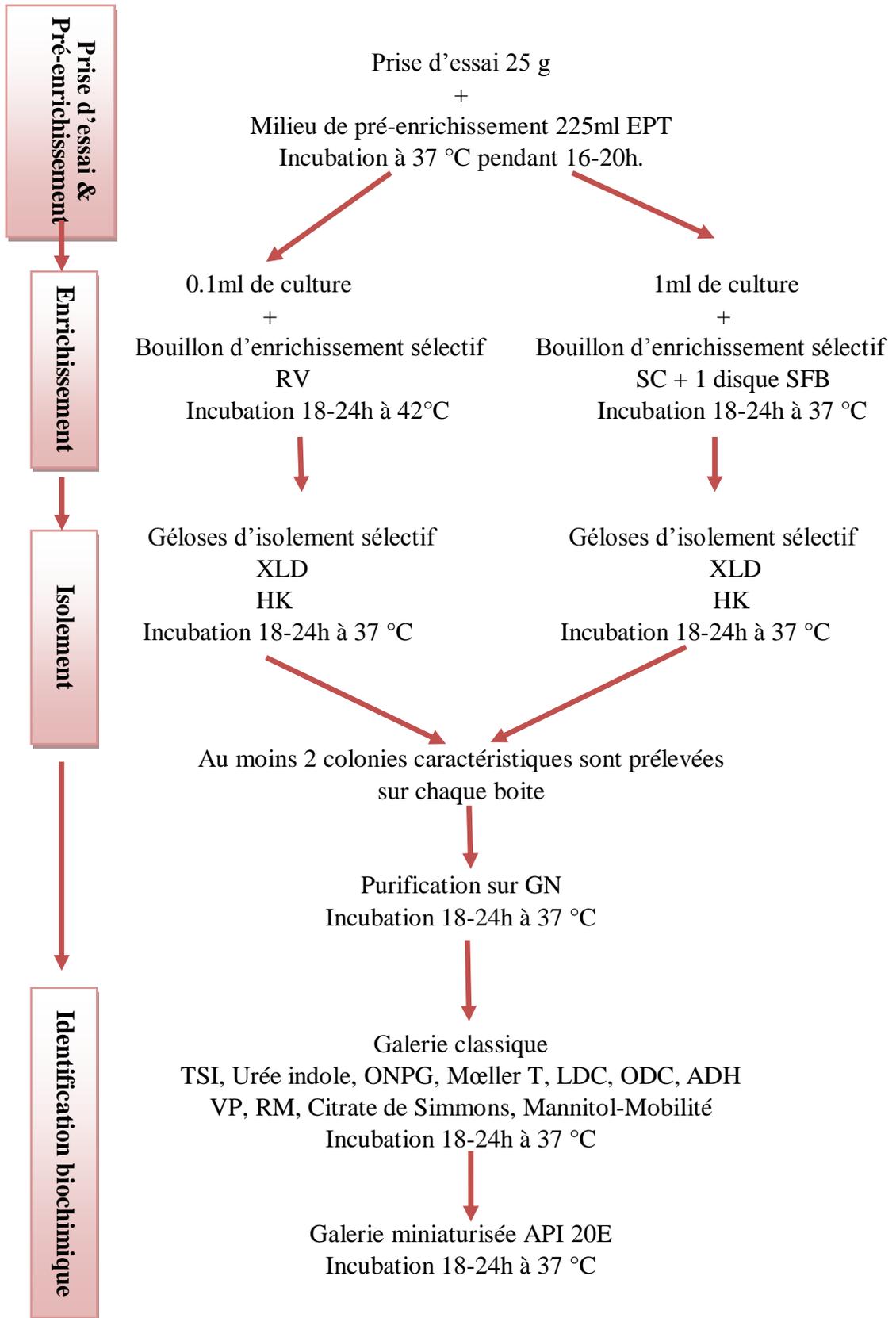


Figure 11 : Diagramme du mode opératoire d'isolement et d'identification biochimique de *Salmonella* (NF V08-052).

I.2.2. Identification sérologique des souches de *Salmonella* spp. isolées : cette deuxième étape a été réalisée selon la méthode d'agglutination sur lame.

En utilisant des sérums agglutinants polyvalents et monovalents, nous avons pu déterminer la formule antigénique pour chaque souche de *Salmonella* spp. ; ce qui nous a permis par la suite, d'identifier son nom à partir du schéma de Kauffmann-White.

I.2.2.1. Technique

Il importe d'opérer sur une souche identifiée biochimiquement *Salmonella* spp. et préalablement purifiée.

Pour chacune des souches isolées, qu'elle soit conservée sur un milieu au TSI ou sur un milieu spécifique de conservation, nous procédons à sa purification en ajoutant d'abord, 0.5ml de bouillon nutritif puis en effectuant un isolement sur gélose HK.

Après une incubation de 18-24h à 37°C, une colonie bien isolée est prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur puis repiquée simultanément sur un tube de milieu au TSI et sur un tube de GN inclinée. Les deux tubes seront incubés à 37°C pendant 18-24h.

Nous vérifions d'abord la non-agglutinabilité en sérum physiologique de la souche à sérotyper ; nous opérons ensuite avec méthode en cherchant successivement l'agglutination avec les sérums anti-**O**, puis anti-**H**, phase 1 et phase 2.

- ▀ Pour mettre en évidence les antigènes somatiques **O**, nous utilisons la culture obtenue sur TSI. Une goutte de sérum est déposée sur une lame de verre placée sur un fond noir, une partie de la culture à tester y est mélangée.

Nous testons dans un premier temps, les deux sérums polyvalents anti-**O** les plus fréquents : OMA (sérum **O** mélange qui contient les agglutinines des groupes A, B, D, E, L) et OMB (sérum **O** mélange qui contient les agglutinines des groupes C, F, G, H) ; une agglutination positive avec un de ces sérums nous permet de déduire que la *Salmonella* étudiée appartient à l'un des groupes correspondant à ce sérum. Puis dans un deuxième temps, nous recherchons l'agglutination dans les sérums monovalents anti-**O** entrant dans la composition du sérum polyvalent dans lequel a été observée l'agglutination afin de préciser définitivement le séro groupe.

Les facteurs antigéniques de l'Ag **O** sont ainsi déterminés.

- ▮ Pour mettre en évidence les antigènes flagellaires **H**, nous utilisons la culture obtenue sur GN inclinée molle. Les sérums anti-H (commercialisés sous forme de mélanges et monovalents) correspondants au groupe déterminé sont testés afin d'identifier la phase 1 puis, pour la majorité des sérovars, la phase 2 de l'Ag **H**.

L'antigène flagellaire **H** peut être monophasique ou plus fréquemment, diphasique ; dans ce dernier cas, l'une des deux phases peut ne pas être exprimée.

Nous avons utilisé la technique de **SvenGard** dite de l'**inversion de phase** permettant de réprimer la spécificité de l'Ag **H** ayant été exprimée par la population bactérienne dominante, qui sera par conséquent immobilisée au centre de la culture, afin de pouvoir sélectionner la population bactérienne minoritaire possédant la spécificité antigénique **H** recherchée. Cette sélection se traduit du fait de la mobilité de *Salmonella*, par une migration vers la périphérie de la culture.

La culture deviendra inagglutinable par le sérum anti-H de la première phase mais agglutinable par le sérum anti-H de la seconde phase, qui sera ainsi identifiée (109 ; 115).

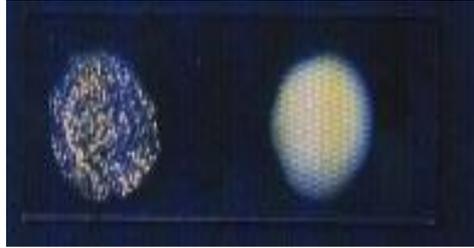
La technique consiste à mettre quelques gouttes du sérum anti-H de la phase à réprimer dans une petite boîte de Pétri de 55 mm de diamètre, on y coule un tube contenant 10 ml de gélose de SvenGard (gélose nutritive molle favorisant la mobilité de *Salmonella*) alors qu'elle est en surfusion à 45° - 55°C ; homogénéiser et laisser se solidifier avant d'ensemencer le centre "en spot", c'est-à-dire en un point.

Après une incubation, couvercle en haut, à 37°C pendant 18-24h, refaire le sérotypage en prélevant à partir de la périphérie de la culture tout en sachant que les Ag **H** réprimés devenus ainsi immobiles, demeurent au centre.

En déterminant les facteurs antigéniques **O** et **H**, la formule antigénique complète de la *Salmonella* étudiée, est ainsi obtenue et le nom du sérovar enfin identifié à partir du schéma de Kauffmann-White.

I.2.2.2. Interprétation

La réaction est positive si au bout de quelques secondes, il y a formation d'agrégats visibles à l'œil nu (**Photographie 9**) ; l'agglutination avec les sérums anti-**O** granulaire, est par conséquent plus visible, alors que l'agglutination avec les sérums anti-**H** fine, est relativement moins évidente à détecter.



Photographie 10 : Aspect d'une réaction négative (à droite) et d'une réaction positive (à gauche) d'une agglutination sérologique sur lame.

Le protocole de confirmation sérologique opérée sur chacune des souches de *Salmonella* spp. isolée, est résumé dans la **figure 10**.

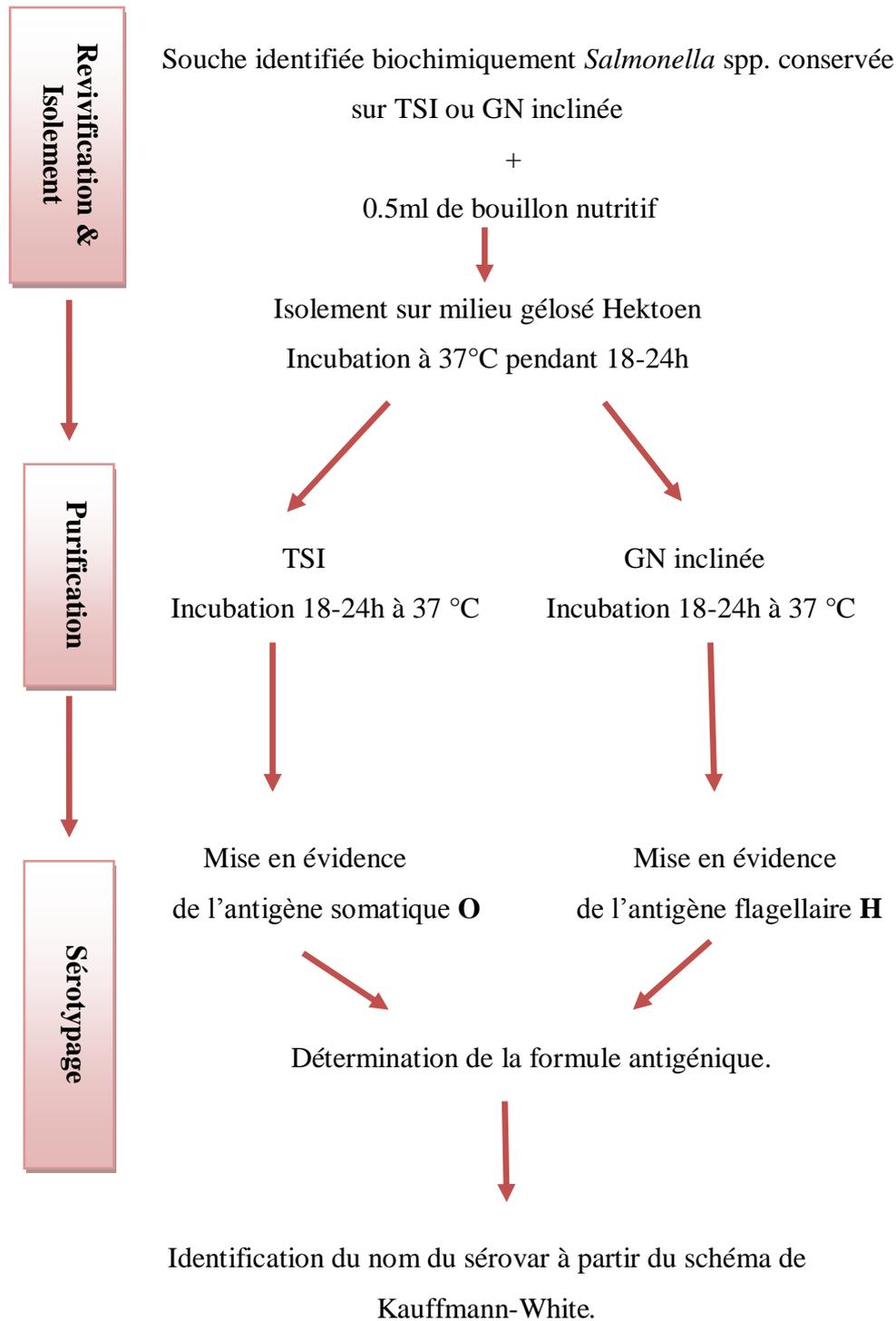


Figure 12 : Diagramme du mode opératoire de l'identification sérologique de *Salmonella*.

I.2.3. Étude de la sensibilité aux antibiotiques

Toutes les souches de *Salmonella* spp. identifiées biochimiquement et confirmées sérologiquement sont testées vis-à-vis d'un panel d'antibiotiques représentatifs des principales familles. Nous avons utilisé la méthode des disques (antibiogramme standard) basée sur la diffusion en milieu gélosé Mueller-Hinton, selon la technique préconisée par le CLSI, recommandée par l'OMS et adoptée par le réseau national de surveillance des résistances bactériennes aux antibiotiques (42).

I.2.3.1. Antibiotiques testés

Les antibiotiques utilisés, au nombre de trente deux [32], sont ceux testés habituellement dans le cadre de la surveillance de la résistance aux antibiotiques du genre *Salmonella*, au sein du service des Entérobactéries et Vibrions de l'Institut Pasteur d'Algérie.

Les antibiotiques testés classés sur la base de leurs structures chimiques (65 ; 118), sont reportés dans le **tableau 12** en **Annexe 02**.

Leurs abréviations, leurs charges ainsi que les diamètres critiques de leurs zones d'inhibition selon la méthode recommandée par CLSI, sont reportés dans le **tableau 13**.

I.2.3.2. Technique

La gélose de Mueller-Hinton (MH) en surfusion est coulée dans des boîtes de Pétri de forme carrée ; il est impératif que l'épaisseur de la gélose soit égale à 4 mm. Laisser solidifier et sécher.

L'inoculum est préparé dans un tube contenant de l'eau physiologique stérile, à partir de la culture bactérienne obtenue sur gélose nutritive inclinée ; homogène, sa turbidité doit être équivalente à 0.5 McFarland, une valeur ajustée par un densimètre.

À l'aide d'un écouvillon stérile imbibé de suspension bactérienne et essoré contre la paroi interne du tube, nous ensemençons à trois passages et en stries bien serrées, la surface gélosée bien séchée.

Les disques de papier filtre préimprégnés chacun d'une solution d'antibiotique différent, sont placés dans des distributeurs spécifiques, puis stérilement appliqués à la surface de la géloseensemencée.

L'incubation s'effectue à 37°C et dure 18-24h.

Les différents stades de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* spp. isolées et sérotypées, sont résumés dans **la figure 13**.

À l'intérieur des distributeurs, la disposition des étuis contenant les disques d'antibiotiques s'effectue par famille dans un souci d'ordre, ou de manière aléatoire, exception faite pour le disque d'amoxicilline/acide clavulanique (AMC) qui doit être placé entre le disque de ceftazidime (CAZ) et celui du cefotaxime (CTX). Ceci revêt une importance particulière dans le cadre d'une surveillance de la présence d'une β -Lactamase à Spectre Élargi (β LSSE). Sa recherche sera obligatoire si les diamètres des zones d'inhibition des antibiotiques CTX, CAZ et ATM sont respectivement \leq à 27 mm, 22 mm et 27 mm (42).

I.2.3.3. Lecture

Pour chaque disque d'antibiotique, le diamètre de sa zone d'inhibition est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse métallique. Comparer nos résultats aux valeurs critiques (**Tableau 13**), nous a permis de classer chaque souche de *Salmonella* spp. dans l'une des catégories cliniques : Résistante (R), Intermédiaire (I) ou Sensible (S). Son profil d'antibiorésistance est ainsi établi.

Lorsqu'une souche exprime une résistance à au moins deux antibiotiques, qu'ils appartiennent à la même famille (résistance) ou à deux familles distinctes (résistance croisée), elle est dite multirésistante.

I.2.3.4. Contrôle de qualité

Effectué systématiquement à chaque arrivage d'un nouveau lot de milieu gélosé Mueller-Hinton et/ou de disques d'antibiotiques.

Son but est de vérifier la fiabilité des tests de sensibilité ainsi que la performance des réactifs et du personnel.

Nous avons utilisé *Escherichia coli* ATCC 25922, la souche de référence recommandée par le NCCLS pour le test de résistance des *Enterobacteriaceae*.

L'antibiogramme de cette souche a été réalisé dans les mêmes conditions opératoires que celles décrites pour les souches de *Salmonella* spp.

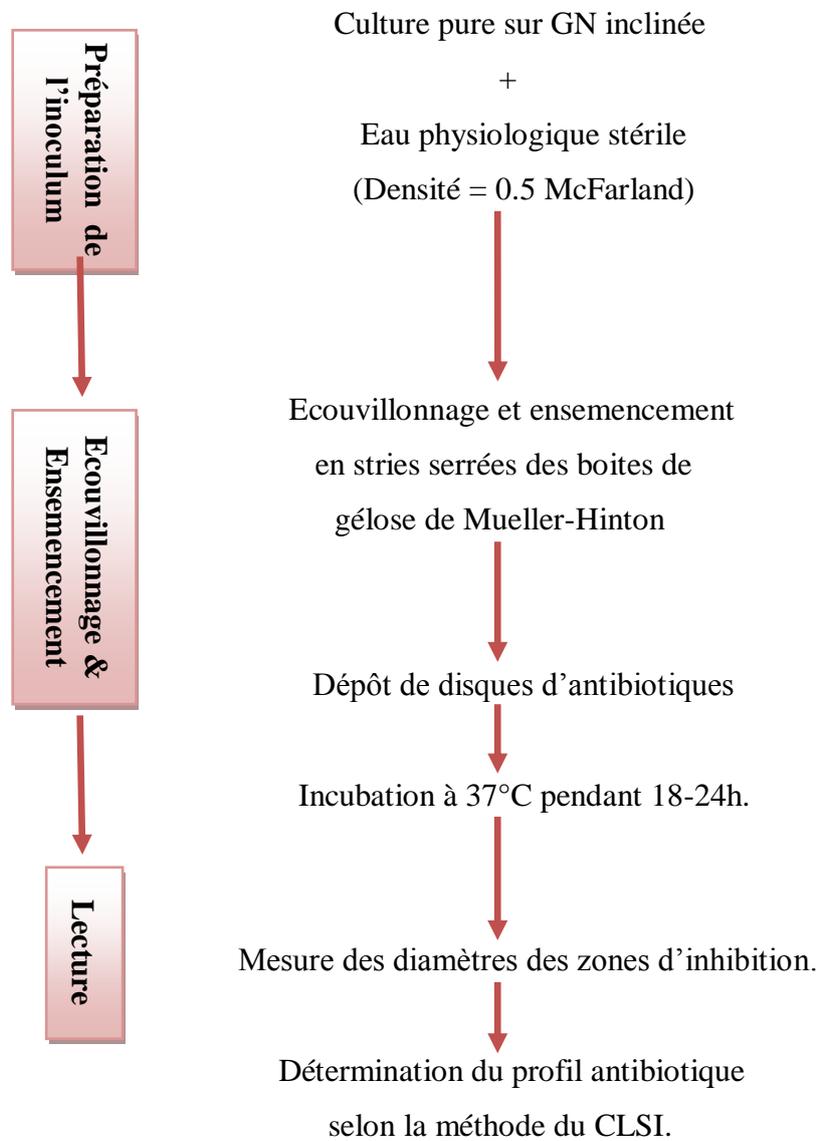


Figure 13 : Diagramme du mode opératoire de l'antibiogramme standard.

Tableau 13 : Diamètres critiques des zones d'inhibition des antibiotiques testés pour les *Enterobacteriaceae* selon le CLSI.

Antibiotiques testés	Abréviations selon Oxoid	Charges des disques	Diamètres critiques (mm)		
			R	I	S
Amoxicilline	AML	25 µg	≤ 13	14 - 16	≥ 17
Ampicilline	AMP	10 µg	≤ 13	14 - 16	≥ 17
Ticarcilline	TIC	75 µg	≤ 14	15 - 19	≥ 20
Pipéracilline	PRL	100 µg	≤ 17	18 - 20	≥ 21
Mécillinam*	MEL	10 µg	<18	-	≥ 22
Cefazoline	KZ	30 µg	≤ 14	15 - 17	≥ 18
Cefoxitine	FOX	30 µg	≤ 14	15 - 17	≥ 18
Cefuroxime (voie parentérale)	CXM	30 µg	≤ 14	15 - 17	≥ 18
Cefuroxime (<i>per os</i>)	CXM	30 µg	≤ 14	15 - 22	≥ 23
Ceftazidime	CAZ	30 µg	≤ 14	15 - 17	≥ 18
Cefotaxime	CTX	30 µg	≤ 14	15 - 22	≥ 23
Latamoxef	MOX	30 µg	≤ 14	15 - 22	≥ 23
Cefepime	FEP	30 µg	≤ 14	15 - 17	≥ 18
Amoxicilline/Ac.clavulanique	AMC	20µg/10µg	≤ 13	14 - 17	≥ 18
Aztréonam	ATM	30 µg	≤ 15	16 - 21	≥ 22
Imipénème	IPM	10 µg	≤ 13	14 - 15	≥ 16
Kanamycine	K	30 µg	≤ 13	14 - 17	≥ 18
Gentamycine	CN	10 µg	≤ 12	13 - 14	≥ 15
Amikacine	AK	30 µg	≤ 14	15 - 16	≥ 17
Nétilmicine	NET	30 µg	≤ 12	13 - 14	≥ 15
Streptomycine	<u>S</u>	10 µg	≤ 11	12 - 14	≥ 15
Acide nalidixique	NA	30 µg	≤ 13	14 - 18	≥ 19
Pefloxacine	PEF	5 µg	≤ 14	15 - 17	≥ 18
Ofloxacine	<u>OFX</u>	5 µg	≤ 12	13 - 15	≥ 16
Ciprofloxacine	CIP	5 µg	≤ 15	16 - 20	≥ 21
Sulfamides	S 3	300 µg	≤ 12	13 - 16	≥ 17
Triméthoprim	W	5 µg	≤ 10	11 - 15	≥ 16
Triméthoprim/Sulfaméthoxazole	SXT	1,25 µg/ 23,75 µg	≤ 10	11 - 15	≥ 16
Furanes	F	300 µg	≤ 14	15 - 16	≥ 17
Chloramphénicol	C	30 µg	≤ 12	13 - 17	≥ 18
Tétracyclines	TE	30 µg	≤ 14	15 - 18	≥ 18
Colistine*	CT	10 µg	<15	-	≥ 15
Fosfomycine	FOS	50 µg	≤ 12	13 - 15	≥ 16

*: Molécules d'origine française, leurs diamètres critiques des zones d'inhibition sont établis par le CASFM : Comité d'Antibiotiques de la Société Française du Médicament (159).

S, OFX : abréviations Biorad.

I.2.4. Conservation des souches

I.2.4.1. Conservation des souches de *Salmonella*

Une fois la lecture du profil antibiotique effectuée, nous avons pu conserver chacune des souches de *Salmonella* spp. isolée et sérotypée sur milieu gélosé en tube (milieu de conservation de l'Institut Pasteur).

Avec une pipette Pasteur bien chargée de culture pure obtenue sur gélose Mueller-Hinton, le milieu de conservation est ensemencé par piqûre centrale.

Après une culture de 24 h à 37°C, bien visser, étiqueter et conserver à l'obscurité et à température ambiante en évitant les trop fortes variations de température.

La fréquence de repiquage : 6 mois à 1 an (105).

I.2.4.2. Conservation de la souche de référence *Escherichia coli* ATCC 25922

Nous avons opté pour un mode de conservation à long terme, la congélation à – 70°C en bouillon glycérol à 15%.

Dans 1 ml de bouillon cœur-cerveille, préparer la suspension bactérienne à partir de la culture obtenue sur le milieu gélosé Mueller-Hinton.

Verser cette suspension dans un cryotube contenant 3 gouttes de glycérol, un élément cryoprotecteur (105 ; 115).

Visser, étiqueter et congeler.

II. RÉSULTATS et DISCUSSION

II.1. Étude de la prévalence des souches de *Salmonella* isolées

II.1.1. Prévalence de *Salmonella* dans toutes les matrices alimentaires confondues

Les résultats obtenus montrent que sur les 504 prélèvements de denrées alimentaires d'origine animale analysés, 74 souches de *Salmonella* ont été isolées ; ce qui représente un taux de contamination salmonellique global de l'ordre de 14.68 %.

L'identification biochimique de ces 74 souches de *Salmonella*, nous a permis de les répartir comme suit (**Tableau 14 en Annexe N°3 et figure 14**) :

- 05 souches appartenant à la sous-espèce *arizonae* (IIIa) ; elles représentent **6.76 %** de l'ensemble des souches isolées.
- 69 souches appartenant à la sous-espèce *enterica* (I) ; elles représentent **93.24 %** de la totalité des souches isolées.

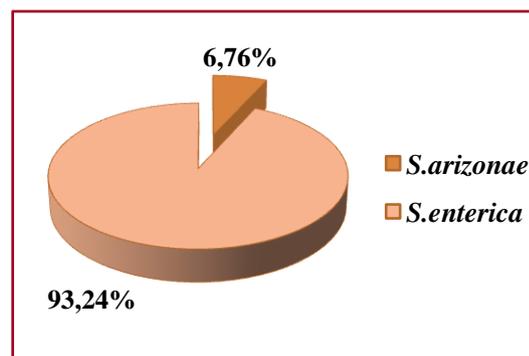


Figure 14 : Répartition des souches de *Salmonella* en fonction de la sous-espèce.

Plusieurs auteurs s'accordent à dire que plus de 99% des souches isolées appartiennent à la sous-espèce *enterica* (76 ; 87 ; 115, 181), nos résultats concordent parfaitement.

Pour la suite de notre étude, nous nous intéresserons exclusivement aux sérovars appartenant à cette sous-espèce puisqu'au sein du genre *Salmonella*, ces derniers sont les seuls à exprimer un pouvoir pathogène vis-à-vis de l'homme et des animaux à sang chaud (65 ; 109).

De multiples travaux ont conclu que la tendance croissante de salmonellose humaine est en corrélation avec celle constatée chez les animaux d'élevage (24 ; 69 ; 181) en particulier, chez les poulets de chair et les poules pondeuses (186). Afin de démontrer que ce sont bien les denrées alimentaires issues des productions animales qui assurent majoritairement la liaison entre le vaste réservoir animal et l'homme dans la transmission de l'infection (69 ; 70 ; 140), nous avons exclu de notre travail les souches appartenant à la sous-espèce *arizonae*, pour lesquels l'écosystème naturel constitue le principal habitat (87).

La distribution mensuelle des souches de *Salmonella* isolées à partir de toutes les matrices alimentaires sans distinction de catégorie, est représentée par le **tableau 15** en **annexe N°3** et la **figure 15**.

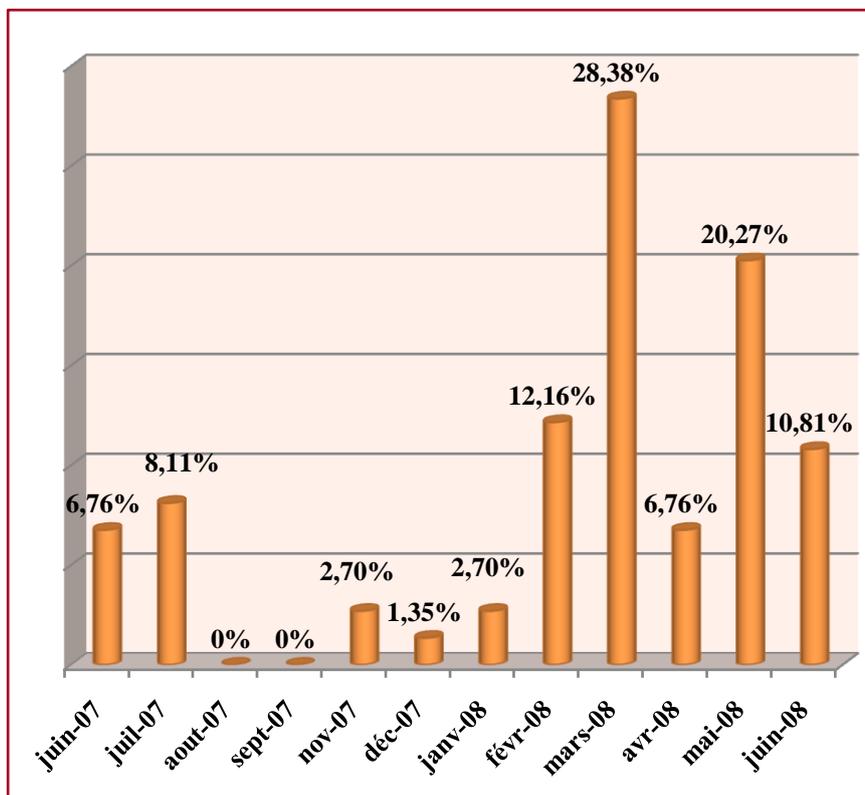


Figure 15 : Répartition mensuelle des souches de *Salmonella* isolées.

La recrudescence du nombre d'isolats à partir du mois de février s'explique par la fréquence élevée de prélèvements effectués concernant les deux catégories d'aliments « viandes rouges et produits carnés crus » et « viandes blanches et produits dérivés crus ».

II.1.2. Prévalence des souches de *Salmonella* spp. en fonction de la catégorie d'aliments (Tableau 16 et figure 16)

À partir des 504 échantillons de denrées alimentaires d'origine animale analysés, 69 souches de *Salmonella* spp. ont été isolées ; ce qui porte la prévalence globale à **13.69%**. Ce taux relativement élevé, corrobore avec certains résultats rapportés par la littérature. Toutefois, plusieurs études ont avancé des taux de contamination différents variant considérablement selon la période et la saison, le pays, la nature de la denrée, la méthode d'échantillonnage, le nombre et la fréquence des prélèvements ainsi que la technique d'isolement et d'identification (25 ; 71 ; 81 ; 126). Il serait par conséquent, plus prudent d'être réservé quant à l'établissement de conclusions et de comparaisons hâtives.

En Italie, Busani et *al.* ont collecté et analysé des données officielles de tests de routine effectués entre 2001 et 2002 ; *Salmonella* fût détectée dans 2.2% parmi les 71 643 échantillons de denrées alimentaires d'origine animale examinés. Ce taux paraît inférieur au notre contrairement à ce qui a été noté dans une étude publiée en 2007 portant sur la détection de *Salmonella* dans 180 échantillons de viandes issues de différentes espèces animales et prélevées aux supermarchés de la ville de Ho Chi Minh au Vietnam ; Hao Van et *al.* ont isolés 91 souches soit un taux de contamination de l'ordre de 50.55%. Un taux supérieur au nôtre du fait notamment, de la nature des prélèvements.

En outre, dans l'inventaire de l'AFSSA de 2004 concernant le sérotypage et la sensibilité aux antibiotiques des *Salmonella* isolées à partir des secteurs de la santé et production animales, de l'hygiène des aliments et de l'écosystème naturel, Brisabois et *al.*, ont remarqué que le nombre total de souches collectées à partir de prélèvements réalisés sur différentes matrices alimentaires est en diminution constante, d'année en année.

Tableau 16 : Prévalence des souches de *Salmonella* spp. en fonction de la catégorie alimentaire.

Catégorie d'aliments	Viandes rouges	Viandes blanches	Produits de la pêche	Produits laitiers	Produits divers	Total
Nombre de prélèvements analysés	144	128	28	72	132	504
Nombre de souches de <i>Salmonella</i> spp. isolées	37	23	1	2	6	69
Prévalence	25.69%	17.97%	3.57%	2.77%	4.54%	13.69%

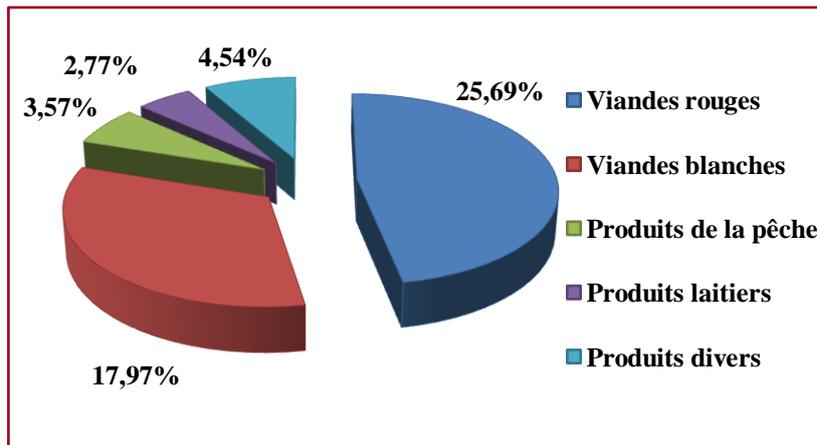


Figure 16 : Prévalence globale des souches de *Salmonella* spp. selon la catégorie d'aliments.

II.1.2.1. Prévalence de *Salmonella* spp. dans la catégorie « Viandes rouges et produits carnés crus »

Sur un total de **144** prélèvements appartenant à cette catégorie (viandes ovines, viandes bovines hachées fraîches et congelées, merguez et farces pour merguez, foies ovins et bovins), nous avons isolé 37 souches de *Salmonella* spp. ; la prévalence équivaut à **25.69 %**.

31 souches ont été isolées à partir de merguez, 2 souches à partir de farces pour merguez, 3 souches à partir de viandes hachées et une seule souche a été isolée à partir de viandes bovines crues, ce qui représente des taux de contamination respectifs de 50%, 22.22%, 6.25% et 5.56% (**Tableau 17 en annexe N°3 et figure 17**). Aucune *Salmonella* n'a été isolée à partir des viandes ovines et des abats d'animaux de boucherie ; ceci serait essentiellement dû à la taille de l'échantillonnage qui n'a pas été suffisamment large pour permettre sa détection.

Cette catégorie d'aliments se caractérise par la prévalence la plus élevée enregistrée au cours de notre étude. Les merguez occupent le haut du classement avec une prévalence de 50% ; largement appréciée par le citoyen algérien qui tend de plus en plus à la consommer insuffisamment cuite (en brochettes cuites au barbecue), cette variété de produit carné, est fortement contaminée suite aux multiples manipulations qu'elle subit en l'absence des règles d'hygiène élémentaires, notamment lors du hachage ; un risque qui vient s'ajouter à celui de l'utilisation fréquente de morceaux de viande les plus défraîchis et invendus, et au mauvais traitement des boyaux.

La viande bovine, en particulier celle insuffisamment cuite est une source d'infection bien documentée dans les pays industrialisés (29 ; 79 ; 123 ; 186).

La contamination des viandes rouges par *Salmonella* peut avoir deux origines :

Une origine endogène où les *Salmonella* résidant dans le tractus intestinal de nombreux animaux de boucherie (portage intestinal asymptomatique), peuvent franchir la barrière intestinale et parvenir au muscle *via* le sang, lors des opérations d'abattage, d'éviscération et de découpe (23 ; 120 ; 141 ; 169) ; cet essaimage, plus fréquent chez les bovins (122) du fait de l'importance des réservoirs gastriques, pourrait expliquer les taux de contamination généralement élevés de leurs viandes par rapport à ceux enregistrés chez les autres espèces. La contamination des viandes à partir du contenu intestinal pourrait être sans incidence puisque la cuisson l'élimine facilement ; mais dans le cas de la viande hachée, elle est redistribuée dans la masse de la matière première et une cuisson insuffisante risque de la maintenir voire la développer (24 ; 122).

Une origine exogène où la contamination des aliments peut se produire à n'importe quel stade, entre la source et le moment de la consommation (157) ; elle est directement ou indirectement liée à un contact avec les excréments d'animaux porteurs sains ou à un milieu souillé par ces matières (69 ; 106 ; 122 ; 169). Les principales sources sont représentées par :

. **L'environnement** dans lequel les *Salmonella* sont très résistantes ; elles peuvent survivre dans les effluents d'élevage (lisiers, fumiers...) pendant des mois voire des années (88). Celles qui proviennent des matières fécales de l'homme et des animaux peuvent charger les cours d'eau (76 ; 122), ce qui revêt une importance particulière dans l'industrie agro-alimentaire du fait que l'eau est employée pour de multiples usages (lavage, douche, nettoyage... etc.) (23).

. **L'homme** : les *Salmonella* d'origine fécale provenant de manipulateurs malades ou de porteurs sains, représentant 5% de la population, peuvent passagèrement habiter la peau des mains, et être transmises à l'aliment à l'occasion d'un défaut d'hygiène ; il s'agit d'une contamination manuportée (76 ; 122).

. **Les animaux** : les *Salmonella* sont maintenues au sein du règne animal grâce aux porteurs sains, ce qui assure la réinfection cyclique des animaux de boucherie (94).

Tous les animaux, lorsqu'ils sont porteurs et excréteurs d'un sérovar, peuvent être à l'origine d'une contamination fécale de surface des produits livrés à la consommation ; cette contamination initiale relativement faible, nécessite alors une multiplication à la faveur d'une faute d'hygiène (contamination croisée, rupture de la chaîne du froid, manipulation, ...) pour être à l'origine d'une TIA (87 ; 88).

Outre le rôle des animaux de boucherie dans la contamination des viandes, celui des rongeurs, des blattes et des insectes, vecteurs de germes, n'est pas à négliger (82 ; 121 ; 172).

. Les opérations technologiques de transformation des aliments : il importe de savoir que la contamination des matières premières par *Salmonella* est généralement paucimicrobienne et superficielle et qu'en associant les opérations unitaires du génie alimentaire (lavage, découpe, désossage, broyage) aux pratiques hygiéniques défectueuses, qu'un risque initialement potentiel est transformé en risque réel (23 ; 69 ; 70. 122 ; 169) ; cette contamination croisée peut se faire au cours de la préparation, du transport, de l'industrialisation, de la conservation et de l'entreposage (39 ; 76 ; 120 ; 141).

Le matériel industriel représenté par l'outil utilisé pour l'abattage (141), les plans de travail souillés par un biofilm et mal nettoyés (122), les équipements et ustensiles, les torchons, de même que le sol et les murs (76), constitue une source de contamination croisée des aliments (20 ; 102 ; 157).

Il a été rapporté que 95% des cas de toxi-infections d'origine microbienne répertoriés sont provoqués par des aliments préparés à la maison, au restaurant ou en institution, alors que le nombre de cas liés à des aliments produits en industrie est estimé à seulement 5% (39 ; 76 ; 94) ; les salmonelloses sont observées plus fréquemment en restauration collective (70%) qu'en restauration familiale (29%) (87). La cause majeure serait la manipulation des denrées alimentaires, particulièrement celles à base de viandes (24 ; 122 ; 141), suivie de l'entreposage prolongé (107), de la mauvaise réfrigération, de l'emploi d'ingrédients contaminés et du nettoyage inadéquat des surfaces de travail (39).

Dès qu'elle est fragmentée (en unités de vente ou hachée), la viande devient plus vulnérable (141). C'est le hachis qui offre le plus grand danger ; cette manipulation aboutit à une homogénéisation de la contamination (23 ; 24 ; 120 ; 122) et fait sortir le suc musculaire qui constitue un excellent milieu de culture.

Le risque est d'autant plus grand que certains bouchers, en dépit d'une hygiène corporelle déficiente, le prépare à l'avance (120) ; s'il est bien cuit, le danger peut disparaître, mais en restauration rapide, il l'est moins souvent (121).

La cuisson insuffisante des aliments est un facteur de risque aggravant (2 ; 101). Le développement de nouveaux procédés (utilisation de fours à micro-ondes), et de certains modes culinaires de consommation de viandes crues ou très peu cuites, renforcent ce risque (20).

En Europe, les intoxications alimentaires se produisant surtout en été, sont plus liées à l'influence déterminante de la température ambiante sur la vitesse de multiplication bactérienne (57). Dans 30 % des foyers de salmonelloses apparus aux États-Unis durant les années 1991 et 1992, une température de stockage inappropriée a été considérée comme un des facteurs contributifs essentiels (101).

Dès l'abattage, la carcasse doit être réfrigérée et la chaîne de froid maintenue tout le long de sa transformation (2 ; 141). Concernant les produits réfrigérés, les remontées de températures entraînent la croissance bactérienne et diminuent leur durée de vie (23); quant aux produits congelés et décongelés, leur maintien à une température ambiante favorise un développement rapide des *Salmonella* (149).

D'après Hao Van et *al.* (2007), le taux élevé de la contamination des viandes par *Salmonella* résulterait en définitif, de la combinaison de tous les facteurs de risque cités plus haut. Il reflète essentiellement un manque d'hygiène au cours des procédés de transformation et de distribution ainsi que les mauvaises conditions de stockage avec en particulier, la rupture de la chaîne du froid.

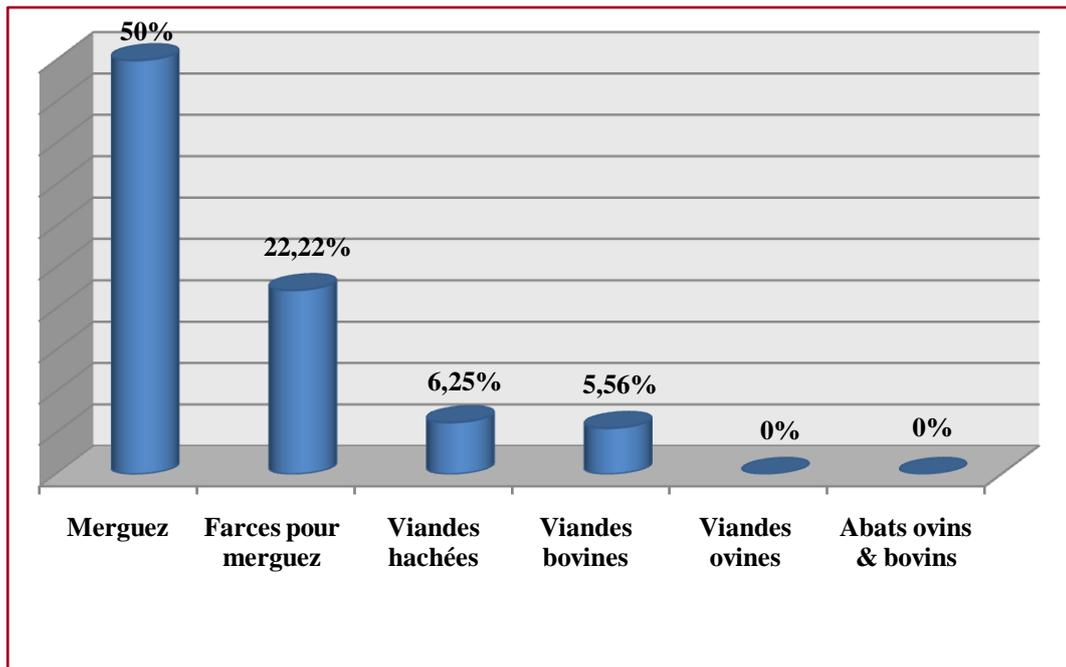


Figure 17 : Prévalence de la contamination des viandes rouges et des produits carnés crus par *Salmonella* spp.

Le taux de contamination des viandes rouges par *Salmonella* spp. enregistré lors de notre travail (**25.69 %**) est nettement supérieur si nous le comparons avec celui noté au Royaume-Uni : 3% représente le taux de contamination enregistré en 2000 suite à l'analyse de 830 échantillons de viande rouge (94), ou avec le taux enregistré entre 2003 et 2005, par Little et *al.* (2008) : 2.4%, à l'occasion de l'analyse de 3959 échantillons de viande rouge. Les travaux cités ci-après montrent que, bien qu'à des taux très variables, les viandes bovines sont plus contaminées par les *Salmonella* que les viandes ovines.

Dans une étude publiée en 2006, Stevens et *al.* ont prélevé et analysé 199 échantillons de viande bovine prélevés de manière aléatoire, chez des détaillants dans la ville de Dakar au Sénégal ; 87% d'entre eux étaient contaminés par *Salmonella*.

Hao Van et *al.* (2007), ont également avancé un taux de contamination élevé de l'ordre de 62%, après analyse de 50 échantillons de viande bovine prélevés aux supermarchés de la ville de Ho Chi Minh.

En étudiant la contamination salmonellique des viandes bovines et ovines, Herman et *al.* ont démontré qu'en 1998, 4.2% des échantillons de viande bovine analysés étaient contaminés, un taux qui se rapproche de celui que nous avons enregistré (5.56%) ; alors que les viandes ovines l'étaient à raison de 3,8%.

Busani et *al.*, ont mené leurs investigations sur 5 037 échantillons de viande bovine et 151 échantillons de viande ovine qui se sont soldées par une prévalence de 1.0% dans les viandes bovines tandis qu'aucune *Salmonella* n'a été isolée à partir de viandes ovines.

À l'inverse, dans le cadre de la surveillance des zoonoses, les laboratoires du Department of Agriculture and Food (DAF) dans la république d'Irlande ont enregistré entre 2002 et 2004 un taux de contamination de 0.16% pour les viandes bovines crues et 0.20% pour les viandes ovines crues (97).

Aux États-Unis, dans une étude réalisée sur 735 échantillons de viande de bœuf crue en 1975, Surkiewicz et *al.* ont enregistré un taux de contamination de l'ordre de 0.4%.

Concernant les viandes hachées, nous avons enregistré un taux de contamination salmonellique équivalent à 6.25%. Il concorde avec les résultats obtenus en 1996 par le USDA qui a avancé une prévalence de 7.5% sur les 563 échantillons analysés de viande bovine hachée et avec ceux notés en Allemagne entre 1996-1997 : sur 1 445 échantillons analysés, la prévalence de *Salmonella* a atteint le taux de 6.3% (94).

Il est légèrement inférieur par rapport à celui enregistré à Mexico, par Heredia et *al.* : 11% est le taux de contamination obtenu après analyse de 88 échantillons ; ainsi qu'au taux rapporté par une étude entreprise entre 1997 et 2000 par Molla et *al.* en Éthiopie, visant à déterminer les sources et la distribution des sérovars de *Salmonella* isolés à partir de différentes sources dont 380 échantillons de viandes bovines hachées : 12.1%.

Le taux de contamination le plus élevé a été relevé au Botswana lors d'une étude menée en 2000 par Gashe et Mpuchane ; ces auteurs ont rapporté que sur 55 échantillons de viande hachée analysés, 20% étaient contaminés par *Salmonella*.

D'autres études ont par ailleurs, réalisées des taux de contamination inférieurs aux nôtres, nous citerons :

L'étude réalisée en 1975 dans l'État de l'Oregon par Carl, qui a rapporté un taux de contamination par *Salmonella* de 2% sur 1 830 échantillons de viande bovine fraîche hachée analysés (94).

Entre février et décembre 2002, les investigations menées en Belgique par l'AFSCA concernant plus de 200 points de vente de détail, a conclu que la contamination des viandes bovines découpées et des viandes hachées était relativement rare (0.9% et 3.3%) (91).

Concernant les produits charcuterie consommables après cuisson, 988 échantillons de saucisses crues ont été analysées entre 1990 et 1991 au Royaume-Uni, 8% étaient contaminés par les *Salmonella* (94) ; résultat qui est beaucoup plus inférieur au nôtre (50%).

II.1.2.2. Prévalence de *Salmonella* spp. dans la catégorie « Viandes blanches et produits dérivés crus »

Sur les 128 prélèvements que compte cette catégorie (merguez et farces pour merguez de dinde, escalopes de dinde, viandes de dinde hachées fraîches et congelées, préparations pour "chawarma", viandes de poulet, abats de volaille), nous avons isolé 23 souches de *Salmonella* spp. ; cette valeur représente une prévalence de **17.97%**.

Dans cette catégorie (**tableau 18 en annexe N°3 et figure 18**), le taux de contamination le plus élevé a été enregistré lors de l'analyse d'échantillons de préparations de "chawarma" à base de viande de dinde (40%) ; celui des abats de volaille (foies essentiellement) atteint les 28.57%, suivi avec 23.52%, des merguez et des farces pour merguez à base de viande de dinde. Avec un taux de 17.14%, les viandes de poulet (carcasses entières, blancs, cuisses et ailes) sont environs deux fois moins contaminées que leurs abats. Enfin, les viandes de dinde (escalopes essentiellement) et les viandes de dinde hachées affichent une même prévalence de l'ordre de 14.28%.

Les viandes de volaille crues sont souvent contaminées par *Salmonella* ; comme elles sont habituellement consommées très cuites, leur implication en tant qu'aliments à l'origine de toxi-infections alimentaires résulte d'une contamination croisée des produits (20 ; 119). Jordan et *al.* (2006) les considèrent comme étant les viandes qui présentent le plus haut risque pour *Salmonella*.

Comme dans la catégorie précédente, les résultats assez importants que nous avons obtenus concernant les viandes blanches et leurs produits dérivés, pourrait s'expliquer par une contamination d'abord endogène des carcasses ; l'état de portage intestinal évoqué par Molla et Mesfin (2003) est incriminé lors de l'éviscération et rend plus élevé le danger que représentent les carcasses non éviscérées. Puis par une contamination exogène croisée suite au non-respect des pratiques d'hygiène au cours des opérations de transformation (échaudage, plumaison, éviscération, rinçage, découpe et emballage) et de distribution (14 ; 71 ; 127 ; 171), mais également et surtout lors de la préparation et du stockage chez les détaillants (81).

La qualité microbiologique des viandes de volaille transformées est liée à la qualité initiale des carcasses ; sachant que la peau constitue une véritable barrière, c'est seulement après un certain temps de stockage et une manipulation que les *Salmonella* initialement présentes en petit nombre à la surface des carcasses pénètrent à l'intérieur du muscle (103).

Selon Imberechts et Dierick (2004), les viandes contaminées insuffisamment cuites constituent la source majeure de toxi-infections à *Salmonella* ; en général, les produits de l'aviculture seraient responsables de 50 à 76% des cas de salmonellose humaine d'après Herman et *al.* (2001).

Dans notre société qui assiste ces dernières années à l'évolution de la restauration rapide, le risque majeur réside dans la consommation de plus en plus fréquente d'escalopes de dinde mais surtout de "chawarma". Cette dernière spécialité en vogue utilise souvent de la viande de dinde énormément manipulée dont la cuisson, qui se déroule généralement à l'extérieur du local, demeure le plus souvent insuffisante.

Il est à noter qu'à l'échelle familiale, le citoyen algérien tend de plus en plus à favoriser la viande blanche pour combler son déficit alimentaire en apports protéiques ; conséquence de la flambée des prix des viandes rouges.

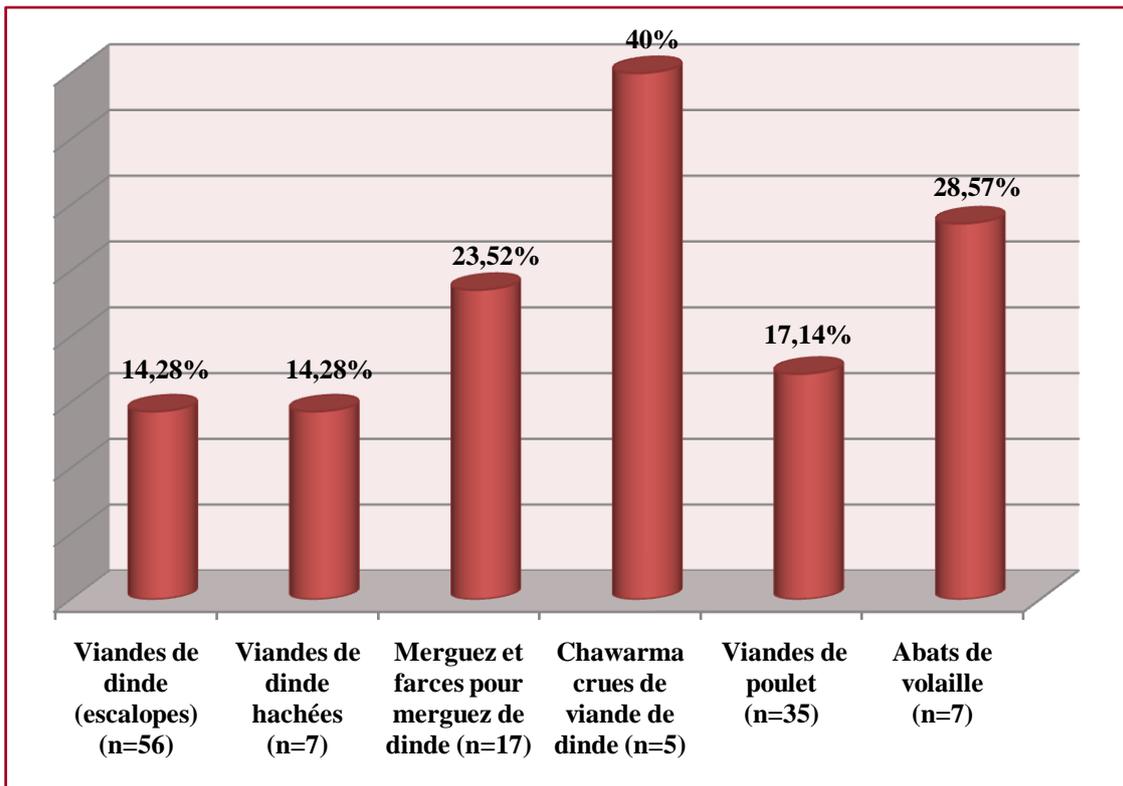


Figure 18 : Prévalence de la contamination des viandes blanches et leurs produits dérivés crus par *Salmonella* spp.

Plusieurs travaux ont été réalisés dans différents pays ; les prévalences rapportées dans la bibliographie internationale sont variables notamment dans le temps et suivant la nature de la denrée. Selon Goncagül et *al.* (2005), ces variations seraient dues à plusieurs facteurs dont l'état de portage sain des volailles, l'état d'hygiène des abattoirs avicoles, la contamination durant le processus de transformation pendant et après abattage, ainsi que le degré de sensibilité et de spécificité des différentes méthodes appliquées dans la détection des *Salmonella*.

En Belgique, l'évolution de la contamination par *Salmonella* des viandes de volailles et leurs produits dérivés entre 1993 et 1996 a été rapportée par Uyttendaele et *al.* Les prévalences obtenues sont : 19.4% pour 1993, 24.1% pour 1994, 21.9% pour 1995 et 36.7% pour 1996.

9.9%, est le taux de contamination le plus bas concernant les viandes de volaille crues, toutes origines confondues, enregistré par Busani et *al.* (2005), après analyse de 2 953 échantillons.

Concernant cette catégorie d'aliments, nos résultats incriminent surtout les viandes de dinde manipulées avec un taux de contamination relativement élevé (40% pour les préparations de "chawarma").

Les investigations effectuées par le USDA montrent que 25 % des viandes de volaille crues sont contaminées par les *Salmonella* et que la viande de dinde serait responsable de deux fois plus de cas de salmonelloses chez l'homme que les produits à base de viande de poulet (20). En Belgique, Herman et *al.* ont constaté des faits similaires en 1998 ; sur 898 échantillons analysés de denrées alimentaires d'origine animale, 17% de viandes de dinde sont contaminés alors que le taux de contamination des viandes de poulet est de l'ordre de 3.6%. De même que dans le cadre de la surveillance des zoonoses en Irlande, Jordan et *al.*, en collaboration avec les laboratoires du DAF, ont enregistré entre 2002 et 2004, des taux de contamination de 3.1% pour les viandes de dinde et de 2.8% pour les viandes de poulet. Ce sont là les résultats de l'efficacité du plan d'éradication de *Salmonella* au sein des exploitations de poulets de chair et de poules pondeuses, mis en place dans plusieurs pays (20).

Nos résultats affichent des taux presque similaires concernant les viandes de dinde et de poulet (14.28% et 17.14%), ce qui pourrait refléter la défaillance voire l'absence de programmes efficaces de lutte contre les salmonelloses aviaires dans notre pays.

Une étude menée en 1968 par Bryan et *al.* aux États-Unis, a montré que sur 336 échantillons d'escalopes de dinde crus, 27% étaient contaminés par les *Salmonella* ; un taux qui est légèrement supérieur à celui que nous avons enregistré qui est de 14.28%.

En ce qui concerne les études réalisées sur les viandes de poulet, les prévalences sont presque identiques et se rapprochent de nos résultats (17.14%). Celle entreprise en 1996 par le USDA, a évalué le taux de contamination par *Salmonella* à 20% sur 1 297 échantillons analysés de poulets à rôti (94) ; et en 2000, dans une étude réalisée en Corée sur la même matrice alimentaire, Chang a enregistré une prévalence de 25.9% sur 27 prélèvements analysés.

En Espagne, Dominguez et *al.*, ont analysés de février à novembre 1999, 198 échantillons de viande de poulet vendue en détail. *Salmonella* a été isolée à partir de 71 d'entre eux, ce qui représente une prévalence de 35.83%.

Au Brésil, Oliveira et *al.* (2006) ont enregistré une prévalence de 11.8% lors de l'analyse de 63 carcasses de poulet.

En Afrique du sud, Van Nierop et *al.* (2005) ont recherché la contamination par *Salmonella* dans 99 carcasses de poulet fraîches et congelées ; le taux global a été évalué à 19.2%.

En Éthiopie, Molla et *al.*, ont analysé entre 1997 et 2000, 648 échantillons de viandes et abats de poulet et ont avancé un taux de contamination de 23.6%.

Le taux de contamination des abats que nous avons enregistré (28.57%) se rapproche de celui rapporté dans l'étude effectuée par Molla et Mesfin afin d'estimer la prévalence de *Salmonella* dans 378 échantillons de viande crue et d'abats (foie, gésier et cœur) de poulet entre novembre 2001 et avril 2002. La prévalence globale est de 21.1 % dont 15.4 % pour la viande crue, 34.5 % pour le foie, 41.1 % pour le gésier, 23.7 % pour le cœur et 7.7 % pour la peau.

Dans cette catégorie, les prévalences les plus élevées ont été observées suite aux travaux réalisés en 1996 en Hollande, où un taux de contamination de 88.5% a été noté après analyse de 26 échantillons de viande de dinde ainsi qu'au Royaume-Uni où plusieurs études concernant les viandes de poulet congelées et les viandes de poulet réfrigérées, ont évalué ces taux entre 41 et 64% pour les viandes congelées et de 33 à 54% pour les viandes réfrigérées (94).

Au Portugal, Antunes et *al.* ont analysé entre février et décembre 1999, 60 échantillons de produits de volaille crus réfrigérés, provenant de deux boucheries et d'une cantine dans la région de Porto ; le taux de contamination avancé est de 60%.

Au Sénégal, Bada-Alambédi et *al.* (2006) ont analysé 120 carcasses de poulet, 62.5% étaient contaminés par *Salmonella*.

Au Vietnam, Huong et *al.*, (2006) ont de manière aléatoire, prélevé chez des marchands de détail à Hanoï, 262 échantillons de viande de poulet. 48.9% se sont révélés contaminés par *Salmonella* ; tandis que Hao Van et *al.* (2007), ont avancé un taux de contamination par *Salmonella* de 53.3% des 30 prélèvements de poulet analysé.

Les travaux suivant montrent le rôle majeur des manipulations et de la défaillance de la chaîne du froid dans la contamination des viandes de volaille, le long de la chaîne alimentaire.

Afin de comparer la prévalence des *Salmonella* dans les viandes de dinde hachées fraîches avec celle des viandes de dinde hachées congelées, deux études ont été respectivement menées aux États-Unis en 1976 et en 1977 par Guthertz et *al.* ; sur 75 échantillons analysés au cours de la première étude, 28% étaient contaminés, contre 38% sur 50 échantillons analysés lors de la seconde étude.

Au nord de la Thaïlande, Padungtod et Kaneene ont relevé entre 2000 et 2003 des taux de contamination par *Salmonella* des poulets à la ferme, des carcasses de poulet à l'abattoir et des viandes de poulet, respectivement de 4%, 9% et 57%.

Dans le rapport annuel de 2002 concernant la surveillance des zoonoses et des agents zoonotiques en Belgique, Imberechts et Dierick ont analysés 259 carcasses de poulet, 230 échantillons de blanc de poulet et 81 échantillons de viande hachée de poulet ; les prévalences obtenues étaient respectivement 7.0%, 12.6% et 21.0%.

Entre janvier 2001 et octobre 2002, 300 carcasses de poulets achetées chez des détaillants à Dakar ont été examinées par Cardinale et *al.*, afin de déterminer la prévalence de *Salmonella* et de *Campylobacter* dans ce type d'aliment. Parmi les carcasses, 146 étaient des produits frais, 58 des produits réfrigérés et 96 des produits congelés. La contamination globale par *Salmonella* a été estimée à 32%.

II.1.2.3. Prévalence de *Salmonella* spp. dans la catégorie « Produits de la pêche crus »

Une seule souche a été isolée suite à l'étude de la prévalence de *Salmonella* spp. dans les produits de la pêche qui a porté sur 28 prélèvements appartenant à cette catégorie (diverses espèces de poissons frais et congelés, seiches, crevettes fraîches ou décortiquées et congelées) ; ce qui équivaut à un taux de contamination de **3.57 % (Tableau 19 en annexe N°3 et figure 19)**. Le merlan congelé étant la denrée incriminée.

Cette catégorie d'aliments hautement périssables est très répandue dans les marchés de la capitale. Avec la disponibilité d'une grande variété de produits de la pêche importés surgelés, les risques sont d'autant plus élevés qu'ils sont dépourvus de leurs protections : écailles et peau ; filetés et tranchés, les poissons sont plus accessibles aux proliférations microbiennes à l'occasion d'une contamination croisée (141). Ils le sont aussi si les conditions de stockage ne sont pas respectées ; la rupture de la chaîne du froid pourrait expliquer la contamination de notre prélèvement.

Les poissons et les fruits de mer sont la deuxième source importante de protéines animales derrière la viande (38). Leur composition en flore microbienne est généralement assez voisine de celle de leur environnement naturel (94 ; 141), elle reflèterait le niveau de contamination de l'eau (25) ; les poissons pêchés dans les eaux non polluées, ne portent que très rarement des germes pathogènes alors que ceux pêchés dans les eaux polluées par les rejets organiques, peuvent héberger passivement sur la peau ou dans le tractus digestif

de nombreux pathogènes dont les *Salmonella* (1 ; 119), considérées comme des indicateurs bactériologiques de contamination fécale. Les investigations menées par Heinitz et *al.* (2000), indiquent que l'incidence de *Salmonella* dans les produits de la pêche est plus importante dans le pacifique et en Afrique (12%) qu'en Europe, en Russie ou en Amérique du nord (1.6%).

Parce qu'ils se nourrissent par filtration de l'eau en concentrant les microorganismes et les toxines et puis qu'ils sont habituellement consommés crus ou peu cuits, les fruits de mer et en particulier les mollusques bivalves, constituent des aliments à risque du point de vue des toxi-infections alimentaires (38 ; 141). Leur taux de contamination est par conséquent, plus élevé le comparant à celui des poissons.

Selon Brands et *al.* (2005), la saison est un facteur déterminant qui influe sur le niveau de contamination des milieux marins ; il est nettement plus élevé en été qu'en hiver. En dépit du nombre limité de prélèvements de produits de la pêche que nous avons analysé, ce paramètre pourrait expliquer la prévalence obtenue, sachant que plus de 60% (17/28) de nos échantillons ont été prélevés entre la fin du mois de novembre 2007 et le début du mois de mars 2008. Le merlan congelé contaminé a été prélevé le 15 avril 2008, une période durant laquelle le climat est assez chaud dans notre pays.

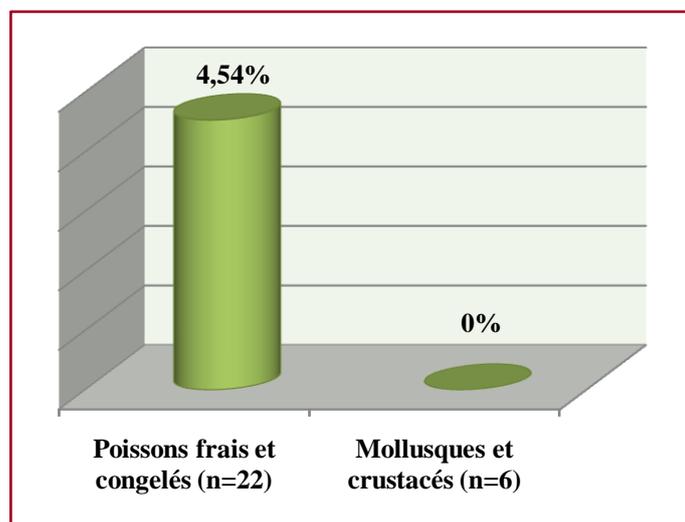


Figure 19 : Prévalence de contamination des produits de la pêche crus par *Salmonella* spp.

Le taux de contamination relativement faible, enregistré lors de notre étude, se rapproche de ceux rapportés dans la littérature, par certains auteurs.

Aux États-Unis, Adrews et *al.* (1977) ont mené leurs investigations sur des poissons-chats frais et congelés ; ils ont avancé des taux de contamination respectifs de 4.5% (sur 335) et 1.5% (sur 342).

Au Singapour, Ng et *al.*, 1999 ont démontré que sur 82 échantillons analysés de produits de la pêche, 2.4% étaient contaminés par *Salmonella*.

Au Royaume-Uni entre 1990 et 1991, 2% représente la prévalence de *Salmonella* spp. isolée à partir de 556 échantillons analysés de fruits de mer (94) ; elle est de 7.4% lorsque Danielle et *al.*, ont mené leur étude sur des huîtres aux États-Unis.

Les investigations menées par le USFDA entre 1990 et 1998 ont évalué le taux de contamination des poissons crus importés à 12.2% et celui des fruits de mer importés à consommer crus à 1% pour les huîtres, 3.4% pour les clams et 0% pour les moules (83).

Busani et *al.*, ont noté des taux de contamination respectifs de 0.3%, de 0.6% et de 0.5% à l'analyse de 2 086 de poissons, de 8 508 mollusques, et de 879 crustacés.

Davies et *al.* (2001), n'ont isolé aucune *Salmonella* lorsqu'ils ont analysé des poissons frais prélevés en France, en Grande Bretagne, en Grèce et au Portugal.

D'autres études par contre, rapportent des taux de contamination assez élevés. Nous citerons l'étude réalisée au Vietnam par Hao Van et *al.* (2007) qui a estimé le taux de contamination des fruits de mer à 18.0%, et celle effectuée en Inde par Sanath Kumar et *al.* (2003), dans laquelle les poissons étaient les plus contaminés avec une prévalence de 30% (sur 20 échantillons analysés) ; les clams et les crevettes affichent des taux de contamination salmonellique respectifs de 20% (sur 20) et de 5% (sur 20).

II.1.2.4. Prévalence de *Salmonella* spp. dans la catégorie « Lait et produits laitiers »

Sur les 72 prélèvements classés dans cette catégorie (lait de vache cru, différents types de fromages, yaourts et crèmes glacées), nous avons isolé 2 souches de *Salmonella* spp.

L'une à partir d'un yaourt et l'autre d'une crème glacée prélevée directement depuis la machine à distribution ; la prévalence est de l'ordre de **2.77%** (**Tableau 20 en annexe N°3 et figure 20**).

La contamination des yaourts serait due aux mauvaises conditions de stockage, alors que la crème glacée serait contaminée lors de sa fabrication artisanale.

Une souche appartenant à la sous-espèce *arizonae* a été isolée d'un échantillon de fromage frais sans sel fabriqué de manière artisanale à partir du lait de vache cru. La présence de cette souche signe une contamination de la matière première (lait) ou du produit fini à partir de l'environnement.

Aucune *Salmonella* n'a été isolée à partir du lait de vache cru, en raison essentiellement du nombre très réduit de prélèvements.

La contamination du lait et ses dérivés peut se faire à différents stades, depuis la collecte du lait jusqu'à la consommation des produits finis en passant par toutes les étapes de sa transformation (141). Les toxi-infections à *Salmonella* sont souvent associées au lait cru incorrectement pasteurisé ou contaminé après pasteurisation (63). La faible prévalence rapportée dans cette catégorie serait due, hormis la contamination intramammaire assez rare, à une bonne hygiène observée lors de la traite, à la maîtrise des procédés de pasteurisation, à l'utilisation de ferments lactiques pour la fabrication des produits dérivés ; ces ferments ont un effet bactéricide sur les microorganismes pathogènes (63) ; Nassib et al.(2003) signalent cet aspect lors d'une étude effectuée sur une spécialité de fromage égyptien fabriqué à partir de lait fermenté.

Les crèmes glacées fabriquées à l'échelle industrielle offre beaucoup plus de garanties que celles de fabrication artisanale (63 ; 120) ; il en est de même pour les fromages à base de lait cru (107).

Les yaourts et les crèmes glacées sont des produits à large distribution et très prisés par les jeunes consommateurs, notamment en période estivale. Selon Colak et al. (2007), si la matière première est exempte de germes, les risques ultérieurs de contamination se voient dissipés avec le respect des règles d'hygiène tout le long de la chaîne de fabrication et de stockage. Ces règles devront être plus strictes au cours de la fabrication artisanale.

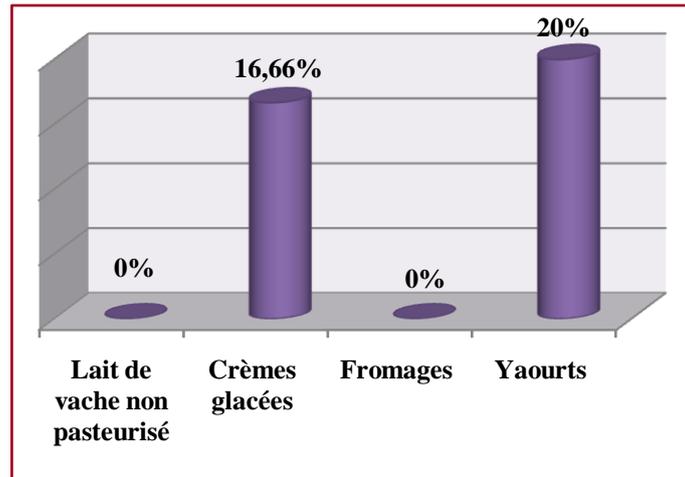


Figure 20 : Prévalence de contamination du lait et des produits laitiers par *Salmonella* spp.

Le taux de contamination assez faible que nous avons obtenu (2.77%), est relativement supérieur à celui rapporté en Italie par Busani *et al.*, qui ont étudié la prévalence de *Salmonella* spp. dans le lait et les produits dérivés. Le taux de contamination est de l'ordre 0.4% sur 1 207 échantillons de lait et de crèmes analysés ; il est estimé à 0.1% sur 11 981 échantillons de fromages ainsi que sur 2 656 échantillons de crèmes glacées analysés.

Concernant les fromages, Vivegnis *et al.* ont démontré en Belgique que la fréquence d'échantillons de fromages fabriqués au lait cru et contaminés par *Salmonella* est de 0,7 % (1/153). Ce taux est nettement supérieur dans l'étude réalisée par Colak *et al.* entre mars 2004 et mars 2005 sur le fromage Tulum (un fromage à pâte semi-dure à base de lait cru très populaire en Turquie) ; il est de 2.4%.

Les autres travaux réalisés ont surtout porté sur l'analyse du lait de vache cru et ont obtenu des prévalences relativement faibles.

Au Royaume-Uni, De Louvois *et Rampling* ont analysé 1 097 échantillons de lait non pasteurisé ; la prévalence de *Salmonella* équivaut à 0.45%.

Adesiyun *et al.* ont enregistré un taux de contamination de 1.7% à l'analyse de 177 échantillons de lait prélevés directement des citernes de collecte.

II.1.2.5. Prévalence de *Salmonella* spp. dans la catégorie « Produits divers »

Sur un total de 132 prélèvements classés dans cette catégorie (charcuteries crues et cuites à consommer sans cuisson, œufs et produits préparés à base d'œufs : mayonnaises non pasteurisées, différentes crèmes et pâtisseries), nous avons isolé 6 souches de *Salmonella* spp.; soit une prévalence de **4.54 %** (Tableau 21 en annexe N°3 et figure 21). Quatre souches ont été isolées à partir de charcuteries cuites (pâtés, corned beef et mortadelle) représentant une prévalence de 9.52% ; deux à partir des œufs et des produits à base d'œufs (œufs et crème anglaise), le taux de contamination est de l'ordre de 2.22%.

Avec l'essor de la restauration rapide, les produits carnés traités consommables sans cuisson connaissent actuellement une large distribution. Le risque réside dans les multiples manipulations qu'ils subissent et dans la rupture de la chaîne du froid lorsque ces produits une fois dépourvus de leurs emballages, sont régulièrement sortis du présentoir frigorifique pour être vendus à la coupe.

Les œufs et les ovoproduits contaminés constituent une des sources majeures de toxico-infections à *Salmonella* (91)

Les œufs sont des aliments naturellement bien protégés des contaminations ; néanmoins, cette protection dépend de la contamination initiale et des conditions de stockage. Au niveau des élevages, la contamination trans-ovarienne ou verticale joue certainement un rôle important dans la transmission des *Salmonella* (141 ; 172) mais elle peut également être due à une souillure par les excréments des porteurs sains (120).

Chez les détaillants, des études ont montré que 0.01 % des œufs intacts contiennent des *Salmonella* (169). Commercialisés à température ambiante dans une atmosphère assez humide (93 ; 141), ils constituent un excellent milieu de culture ; la dose de *Salmonella*, initialement très faible, devient rapidement suffisante pour provoquer une TIA dans le cas où les œufs sont consommés crus ou à peine cuits (mayonnaises, pâtisseries...), même en l'absence de toute faute d'hygiène en cuisine (87).

Concernant les crèmes anglaises, leur contamination proviendrait de l'utilisation d'œufs contaminés et du manque d'hygiène lors de la préparation.

Au cours de notre étude, aucune *Salmonella* n'a été isolée à partir des mayonnaises bien qu'elles n'ont pas subi de traitement thermique ; ceci pourrait être dû à l'utilisation éventuelle de vinaigre ou de citron. L'acidification qui assure un pH au dessous de 4.0, aboutit à l'élimination de *Salmonella* (69 ; 94).

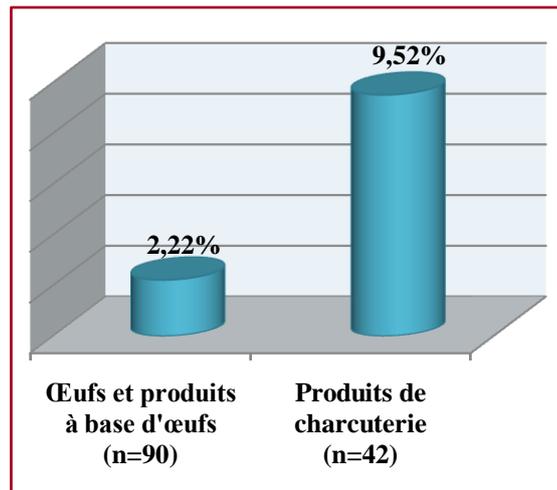


Figure 21 : Prévalence de la contamination des produits divers par *Salmonella* spp.

Les faibles taux de contamination que nous avons enregistrés dans cette catégorie sont rapportés par certains auteurs.

Dans une étude récente publiée en 2006, Siriken et *al.* ont évalué le taux de contamination d'une variété de saucisse turque à base de viande fermentée, à 7% (sur 100 échantillons) ; alors que des études antérieures l'ont estimé entre 0 et 9.1%.

En Irlande du nord, Wilson et *al.* ont analysé 2 090 boîtes d'œufs (6 par boîte) ; la prévalence a été évaluée à 0.43%. Un taux de contamination similaire a été enregistré par Busani et *al.*, lors d'une étude sur la prévalence de *Salmonella* spp. dans 1 207 échantillons d'œufs et de produits à base d'œufs, notamment des pâtes italiennes.

Suresh et *al.* (2006) ont analysé 492 œufs et 82 plateaux d'emballage prélevés chez des détaillants dans le sud de l'Inde. Le taux de contamination relevé est de 7.7% pour les œufs dont 5.9% pour la coquille et 1.8% pour le contenu des œufs ; il est de 7.5% concernant les plateaux de stockage.

II.2. Étude sérologique des souches de *Salmonella* spp. isolées

II.2.1. Prévalence globale des souches de *Salmonella* spp. et leur classification dans le tableau de Kauffmann-White

II.2.1.1. Prévalence de *Salmonella* spp. dans toutes les matrices alimentaires confondues

Les résultats des tests sérologiques réalisés sur les 69 souches de *Salmonella* spp. isolées nous ont permis de les répartir sur 22 sérovars distincts (**Tableau 22 en annexe N°3 et figure 22**) dont :

- 09 Anatum, correspondant à un taux de 13.04 % ;
- 08 Altona correspondant à un taux de 11.59 % ;
- 07 Mbandaka correspondant à un taux de 10.14 % ;
- 05 Corvallis, 05 Enteritidis et 05 Typhimurium ; chaque sérovar représente un taux de 7.25 % de l'ensemble des souches de *Salmonella* spp. sérotypées ;
- 04 *S.*Montevideo correspondant à un taux de 5.80 % ;
- 03 Indiana, 03 Heidelberg, 03 Muenster et 03 Ohio ; chaque sérovar représente un taux de 4.35 % de l'ensemble des souches de *Salmonella* spp. sérotypées ;
- 02 Albany correspondant à un taux de 2.90 % ;
- Agona, Hadar, Infantis, Kedougou, Kentucky, Lexington, Liverpool, Newport, Panama et Virchow n'ayant été isolés qu'une seule fois, représentent chacun un taux de 1.45 % de l'ensemble des souches de *Salmonella* spp. sérotypées.

Néanmoins, 02 souches identifiées biochimiquement *Salmonella* spp. n'ont pu être confirmées sérologiquement du fait de leur auto-agglutinabilité (colonies « Rough »)

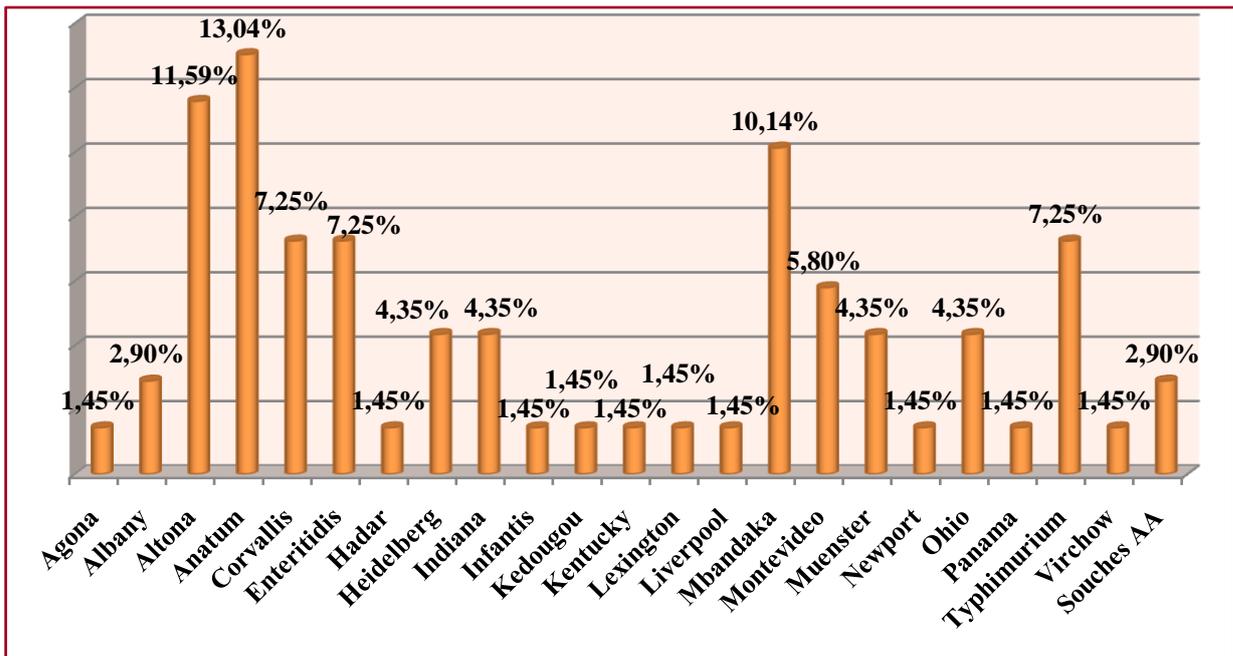


Figure 22 : Prévalence globale des sérovars de *Salmonella* spp. isolés.
(AA : souches autoagglutinables).

Les sérovars qui ont été les plus fréquemment isolés lors de notre étude sont par ordre de fréquence décroissant : Anatum avec 13.04% est le sérovar dominant dans toutes les catégories d'aliments confondues, Altona avec 11.59%, Mbandaka avec 10.14%, s'ensuivent à la 4^{ème} et même position Corvallis, Enteritidis et Typhimurium avec chacun 7.25%, Montevideo avec 5.80%, Heidelberg, Indiana, Muenster et Ohio avec 4.35%.

L'inventaire du réseau *Salmonella* de l'AFSSA concernant le sérotypage et la sensibilité aux antibiotiques rédigé par Brisabois et *al.* (2006), classe le sérovar Anatum au 5^{ème} rang dans le secteur hygiène des aliments ; Mbandaka au 7^{ème} rang ; Enteritidis au 6^{ème} rang ; Typhimurium en tête du classement ; Montevideo au 19^{ème} rang et Indiana au 3^{ème} rang. Altona, Corvallis, Muenster, Ohio, Albany, Kedougou, Lexington, Liverpool, Panama et Virchow ne figurent pas dans le classement des 20 sérovars les plus fréquemment isolés, alors que Infantis, Agona, Newport et Hadar occupent respectivement les 8^{ème}, 11^{ème}, 12^{ème} et 17^{ème} positions de ce classement.

Sur l'évolution relative des sérovars au sein des secteurs de la santé et production animales, de l'hygiène des aliments et de l'écosystème naturel, Brisabois et *al.* (2006) ont aussi noté que Typhimurium est toujours le principal sérovar isolé dans l'ensemble des trois secteurs.

Il importe de signaler que l'émergence et la distribution des différents sérovars de *Salmonella* varient essentiellement avec les pays et les époques (24 ; 148). Toutefois, le développement des échanges internationaux en matière d'agriculture, d'aquaculture et d'agro-alimentaire a permis à *Salmonella* de passer au-delà des frontières géographiques (47 ; 127). Globalement, plusieurs auteurs s'accordent à dire que certains ont une présence permanente et dominante, tel Typhimurium, alors que d'autres émergent, ré-émergent et disparaissent sans explication valable (47 ; 69 ; 70 ; 126 ; 127).

Certains travaux viennent consolider notre résultat en démontrant que Anatum est le sérovar dominant dans le secteur de l'hygiène alimentaire. En 1998, sur les différents sérovars isolés par Herman et *al.* (2001) suite à l'analyse de 898 échantillons de denrées alimentaires d'origine animale, Anatum représente 40% des contaminations tandis que Typhimurium représente 12% des contaminations.

En exploitant des données du centre national des bactéries entéropathogènes (Institut Pasteur de Tunis) de 1994 à 2004, Ben Aissa et *al.* (2007), ont pour la première fois en Tunisie, conclu qu'avec 28%, Anatum constitue le sérovar le plus communément isolé à partir des aliments ; alors qu'une autre étude antérieure a montré que sur 260 souches de *Salmonella* isolées par le laboratoire de la municipalité de Tunis à partir de viandes rouges ou de volailles prélevées entre 1989 et 1993, Agona, Enteritidis et Corvallis étaient globalement, les sérovars les plus fréquemment retrouvés (75).

En Italie, l'étude réalisée entre 2001 et 2002 par Busani et *al.* (2005), a permis de classer Anatum au 4^{ème} rang avec une prévalence d'isolement à partir de différentes denrées alimentaires d'origine animale de 5.2%, loin derrière Typhimurium (18.8%), Derby (10.5%) et Enteritidis (9.9%) mais avant Infantis (3.0%), Hadar (2.0%) et Panama (1.9%).

Les formules antigéniques des 22 sérovars de *Salmonella enterica* sous-espèce *enterica* isolés, sont illustrées dans le **tableau 23**.

Tableau 23 : Formules antigéniques des sérovars isolés (extrait du tableau de Kauffmann-White).

Sérum	Sérogroupe	Sérovar	Antigène O	Antigène H	
				Phase 1	Phase 2
OMA	B (O : 4)	<i>S. Agona</i>	<u>1</u> ,4,[5],12	f,g,s	[1,2] [z27],[z45]
		<i>S. Heidelberg</i>	<u>1</u> ,4,[5],12	r	1,2
		<i>S. Indiana</i>	<u>1</u> ,4,12	z	1,7
		<i>S. Typhimurium</i>	<u>1</u> ,4,[5],12	i	1,2
	D1 (O : 9)	<i>S. Enteritidis</i>	<u>1</u> ,9,12	g,m	-
		<i>S. Panama</i>	<u>1</u> ,9,12	l,v	1,5
	E1 (O : 3,10)	<i>S. Anatum</i>	3,10[<u>15</u>][<u>15,35</u>]	e,h	1,6
		<i>S. Lexington</i>	3,10[<u>15</u>][<u>15,35</u>]	z ₁₀	1,5
		<i>S. Muenster</i>	3,10[<u>15</u>][<u>15,35</u>]	e,h	1,5
	E4 (O : 1,3 : 19)	<i>S. Liverpool</i>	1,3,19	d	e,n,z
OMB	C1 (O : 6,7)	<i>S. Infantis</i>	6,7, <u>14</u>	r	1,5
		<i>S. Mbandaka</i>	6,7, <u>14</u>	z ₁₀	e,n,z ₁₅
		<i>S. Montevideo</i>	6,7, <u>14</u>	g,m,[p],s	[1,2,7]
		<i>S. Ohio</i>	6,7, <u>14</u>	b	l,w
		<i>S. Virchow</i>	6,7, <u>14</u>	r	1,2
	(C2,C3)(O,8)	<i>S. Albany</i>	8, <u>20</u>	z ₄ ,z ₂₄	-
		<i>S. Altona</i>	8, <u>20</u>	r,[i]	z ₆
		<i>S. Corvallis</i>	8, <u>20</u>	z ₄ ,z ₂₃	[z ₆]
		<i>S. Hadar</i>	6,8	z ₁₀	e,n,x
		<i>S. Kentucky</i>	8, <u>20</u>	i	z ₆
		<i>S. Newport</i>	6,8, <u>20</u>	e,h	1,2 : [z ₆₇]
	G (O : 13)	<i>S. Kedougou</i>	<u>1</u> ,13,23	i	l,w

II.2.1.2. Répartition des souches de *Salmonella* spp. étudiées sur les sérogroupes du schéma de Kauffmann-White

Les 67 souches de *Salmonella* spp. isolées dont l'identification sérologique a révélé 22 sérovars distincts, sont réparties sur 7 groupes appartenant au schéma de Kauffmann-White (Tableau 24 en annexe N°3 et figure 23) : avec une prévalence de 26.86%, on note la prépondérance du groupe C2,C3 auquel appartiennent 18 souches de *Salmonella* spp. isolés lors de notre étude et représentant 6 sérovars ; 16 souches sont classés dans le groupe C1 avec une prévalence de 23.88% ; 13 dans le séroroupe E1 avec 19.40% ; 12 dans le séroroupe B avec 17.91% ; 6 dans le séroroupe D1 avec 8.95% ; et enfin les sérogroupes E4 et G comptent chacun une seule souche avec un taux de 1.49%.

Il n'y a pratiquement pas de données dans la littérature qui traitent de la prévalence des sérogroupes de *Salmonella* dans les denrées alimentaires hormis une étude réalisée en Turquie par Goncagül et *al.*, en 2005. Ces auteurs ont mené leurs investigations sur 315 échantillons de peaux prélevés de la partie de l'aile des carcasses de poulet vendues chez des détaillants. Le taux de contamination est estimé à 18.08% ; le séroroupe le plus dominant est manifestement le séroroupe D auquel appartient Enteritidis, le sérovar le plus fréquemment identifié chez la volaille, avec un taux d'isolement de 8.57%.

Par ailleurs, dans l'inventaire du réseau *Salmonella* de l'AFSSA, Brisabois et *al.* (2006) ont signalé la prépondérance du séroroupe B, auquel appartient le sérovar Typhimurium.

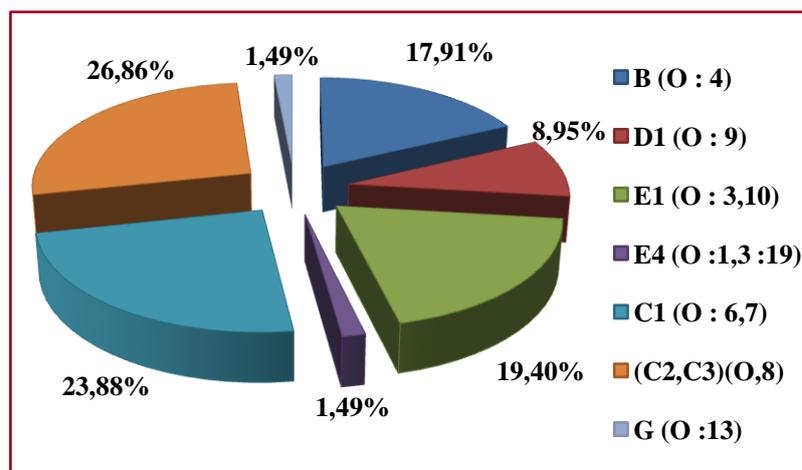


Figure 23: Répartition des souches de *Salmonella* spp. sur les sérogroupes du schéma de Kauffmann-White.

II.2.2. Prévalence des sérovars de *Salmonella* regroupés dans un seul prélèvement

Sur les 504 prélèvements traités, 69 souches de *Salmonella* spp. ont été isolées à partir de 63 d'entre eux. 57 prélèvements sont contaminés par un seul sérovar, ce qui représente une prévalence de 90.47% ; alors que 5 prélèvements sont chacun contaminés par 2 sérovars différents soit une prévalence de 7.93% ; et enfin 1 prélèvement est contaminé par 3 sérovars distincts, soit une prévalence de 1.58% (**Tableau 25** en **annexe N°3** et **figure 24**). Ceci s'expliquerait par le nombre de repiquage (ré-isolément) des colonies caractéristiques de *Salmonella* qui semble augmenter les chances de mettre en évidence la présence de plusieurs sérovars dans un même prélèvement (70).

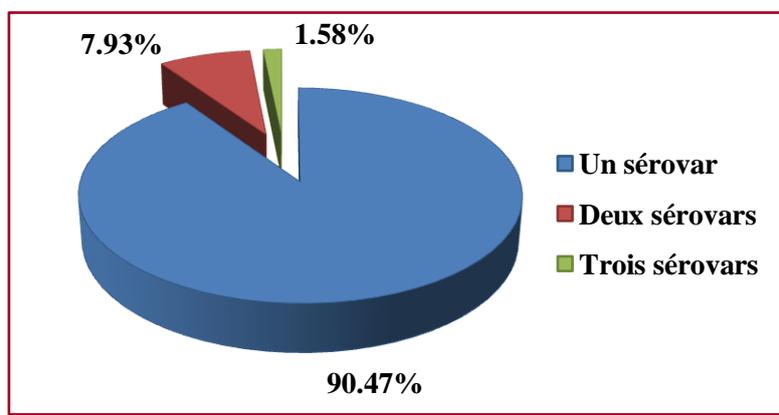


Figure 24 : Prévalence de sérovars isolés par prélèvement.

II.2.3. Prévalence des différents sérovars en fonction de la catégorie de denrées alimentaires (Tableau 26)

Nous remarquons que la majorité des souches de *Salmonella* spp. isolées, sont concentrées dans les deux catégories de viandes. 53.62% et 33.33% sont les prévalences respectivement enregistrées pour les viandes rouges et les viandes de volaille ; ceci ne se contredit pas avec le fait que ce type de produits soit bactériologiquement plus sensible.

Nous remarquons également que certains sérovars sont associés de façon quasi-exclusive à une catégorie d'aliments, ce qui reflète leur présence dans les espèces animales à partir desquelles sont issus ces aliments (29), alors que d'autres ont été isolés à partir de différentes matrices alimentaires. Cet aspect sera détaillé à l'étude de la prévalence des *Salmonella* selon l'origine alimentaire.

Les résultats de l'identification sérologique des souches de *Salmonella* en fonction de la matrice alimentaire et du lieu de prélèvement sont reportés sur le **tableau 27** en **annexe N°3**.

Tableau 26 : Prévalence globale des sérovars de *Salmonella* spp. isolés selon leur origine alimentaire.

Sérovar	Viandes rouges	%	Viandes blanches	%	Produits de la pêche	%	Produits laitiers	%	Produits divers	%
Agona	1	2.70	-	0	-	0	-	0	-	0
Albany	2	5.40	-	0	-	0	-	0	-	0
Altona	3	8.11	2	8.69	-	0	-	0	3	50
Anatum	9	24.32	-	0	-	0	-	0	-	0
Corvallis	3	8.11	2	8.69	-	0	-	0	-	0
Enteritidis	-	0	5	21.74	-	0	-	0	-	0
Hadar	-	0	1	4.35	-	0	-	0	-	0
Heidelberg	-	0	3	13.04	-	0	-	0	-	0
Indiana	1	2.70	1	4.35	-	0	-	0	1	16.67
Infantis	-	0	1	4.35	-	0	-	0	-	0
Kedougou	1	2.70	-	0	-	0	-	0	-	0
Kentucky	-	0	-	0	-	0	1	50	-	0
Lexington	1	2.70	-	0	-	0	-	0	-	0
S.Liverpool	-	0	1	4.35	-	0	-	0	-	0
Mbandaka	3	8.11	-	0	1	100	1	50	2	33.33
Montevideo	4	10.81	-	0	-	0	-	0	-	0
Muenster	3	8.11	-	0	-	0	-	0	-	0
Newport	1	2.70	-	0	-	0	-	0	-	0
Ohio	1	2.70	2	8.69	-	0	-	0	-	0
Panama	-	0	1	4.35	-	0	-	0	-	0
Typhimurium	4	10.81	1	4.35	-	0	-	0	-	0
Virchow	-	0	1	4.35	-	0	-	0	-	0
Souches autoagglutinables	-	0	2	8.69	-	0	-	0	-	0
Total	37		23		1		2		6	
%	53.62		33.33		1.44		2.89		8.69	

II.2.3.1. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Viandes rouges et produits carnés crus »

Sur les 40 souches de *Salmonella* que nous avons isolées à partir des viandes rouges et des produits carnés crus :

- 03 souches appartiennent à la sous-espèce *arizonae* (IIIa) ; elles représentent **7.50 %** de l'ensemble des souches isolées dans cette catégorie.
- 37 souches appartiennent à la sous-espèce *enterica* (I) ; elles représentent **92.50%** de la totalité des souches isolées dans cette catégorie et sont réparties sur 14 sérovars distincts.

Avec une prévalence de **24.32%**, Anatum est le sérovar dominant dans cette catégorie ; Montevideo et Typhimurium se partagent le deuxième rang du classement avec un taux d'isolement de 10.81% ; suivis de Altona, Corvallis, Mbandaka et de Muenster isolés chacun à partir des viandes rouges et des produits carnés crus avec une prévalence de 8.11% ; Albany avec 5.40% ; et enfin au dernier rang et avec un taux d'isolement de 2.70%, Agona, Indiana, Kedougou, Lexington, Newport et Ohio (**Tableau 26** et **figure 25**).

Les sérovars isolés exclusivement à partir des viandes rouges et des produits carnés crus sont par ordre d'importance décroissant : Anatum, Montevideo, Muenster, Albany puis Agona, Kedougou et Newport.

Cette exclusivité ne semble pas toujours vérifiée. Concernant Anatum, il a été également associée aux viandes de volaille vendues au détail en Thaïlande ; l'enquête réalisée par Angkititrakul et *al.* (2005) a démontré sa prédominance avec un taux de contamination évalué à 33.3%.

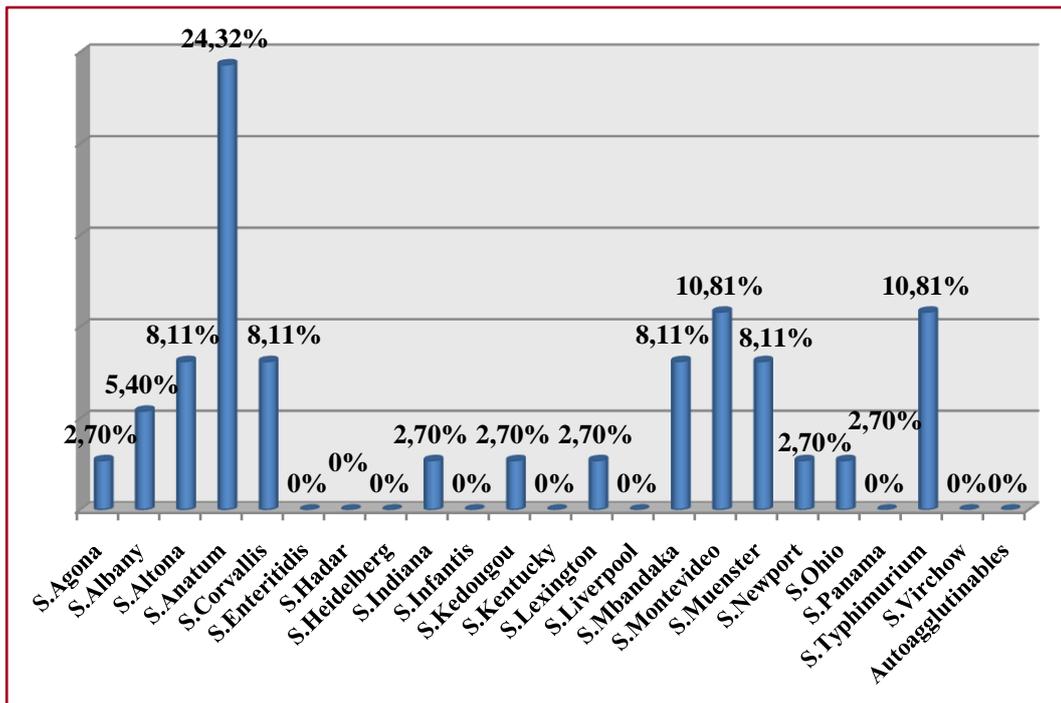


Figure 25 : Prévalence des sérovars isolés à partir des viandes rouges et des produits carnés crus.

Selon le rapport du USDA (1999-2000), les 5 sérovars les plus fréquemment isolés aux États-Unis, à partir des viandes rouges sont Typhimurium, Anatum, Dublin, Montevideo et Newport (181).

D'après Brisabois et *al.* (2006), les 5 sérovars les plus fréquemment isolés à partir de carcasses, de viandes et d'abats de bœuf et de veau en 2004 sont par ordre de fréquence décroissant : Derby avec 21.3%, Typhimurium avec 20.9%, Montevideo avec 8.9%, Dublin et Infantis avec un taux d'isolement estimé pour chacun à 6.8%. Anatum n'a été isolé qu'avec une fréquence de 3.8%.

Bien que le sérovar Anatum ne soit pas classé parmi ceux les plus incriminés dans les TIAC, sa fréquence d'isolement relativement élevée a été citée dans de multiples travaux internationaux. Selon Yan et *al.* (2003), il est particulièrement retrouvé chez les animaux de boucherie, et pourrait être à l'origine de certaines intoxications alimentaires consécutives à l'ingestion de viandes rouges.

En Éthiopie, Nyeleti et *al.* (2000) ont rapporté que *Anatum* est le sérovar dominant à l'étude de la prévalence et de la distribution de *Salmonella* dans des viandes hachées bovines collectées chez des détaillants dans les marchés d'Adis Ababa.

La prévalence de *S.Anatum* isolée à partir de viandes hachées équivaut à 28.26%, juste après Dublin, le sérovar dominant avec 43.47%, dans les travaux de Molla et *al.* (2003).

En Tunisie, Ben Aissa et *al.* (2007) ont mené une étude sur la prévalence des sérovares les plus fréquemment isolés ; ils ont enregistré un taux de contamination des aliments, des animaux et de l'environnement par *Anatum* évalué à 28%.

À l'échelle nationale, nous citerons l'étude réalisée par Nouichi (2008) sur la contamination bactérienne superficielle des carcasses ovines et bovines à l'abattoir d'El-Harrach. Une seule souche de *S.Anatum* a été isolée à partir de 90 carcasses ovines étudiées, ce qui représente un taux de contamination de 1.11% ; et 9 souches à partir de 70 carcasses bovines, le taux de contamination est évalué à 12.85% ; ce qui est en accord avec les résultats obtenus au cours de notre étude, du point de vue de la prédominance de ce sérovar dans les viandes rouges locales. Concernant les taux de contamination, celui que nous avons enregistré, plus élevé, pourrait s'expliquer par le fait qu'en plus de la contamination au niveau des abattoirs, nos échantillons de viandes rouges ont subi d'importantes manipulations au cours des différents stades de découpe, de transport et de stockage qui ont permis la prolifération des *Salmonella*.

Oliveira et *al.* (2006), ont démontré l'importance de l'hygiène chez les manipulateurs d'aliments dans la dissémination de la contamination le long de la chaîne alimentaire, s'appuyant sur les résultats d'une étude réalisée en 1971 concernant l'examen des extrémités de leurs doigts ; celle-ci a enregistré un taux de contamination élevé par *S.Anatum*.

Particulièrement transmis par la viande de bœuf, selon Haeghebaert et *al.* (2001) et classé au 2^{ème} rang dans notre étude, le sérovar Typhimurium a été isolé avec une fréquence assez importante qui est de l'ordre de 10.81%. Des études internationales montrent sa prédominance dans les viandes rouges, nous citerons :

Typhimurium et Derby ont été isolés à partir de viandes bovines crues avec un même taux de l'ordre de 14.3% suivis de près du sérovar *Anatum* avec 10.3% et de Hadar avec 3.6%, dans l'étude menée par Busani et *al.* (2005).

Avec 52.60%, Typhimurium représente le sérovar qui a été le plus fréquemment isolé à partir de 20 échantillons analysés de viande bovine en 1997 en Belgique ; suivi de Derby et des autres sérovares regroupés avec respectivement 5.3% et 42.1% (51).

Au Royaume-Uni, Little et *al.* (2008) ont isolé *S.Typhimurium* à partir des viandes rouges avec un taux de 54.2%.

En Irlande, suite à une étude réalisée par Jordan et *al.* entre 2002 et 2004, les sérovares les plus communément isolés à partir des viandes bovines crues sont par ordre de fréquence décroissant : Typhimurium, Dublin et Kentucky.

Au Sénégal, Stevens et *al.* (2006) ont rapporté que le sérovar dominant est autre que Typhimurium ou Anatum. Avec un taux d'isolement de 25%, Bredeney est le sérovar fréquent retrouvé dans la viande bovine suivi avec des prévalences relativement faibles, par Muenster (8%), Waycross (7%), Corvallis (4%) et Kentucky (4%).

Dans cette catégorie, *S.Heidelberg* n'a pas été isolé au cours de notre étude. La même observation a été soulignée aux États-Unis par Zhao et *al.* ; aucune *S.Heidelberg* n'a été retrouvée dans 5 100 échantillons de viande bovine hachée prélevés chez des détaillants entre 2002 et 2006.

Concernant les sérovares Agona et Newport qui ont été uniquement associés à cette catégorie d'aliments ; le premier est plus fréquent dans les viandes d'origine bovine ou équine selon Guellouz et Ben Aissa (1995), de même que le second est un sérovar émergent étroitement associé au bétail, d'après Brands et *al.* (2005) et à la consommation de viande chevaline selon Weill et *al.* (2003) et Egorova et *al.* (2008).

II.2.3.2. Prévalence des différents sérovares dans la catégorie « Viandes blanches et produits dérivés crus »

Sur les 24 souches de *Salmonella* isolées à partir des viandes blanches et des produits dérivés crus :

- 01 souche appartient à la sous-espèce *arizonae* (IIIa) ; ce qui représente un taux de **4.17 %** de l'ensemble des souches isolées dans cette catégorie.
- 23 souches appartiennent à la sous-espèce *enterica* (I) ; elles représentent un taux de **95.83%** de la totalité des souches isolées dans cette catégorie et sont réparties sur 12 sérovares différents.

Parmi ces 23 souches de *Salmonella* spp., 02 sont autoagglutinables.

Enteritidis est le sérovar dominant dans cette catégorie avec une prévalence d'isolement de **21.74%**, suivi de Heidelberg avec 13.04%. Avec un taux d'isolement de l'ordre de 8.69%, nous retrouvons à la même position Altona, Corvallis et Ohio ; puis en fin du classement, Hadar, Indiana, Infantis, Liverpool, Panama, Typhimurium et Virchow avec 4.35% (**Tableau 26** et **figure 26**).

Au cours de notre étude, les sérovats isolés exclusivement à partir des viandes blanches et de leurs produits dérivés sont par ordre de fréquence décroissant : Enteritidis, Heidelberg, Hadar, Infantis, Liverpool, Panama et Virchow.

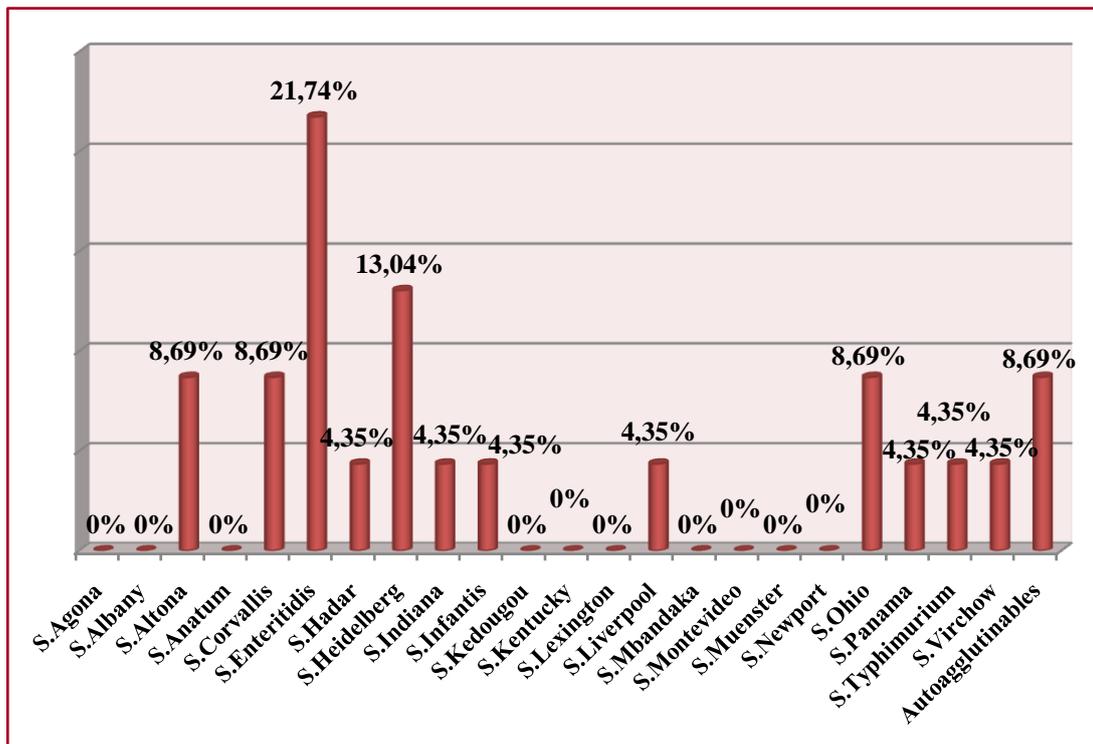


Figure 26 : Prévalence des sérovats isolés à partir des viandes blanches et de leurs produits dérivés crus.

Nos résultats ne diffèrent pas de ceux rapportés par la majorité des auteurs.

D'après les données enregistrées en 2000 par le centre de sérotypage de l'AFSSA-LERHQA, le sérovar Enteritidis prédomine dans les viandes de volaille et représente 36% des souches isolées (27).

En Espagne, les deux sérovars les plus fréquemment isolés par Dominguez et *al.* (2002) sont Enteritidis et Hadar avec des taux respectifs de 47.88% et de 25.35%. Le niveau de contamination des viandes de volaille par *S.Virchow* signalé au cours de notre travail, est très bas (4.35%).

Les sérovars isolés par Chang (2000), sont principalement Enteritidis et Virchow. Ceux isolés à partir des viandes de volaille sont d'après Uyttendaele et *al.* (1998), Enteritidis (16.3%), Hadar (15.5%), Virchow (14.1%), Typhimurium (11.1%), Newport (6.9%) et Infantis (6.6%).

Au Brésil, Oliveira et *al.* (2006) ont identifié trois sérovars ; le plus fréquent étant Enteritidis avec un taux de 50%, suivi de Panama avec 33%.

Selon Goncagûl et *al.* (2005), les variations observées dans la prévalence des sérovars de *Salmonella* à travers les différentes études, dépendent essentiellement de la charge initiale du sérovar qui existe dans le vivant de la volaille et de l'état d'hygiène au niveau des abattoirs dans lesquels une contamination croisée des carcasses d'origine fécale, pourrait se produire.

Par ailleurs, sachant que des variations dans l'importance relative des différents sérovars sont toujours observées suivant l'espèce d'origine des viandes et abats de volaille (184), certaines études montrent que Heidelberg est le sérovar dominant. Nous citerons celle réalisée par Berrang et *al.* (2006) dans laquelle Heidelberg a été isolé de poulets à rôtir avec un taux de 25%, ainsi que celle entreprise par Zhao et *al.* (2008) dont les résultats montrent une absence de ce sérovar dans les viandes bovines et une dominance dans les viandes de poulet prélevées aux États-Unis et au Canada, contrairement à ce qui est constaté dans les autres continents.

En France, les premières souches de *S.Hadar* ont été isolées avec le développement de l'élevage de dindes (24). Il a été le sérovar dominant isolé à partir de viandes de volaille dans les travaux de Cardinale et *al.* (2003) ; il s'agit plutôt de Blockley suivi de Hadar selon Busani et *al.* (2005).

Molla et *al.* ont isolé *S.Virchow* uniquement à partir de viandes de poulet ; alors qu'en Tunisie, *S.Corvallis* d'apparition récente, est particulièrement retrouvé dans les prélèvements de viandes de dinde (75).

Concernant le sérovar Typhimurium, il est vrai qu'il est particulièrement transmis par la viande de bœuf (79), mais il est souvent isolé à partir de viandes de volaille (40) ; la prévalence de ce sérovar dans cette catégorie d'aliments est évaluée à 4.35% au cours de la présente étude.

Nos résultats corroborent donc parfaitement avec ceux enregistrés par la plupart des travaux cités.

Bien que, rappelons-le, les sérovats isolés à partir des différentes sources varient géographiquement et dans le temps, seul Enteritidis semble n'obéir qu'à la condition de l'espèce ; en effet, ce sérovar ayant une affinité particulière pour les ovaires (115 ; 172), la rate et le foie de volaille (20), peut se retrouver à l'occasion d'une transmission verticale, dans leurs œufs, viandes et abats dont la consommation à l'état cru ou insuffisamment cuit peut engendrer une toxi-infection alimentaire (21 ; 94 ; 171 ; 174).

Hormis ce sérovar souvent associé aux viandes de volaille, aux œufs et ovoproduits, il est difficile d'établir une association pour les autres sérovats avec des denrées alimentaires bien définies (94).

II.2.3.3. Prévalence des différents sérovats dans la catégorie « Produits de la pêche crus »

Nous avons isolé une seule souche dans cette catégorie ; elle appartient à la sous-espèce *enterica* (I).

Le sérotypage a révélé qu'il s'agit d'une *S.Mbandaka* (**tableau 26 et figure 27**). Ce sérovar a été également isolé à partir de yaourts et d'œufs prélevés aux mêmes moment et endroit que l'échantillon de merlan congelé ; il n'est pas spécifique à une denrée particulière mais sa présence peut être due à une contamination originelle à partir des eaux de mer souillées et polluées par différentes sources, comme elle peut signer une contamination croisée des produits et refléter les mauvaises conditions d'entreposage et de stockage avec essentiellement la rupture de la chaîne du froid.

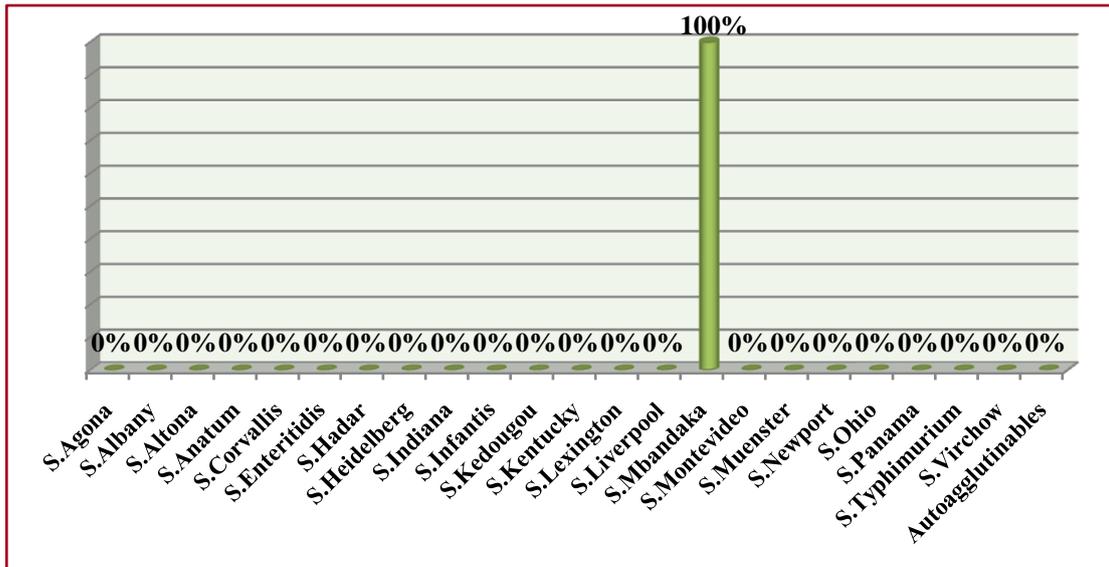


Figure 27 : Prévalence des sérovars dans les produits de la pêche crus.

L'émergence et la distribution de certains sérovars suivant le site géographique a été démontré par la majorité des travaux menés aux États-Unis ; Weltevreden est le sérovar dominant dans les produits de la pêche importés majoritairement des pays asiatiques. Le taux de contamination par ce sérovar est de l'ordre de 57.81% selon l'étude réalisée par Ponce et *al.* (2008), entre 2001 et 2005 ; selon une autre étude américaine dirigée par la FDA entre 1990 et 1999, 11 312 échantillons prélevés de produits de la mer importés et 768 échantillons prélevés localement ont été analysés, les prévalences de *S. Weltevreden* sont estimées respectivement à 7.2% et à 1.3% (94).

Il a été également rapporté que ce sérovar est le plus communément isolé à partir de crevettes importées en Angleterre et au Pays de Galles ainsi qu'en Australie (15), mais aussi à partir d'une variété de produits de la pêche analysés par Heinitz et *al.* (2000).

Par ailleurs, d'autres études ont permis d'isoler d'autres sérovars. Avec une prévalence de 12.7%, Infantis est le sérovar le plus dominant isolé des produits de la mer par Busani et *al.* (2005). Newport est le sérovar qui a été le plus fréquemment identifié dans les huîtres, par Brands et *al.* (2005).

II.2.3.4. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Lait et produits laitiers »

Sur les 03 souches de *Salmonella* isolées à partir des laits et des produits laitiers :

- 01 souche appartient à la sous-espèce *arizonae* (IIIa) ; ce qui représente un taux de **33.33 %**.
- 02 souches appartiennent à la sous-espèce *enterica* (I) et représentent **66.67%** de la totalité des souches identifiées dans cette catégorie ; il s'agit d'une *S.Kentucky* et d'une *S.Mbandaka* (**Tableau 26 et figure 28**) isolées respectivement d'un échantillon de crème glacée et d'un échantillon de Yaourt.

Kentucky est un sérovar qui a été dans notre étude, exclusivement isolé des produits laitiers ; dans l'inventaire de l'AFSSA, Brisabois et *al.* (2006), ce sérovar ne figure pas dans le classement des sérovars les plus fréquemment isolés ni chez les bovins en santé et production animales et environnement d'élevage ni dans les produits laitiers. Sa présence dans notre échantillon serait due à une contamination croisée avec d'autres produits et à une mauvaise hygiène lors de sa fabrication (manipulateurs et matériels).

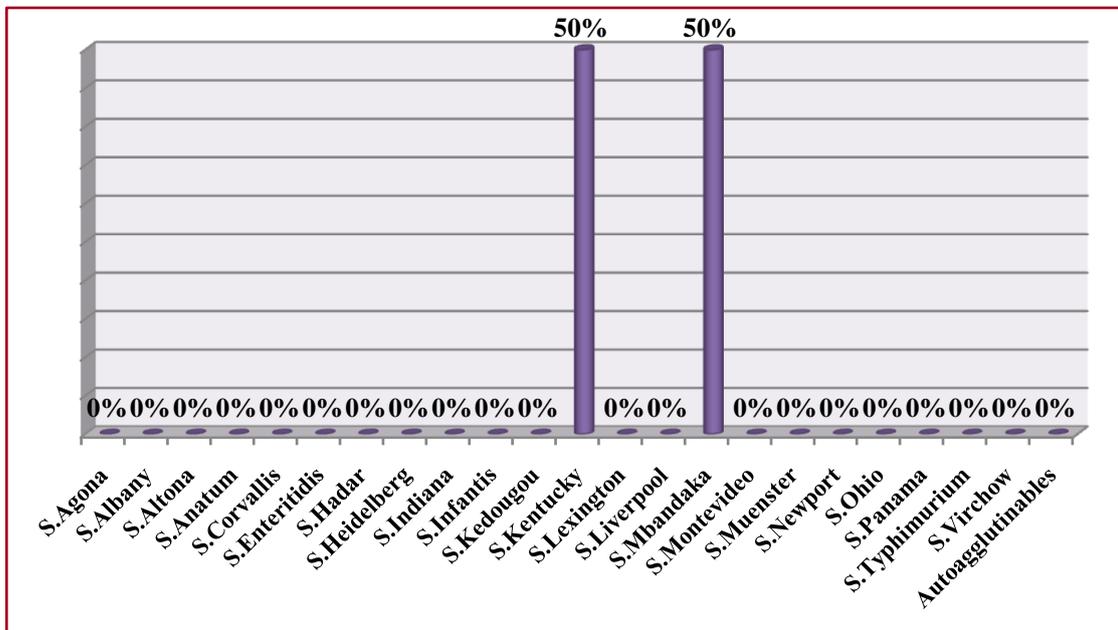


Figure 28: Prévalence des sérovars isolés à partir du lait et des produits laitiers.

Dans l'étude réalisée par Busani et *al.*, les deux principaux sérovars isolés à partir du lait et des crèmes glacées sont Enteritidis et Typhimurium avec des prévalences respectifs de 10.0% et 7.5%.

Selon Brisabois et *al.* (2006), les principaux sérovars appartenant à la sous-espèce *enterica* et isolés des produits laitiers sont, par ordre d'importance décroissant: Dublin avec 35% puis Brandenburg, Mbandaka et Indiana avec respectivement 7.4%, 6.9% et 5.1%.

II.2.3.5. Prévalence des différents sérovars dans la catégorie « Produits divers »

Dans cette catégorie, nous avons isolé 06 souches de *Salmonella* appartenant toutes à la sous-espèce *enterica* (I). Les tests sérologiques nous ont permis de les répartir sur 03 sérovars distincts : Altona, Indiana et Mbandaka (**Tableau 26** et **figure 29**).

Concernant les produits de charcuterie, trois *S.*Altona et une *S.*Indiana ont été respectivement isolées de deux échantillons de pâté de volaille, d'un échantillon de corned beef et d'un échantillon de mortadelle.

Altona et Indiana sont des sérovars qui ont été également isolés à partir des viandes rouges et des viandes de volaille (ils sont absents dans les autres catégories) ; leur présence dans les produits de charcuterie cuits pourrait s'expliquer de deux manières. D'abord, l'utilisation de matières premières contaminées ; dans ce cas, la cuisson n'a pas été assez suffisante pour l'éliminer dans les viandes. Puis, une contamination croisée post-traitement thermique avec des matières premières contaminées ; dans ce cas, la prolifération microbienne est favorisée par le manque d'hygiène et les mauvaises conditions de stockage observés notamment chez les détaillants.

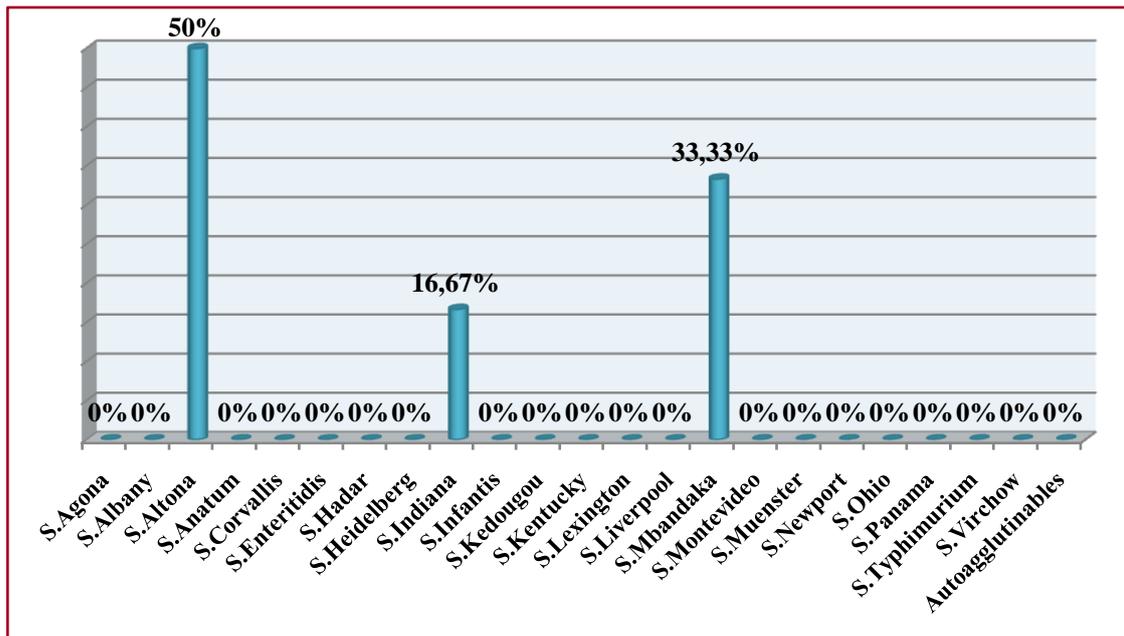


Figure 29 : Prévalence des sérovars isolés à partir de produits divers.

Selon Brisabois et *al.* (2006), les sérovars isolés des produits de charcuterie sont ceux isolés majoritairement des viandes à savoir par ordre d'importance décroissant, Typhimurium, Derby, Infantis et Anatum.

Concernant les œufs et les produits à base d'œufs, les deux souches de *S. Mbandaka* ont été isolées à partir d'un échantillon d'œufs et d'un échantillon de crème anglaise.

Ce sérovary a été plus souvent isolé chez les poules que chez les autres volailles (184) ; les œufs peuvent être contaminés pendant leur formation ou après leur ponte par les matières fécales.

Chez la volaille, l'existence de *Salmonella* dans le tube digestif rend possible la contamination trans-ovarienne des œufs ; apportées souvent par l'alimentation, elles transitent par voie digestive puis sanguine jusqu'aux ovaires (141 ; 166 ; 172 ; 185).

Cette transmission verticale concerne essentiellement Enteritidis, le seul sérovary à posséder une affinité particulière pour le tractus génital des volailles (115 ; 172). Il a été rapporté que dans 73 % des cas, car contrairement aux autres *Salmonella* qui ne sont isolées qu'en surface, Enteritidis se retrouve dans le contenu d'un œuf intact (24 ; 40), puis par la suite dans les préparations à base d'œufs contaminés et insuffisamment cuites (172). Le risque est plus grand pendant la période estivale et en milieu familial (92).

La contamination de la crème anglaise par *S. Mbandaka* serait due à l'utilisation d'œufs souillés dont la coquille n'a pas été lavée.

Enteritidis représente le sérovar le plus communément isolé des œufs et des produits à base d'œufs avec une prévalence de 57% des souches isolées en 2004 d'après Brisabois et *al.* (2006), suivi de Typhimurium avec 18.3%.

Dans une étude effectuée par Suresh et *al.* (2006), le sérotypage des souches de *Salmonella* spp. isolées révèle que la prévalence du sérovar Enteritidis est de 89.7% dans les coquilles, 100% dans le contenu des œufs et 71.4% dans les plateaux de stockage. Mbandaka a été identifié mais à un taux très faible.

La prévalence de *S. Infantis* dans les œufs et les produits à base d'œufs est estimé à 12.7% par Busani et *al.*, suivi de Typhimurium avec 10.9% et de Enteritidis avec 5.5%.

II.3. Étude de la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques

Nous avons testé 32 antibiotiques sur chacune des 67 souches de *Salmonella* spp. isolées et sérotypées. Les résultats obtenus sont reportés sur le **tableau 28** en **annexe N°3**.

Il importe de rappeler que la lecture des diamètres des zones d'inhibition ne s'est pas effectuée de manière automatisée ; aussi, les comparaisons avec les autres études doivent se faire avec beaucoup de réserve.

II.3.1. Étude globale de la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques

Nous notons que sur les 32 antibiotiques testés, *Salmonella* spp. exprime globalement une résistance vis-à-vis de 13 d'entre eux et une sensibilité réduite à 7 antibiotiques, ce qui représente des taux respectifs de **40.62%** et de 21.87% (**Tableau 29** en **annexe N°3** et **figure 30**) ; et que sur les 67 souches isolées, 61 d'entre elles sont au moins résistantes à un antibiotique, ce qui représente un taux de **91.04%**. La multirésistance a caractérisé 21 souches atteignant ainsi une prévalence de l'ordre de **31.34%** (**Tableau 30** et **figure 31**).

Nos résultats montrent que l'antibiorésistance des souches de *Salmonella* spp. isolées à partir des différentes matrices alimentaires d'origine animale, est significative. Notons également que l'apparition de sensibilité réduite vis-à-vis de certains antibiotiques est préoccupante.

L'émergence d'une résistance aux antibiotiques résulterait, selon de nombreux auteurs dont Weill (2008), Little et *al.* (2008), Hao Van et *al.* (2007), Bada-Alamedji et *al.* (2006), Oliveira et *al.* (2006), Velge et *al.* (2005), Angkitrakul et *al.* (2005) et Antunes et *al.* (2003), de leur incorporation systématique dans l'alimentation des animaux d'élevage, à des doses souvent sub-thérapeutiques, en prophylaxie ou dans le but de stimuler la croissance et d'améliorer le rendement.

Bien qu'à des doses faibles, la présence permanente de ces produits dans le milieu exerce une pression de sélection antibiotique permettant aux bactéries d'acquérir des gènes de résistance (65 ; 96) qui seront par la suite, transmis à l'homme *via* la chaîne alimentaire (123).

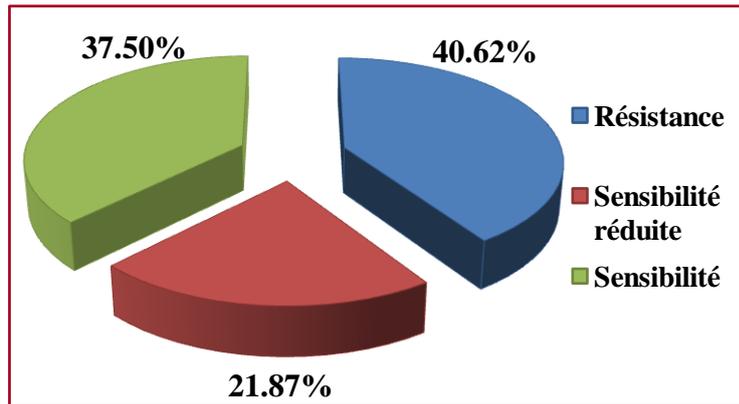


Figure 30 : Expression globale de l'étude de la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques.

Tableau 30 : Taux de résistance de *Salmonella* spp. aux antibiotiques.

Résistance	Nombre de souches	Prévalence
Aucune	6	8.95%
À au moins un antibiotique	61	91.04%
- À un seul antibiotique	40	59.70%
- À au moins deux antibiotiques :	21 :	31.34% :
. 2 antibiotiques	7	10.44%
. 3 antibiotiques	8	11.94%
. 4 antibiotiques	3	4.49%
. À plus de 4 antibiotiques	3	4.49%

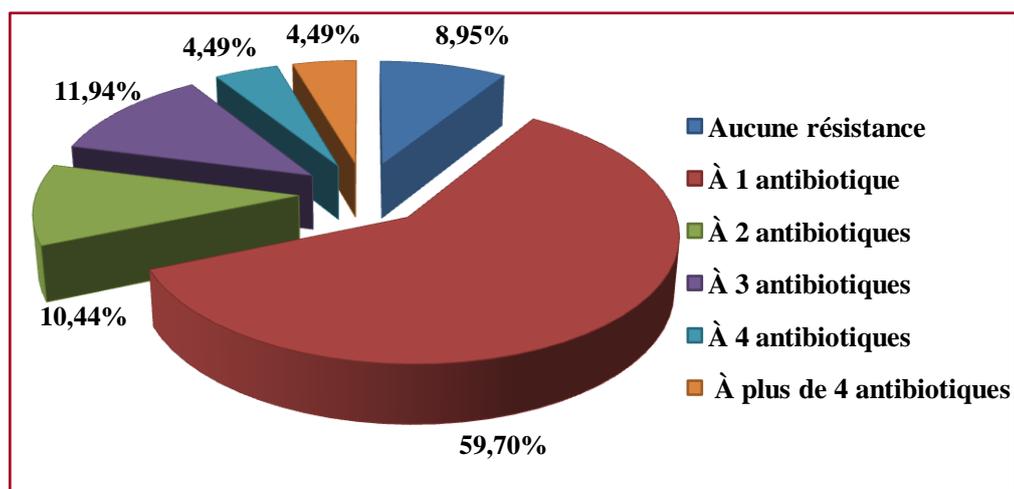


Figure 31: Taux de résistance des souches de *Salmonella* spp. aux antibiotiques.

Des études internationales ont rapporté des résultats aussi alarmants que les nôtres. Une recrudescence de la résistance observée dans de nombreux pays à partir des années 60 coïnciderait avec le développement des modes d'élevage intensifs. En Europe, 10% des souches seraient résistantes à 4 produits au moins ; au Japon, cette proportion est de l'ordre de 28% (138).

8.95% des souches isolées dans la présente étude ne montrent aucune résistance vis-à-vis des 32 antibiotiques testés ; ce taux est inférieur par rapport à celui enregistré au Sénégal par Stevens et *al.* (2006) qui est de l'ordre de 22%. Le taux de résistance à au moins un seul antibiotique et le taux de multirésistance sont respectivement évalués à 60% et à 17.4% ; ils sont par ailleurs, nettement inférieurs à ceux que nous avons obtenus (91.04% et 31.34%).

L'étude réalisée au Vietnam par Hao Van et *al.* (2007), a rapporté un taux de résistance à au moins un antibiotique équivalent à 50.5% ; il est bien inférieur à celui noté dans la présente étude (91.04%). Par contre, la prévalence de la multirésistance qui est estimée à 20.9% se rapproche de celle que nous avons enregistrée (31.34%).

Par ailleurs, nos résultats sont pratiquement similaires à ceux observés en Espagne ; les travaux menés par Cruchaga et *al.* (2001) ont rapporté un taux de résistance à 12 antibiotiques testés de l'ordre de 71%, alors que le taux de multirésistance est évalué à 36%.

II.3.2. Étude de la sensibilité de *Salmonella* spp. en fonction de l'antibiotique (Tableau 31 en annexe N°3 et figure 32)

Nos résultats montrent que pour la famille des β -lactamines, *Salmonella* spp. est résistante à l'ampicilline, à l'amoxicilline, à la ticarcilline et à la pipéracilline, avec un même taux qui est de l'ordre de 4.47%. Elle exprime une sensibilité réduite au cefuroxime, une C2G, s'il est administré par voie orale, à l'association amoxicilline/acide clavulanique et au mécillinam avec des taux respectifs de 8.95%, de 2.98% et de 1.49%.

Aucune résistance aux céphalosporines n'a été notée.

Concernant la famille des aminosides, *Salmonella* spp. est résistante à la streptomycine avec un taux estimé à 16.41% et exprime à son égard une sensibilité réduite de l'ordre de 41.79%.

Dans la famille des quinolones, *Salmonella* spp. est résistante à l'acide nalidixique avec un taux équivalent à **16.41%** et exprime à son encontre une sensibilité réduite avec un taux évalué à 2.98%. Elle est résistante avec un taux de **4.47%** à la pefloxacin, une fluoroquinolone de 2^{ème} génération, et lui exprime une sensibilité réduite de l'ordre de 5.97%.

Les taux de résistance les plus élevés sont enregistrés au sein de la famille des sulfamides avec notamment un taux qui atteint les **88.06%** et avec un taux de sensibilité réduite de l'ordre de 1.49%. Avec un même taux évalué à 4.47%, *Salmonella* spp. est résistante au triméthoprime et à l'association triméthoprime/sulfaméthoxazole.

Enfin, *Salmonella* spp. résiste et montre une sensibilité réduite vis-à-vis de la tétracycline avec des taux respectifs de 11.94% et de 34.32%. Avec des taux de l'ordre de 4.47% et de 2.98%, elle est respectivement résistante au chloramphénicol et aux furanes.

Le phénotype sauvage des souches de *Salmonella* spp. est caractérisé par une sensibilité à la totalité des antibiotiques actifs sur les *Enterobacteriaceae* ; mais comme nous l'avons évoqué dans la partie bibliographique, il est de plus en plus fréquent de retrouver des souches ayant acquis des caractères de résistance à une ou plusieurs familles d'antibiotiques, s'exprimant majoritairement par une inactivation enzymatique.

Les taux de résistance élevés aux sulfamides, à la streptomycine, à l'acide nalidixique et à la tétracycline reflèteraient probablement une utilisation excessive et anarchique de ces produits dans nos élevages, le plus souvent sans prescription et en absence d'une supervision vétérinaire.

Les fluoroquinolones ainsi que les C3G constituent les antibiotiques de choix pour le traitement des salmonelloses chez l'homme ; or, au cours de la présente étude, une résistance et une sensibilité réduite à la pefloxacin ont été enregistrées avec des prévalences respectives de 4.47% et de 5.97%, alors qu'aucune résistance ou une sensibilité réduite aux C3G n'a été notée. Ceci pourrait conduire à un échec des traitements thérapeutiques aux fluoroquinolones qui sont particulièrement utilisés dans le cas de portage chronique (65).

Nous avons obtenu un taux de résistance au triméthoprime / sulfaméthoxazole de l'ordre de 4.47%. En Algérie, cette association (Bactrim®) demeure le traitement habituel des diarrhées notamment chez les nourrissons et les enfants.

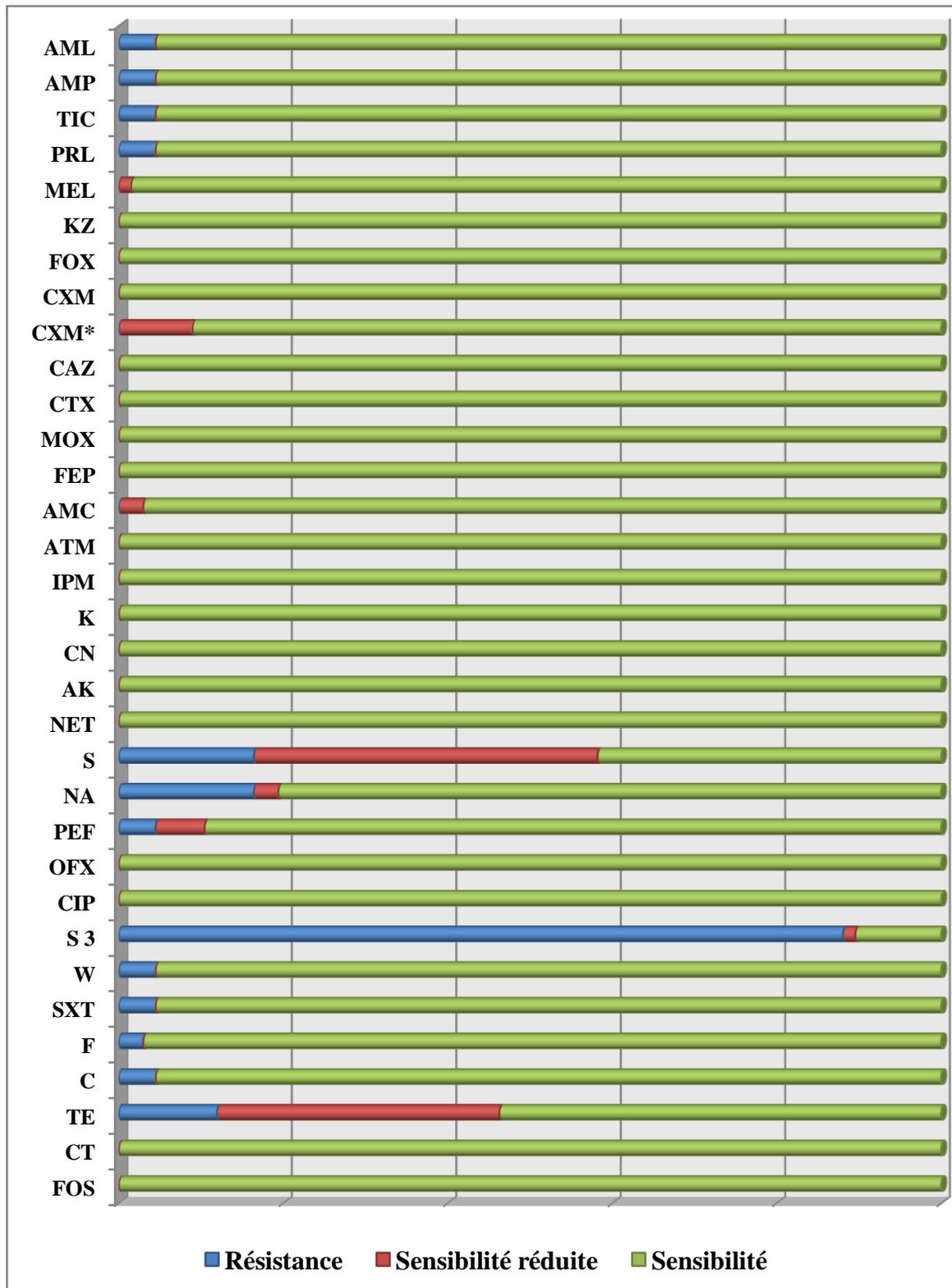


Figure 32 : Résultats de l'étude de la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques en fonction de la catégorie clinique.

Nos résultats ne diffèrent pas de ceux évoqués par certains auteurs internationaux quant aux familles d'antibiotiques vis-à-vis desquelles *Salmonella* montre une résistance ; quant aux niveaux de résistance, des variations suivant les pays sont la conséquence de pratiques différentes dans la prescription antibiotique chez les animaux destinés à la consommation humaine (178).

Avec un taux de résistance de 43%, Cruchaga et *al.* (2001) placent l'ampicilline et la tétracycline au 1^{er} rang. Aucune résistance aux céphalosporines et aux fluoroquinolones n'a été notée.

L'étude de Hao Van et *al.* (2007) affiche des taux de résistance de l'ordre de 40.7% et de 22.0% respectivement à l'ampicilline/amoxicilline et à l'acide nalidixique.

En Allemagne, Miko et *al.* (2005) ont enregistré les taux de résistance aux antibiotiques les plus élevés: streptomycine (94%), sulfaméthoxazole (92%), tétracycline (81%), ampicilline (73%), chloramphénicol (48%) et triméthoprime (27%), acide nalidixique (15%).

II.3.3. Étude de la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques en fonction du sérovar et détermination leurs phénotypes de résistance

Les résultats obtenus suite à l'étude de la sensibilité aux antibiotiques de chaque souche de *Salmonella* spp. isolée et sérotypée sont résumés dans le **tableau 32**.

Sont reportés uniquement les antibiotiques pour lesquels nos souches ont acquis soit une résistance, soit une sensibilité réduite ; ils sont au nombre de 16.

Tableau 32 : Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques de chacune des souches de *Salmonella* spp.

Souche / Antibiotique	AML	AMP	TIC	PRL	MEL	CXM*	AMC	S	NA	PEF	S3	W	SXT	F	C	TE
<i>S.Agona</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S
<i>S.Albany</i> : 2 souches	S	S	S	S	S	S	S	R	R	I	R	S	S	S	S	I
	S	S	S	S	S	S	S	R	R	I	R	S	S	S	S	S
<i>S.Altona</i> : 5 souches	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S	S
<i>S.Anatum</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	2 souches	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	I	S	S	S	R	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	I	I	S	R	S	R	R	R	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	S	S	R	S	S
<i>S.Corvallis</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	2 souches	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	I	S	S	S	R	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	I	S	S	S	R	S	S	S	S	I
<i>S.Enteritidis</i> : 4 souches	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	S	S
<i>S.Hadar</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	R	R	I	S	S	S	S	S	R
<i>S.Heidelberg</i> : 2 souches	S	S	S	S	S	S	S	I	R	R	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	S	R	I	R	S	S	S	S	R
<i>S.Indiana</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S
	2 souches	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	R	R	S	S	R
<i>S.Infantis</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>S.Kedougou</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S
<i>S.Kentucky</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	R	S	S	S	S	I
<i>S.Lexington</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I
<i>S.Liverpool</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S
<i>S.Mbandaka</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I
	2 souches	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S
	2 souches	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	R
<i>S.Montevideo</i> : 3 souches	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S
	1 souche	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	I
<i>S.Muenster</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S
	2 souches	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	I
<i>S.Newport</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	R	R	R	S	S	S	S	S
<i>S.Ohio</i> : 2 souches	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I
	1 souche	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	S	S
<i>S.Panama</i> : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	I	S	S	S	S	S	S	I

Tableau 32: Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques de chacune des souches de *Salmonella* spp. (suite et fin).

Souche / Antibiotique	AML	AMP	TIC	PRL	MEL	CXM*	AMC	S	NA	PEF	S3	W	SXT	F	C	TE
<i>S.</i> Typhimurium : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	R	S	S	S	S	I
1 souche	S	S	S	S	S	I	S	R	S	S	R	S	S	S	S	I
1 souche	R	R	R	R	S	S	S	R	S	S	R	S	S	S	R	R
1 souche	R	R	R	R	S	S	I	R	S	S	R	S	S	S	R	R
1 souche	R	R	R	R	S	S	I	I	R	S	R	S	S	S	R	R
<i>S.</i> Virchow : 1 souche	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S

S : sensible.

I : intermédiaire.

R : résistante.

La résistance aux antibiotiques varie selon le sérovar. Au cours de notre étude, Infantis et Panama isolées à partir de viandes de dinde sont les seuls sérovares qui n'expriment aucune résistance vis-à-vis des antibiotiques testés ; néanmoins, une sensibilité réduite semble être acquise par Infantis à la streptomycine, et par Panama à la fois, à la streptomycine et à l'acide nalidixique.

Nous procéderons d'abord par l'étude de la sensibilité des souches résistantes à un seul antibiotique, nous évoquerons ensuite les souches ayant acquis une résistance à deux antibiotiques et plus, dites également souches multirésistantes.

Notre étude se limitera aux souches les plus souvent mises en cause dans les cas de toxi-infections alimentaires, aux souches de *S.*Anatum, sérovar prédominant dans la présente étude, et enfin à celles présentant un des phénotypes de résistance "d'alerte" définis par l'AFSSA et l'Institut Pasteur d'Algérie, dans le cadre de la surveillance de l'antibiorésistance :

- ✓ Résistance aux **C3G**.
- ✓ Diminution de la sensibilité ou résistance aux **fluoroquinolones**.
- ✓ Pentarésistance de type «**ASCTSu**»

II.3.3.1. Souches résistantes à un seul antibiotique

Les taux de résistance à un seul antibiotique des souches de *Salmonella* spp. ayant éventuellement acquis des sensibilités réduites ainsi que leurs phénotypes de résistance, sont respectivement reportés dans les **tableaux 33** et **34**.

Tableau 33: Taux de résistance et de sensibilité réduite des souches de *Salmonella* spp. résistantes à un seul antibiotique.

Sérovar	Nombre de souches résistantes et antibiotique incriminé	Taux de résistance	Nombre de souches à sensibilité réduite et antibiotiques incriminés	Taux de sensibilité réduite
Agona	1 / S3	100%	1 / S	100%
Corvallis	4 / S3	80%	2 / CXM*	40%
			1 / TE	20%
Enteritidis	4 / S3	80%	1 / NA	20%
	1 / F	20%		
Kedougou	1 / S3	100%	1 / S	100%
Lexington	1 / S3	100%	1 / TE	100%
Liverpool	1 / S3	100%	1 / S	100%
Montevideo	4 / S3	100%	4 / S	100%
			1 / TE	25%
Muenster	2 / S3	66.67%	2 / S	66.67%
			2 / TE	66.67%
			1 / S3	33.33%
Virchow	1 / S3	100%	-	0%

Tableau 34: Phénotypes de résistance des souches de *Salmonella* spp. résistantes à un seul antibiotique.

Sérovar	Nombre maximal de résistance	Profils d'antibiorésistance
Agona (n=1)	1	S ₃
Corvallis (n=5)	1	S ₃
Enteritidis (n=5)	1	S ₃ / F
Kedougou (n=1)	1	S ₃
Lexington (n=1)	1	S ₃
Liverpool (n=1)	1	S ₃
Montevideo (n=4)	1	S ₃
Muenster (n=3)	1	S ₃
Virchow (n=1)	1	S ₃

n : nombre de souches isolées.

. *Salmonella* Enteritidis (Tableau 33 et figure 33)

Ce sérovar est impliqué dans 73 % des cas de toxi-infections alimentaires liées à la consommation de produits contaminés de l'aviculture (14 ; 21 ; 70 ; 94 ; 172 ; 181).

Nous avons isolé 5 souches de *S. Enteritidis*, toutes à partir de prélèvements de volailles (viandes et abats) ; elles restent globalement sensibles aux antibiotiques mais présentent tout de même, un taux de résistance de 80% aux sulfamides et de 20% aux furanes, avec un taux de sensibilité réduite à l'acide nalidixique de l'ordre de 20%. Considéré comme étant le seul sérovar associé à une catégorie d'aliments bien définie, sa résistance à ces trois antibiotiques supposerait leur large utilisation dans nos élevages avicoles.

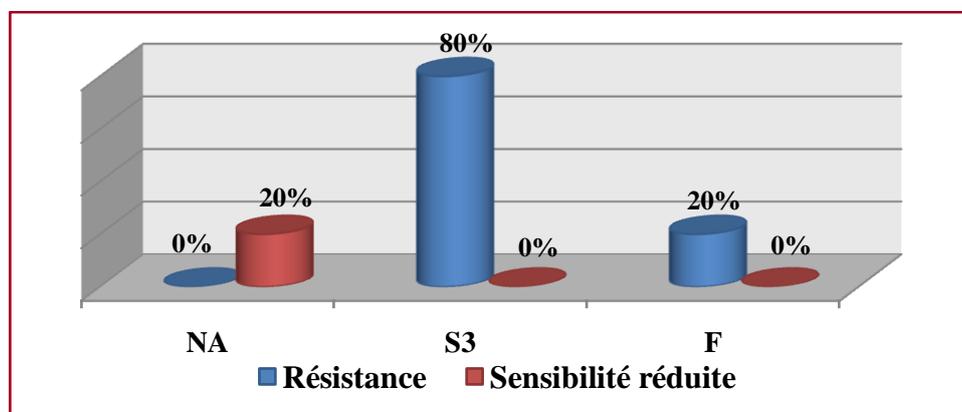


Figure 33: Taux de résistance et de sensibilité réduite de *S. Enteritidis*.

Nos résultats diffèrent de ceux observés dans la littérature ; ceci serait dû à la pression de sélection antibiotique liée à la mise sur le marché de nombreux antibiotiques qui varient en fonction des pays.

L'étude réalisée par Cruchaga et *al.* (2001) révèle un taux de résistance de 61.5% à l'acide nalidixique pour les souches de *S. Enteritidis* isolées à partir de viandes de volaille ; ce taux élevé est la conséquence de la mise sur le marché espagnol de plusieurs quinolones.

Dans l'inventaire de Brisabois et *al.* (2006), les souches de *S. Enteritidis* isolées à partir des produits de volaille montrent un taux de résistance de 21.4% à l'acide nalidixique, 14.3% à la tétracycline et 7% à l'ampicilline.

Le taux de résistance de *S. Enteritidis* aux sulfamides proche de nos résultats et évalué à 66.67%, a été rapporté par Oliveira et *al.* (2006).

II.3.3.2. Souches multirésistantes

Les **tableaux 35** et **36** représentent les taux de résistance et de sensibilité réduite aux antibiotiques des souches de *Salmonella* spp. multirésistantes, ainsi que leurs phénotypes de résistance.

Tableau 35 : Taux de résistance et de sensibilité réduite des souches de *Salmonella* spp. multirésistantes.

Sérovar	Nombre de souches résistantes et antibiotiques incriminés	Taux de résistance	Nombre de souches à sensibilité réduite et antibiotiques incriminés	Taux de sensibilité réduite
Altona	8 / S3	100%	2 / S	25%
	1 / NA	12.50%	1 / TE	12.50%
Kentucky	1 / S3	100%	1 / TE	100%
	1 / S	100%		
Mbandaka	7 / S3	100%	5 / S	71.43%
	1 / NA	14.28%		
	1 / TE	14.28%	3 / TE	42.85%
Ohio	3 / S3	100%	2 / TE	66.67%
	1 / NA	33.33%		
Albany	2 / S	100%	2 / PEF	100%
	2 / NA	100%		
	2 / S3	100%	1 / TE	50%
Hadar	1 / S	100%	1 / PEF	100%
	1 / NA	100%		
	1 / TE	100%		
Heidelberg	3 / NA	100%	2 / S 1 / PEF 1 / TE	66.67% 33.33% 33.33%
	2 / PEF	66.67%		
	3 / S3	100%		
	1 / TE	33.33%		
Newport	1 / NA	100%	1 / S	100%
	1 / PEF	100%		
	1 / S3	100%		
Indiana	2 / S3	66.67%	3 / S	100%
	2 / W	66.67%		
	2 / SXT	66.67%		
	2 / TE	66.67%		
Anatum	3 / S	33.33%	1 / MEL	11.11%
	7 / S3	77.78%	2 / CXM*	22.22%
	1 / W	11.11%	3 / S	33.33%
	1 / SXT	11.11%	1 / NA	11.11%
	1 / F	11.11%	3 / TE	33.33%

Tableau 36 : Phénotypes de résistance des souches de *Salmonella* spp. multirésistantes.

Sérovar	Nombre maximal de résistance	Profils d'antibiorésistance
Altona (n=8)	2	NalS ₃ / S ₃
Kentucky (n=1)	2	SS ₃
Mbandaka (n=7)	2	NalS ₃ / S ₃
Ohio (n=3)	2	SS ₃
Albany (n=2)	3	SNalS ₃
Hadar (n=1)	3	SNalTe
Heidelberg (n=3)	3	NalPefS ₃ / NalS ₃ Te
Newport (n=1)	3	NalPefS ₃
Indiana (n=3)	4	S ₃ WSxtTe
Anatum (n=9)	4	SS ₃ WSxt / SS ₃ F / SS ₃ / S ₃

n : nombres de souches isolées.

En raison de l'acquisition d'un profil de résistance "d'alarme" et son implication quasi-majoritaire dans les TIAC, *S.Typhimurium* fera l'objet d'une étude à part.

. *Salmonella* Hadar (Tableaux 35 et 36)

Ce sérovar est parfois lié aux TIAC (14). Une seule souche de *S.Hadar* a été isolée à partir d'un prélèvement de merguez à base de viande de dinde. Son profil de résistance n'est pas significatif. Signalons toutefois, une résistance à l'acide nalidixique, à la streptomycine et à la tétracycline mais surtout une acquisition d'une sensibilité réduite vis-à-vis de la pefloxacine.

Ces résultats supposent également l'utilisation répandue de ces trois antibiotiques au sein de nos élevages avicoles, comme c'est le cas en Espagne ; Cruchaga et *al.* (2001) ont rapporté les taux de résistance suivants : 91% à l'acide nalidixique, 82% à la streptomycine et à la tétracycline.

. *Salmonella* Heidelberg (Tableaux 35 et 36, figure 34)

Les 5 souches de *S.Heidelberg* ont été exclusivement isolées à partir de viandes de volaille. Ce sérovar est résistant à l'acide nalidixique, à la pefloxacine, aux sulfamides et à la tétracycline avec des taux respectifs de 100%, **66.67%**, 100% et 33.33%.

Fréquemment incriminé dans les TIA, ce sérovar aurait acquis des gènes de résistances aux antibiotiques les plus fréquemment utilisés en aviculture.

L'échec éventuel du traitement thérapeutique aux fluoroquinolones pourrait s'expliquer par le taux de résistance élevé à la pefloxacine.

Zhao et *al.* (2008) ont consacré leur étude à ce sérovar ; les souches isolées montrent un taux de résistance de 39.9% à la tétracycline, 37.8% à la streptomycine, 27.7% aux sulfamides, 25.7% à la gentamycine, 21.5% à la kanamycine, 19.8% à l'ampicilline, 10.4% à l'augmentin, 9.0% au ceftiofur, 1% au chloramphénicol et l'acide nalidixique. Toutes les souches sont sensibles au ceftriaxone (C3G) et à la ciprofloxacine.

Toutes les souches résistantes au ceftiofur (C3G) possèdent le gène plasmidique *bla*CMY-2, selon la même étude.

À noter que l'utilisation de cet antibiotique au sein de nos élevages, a été interdite.

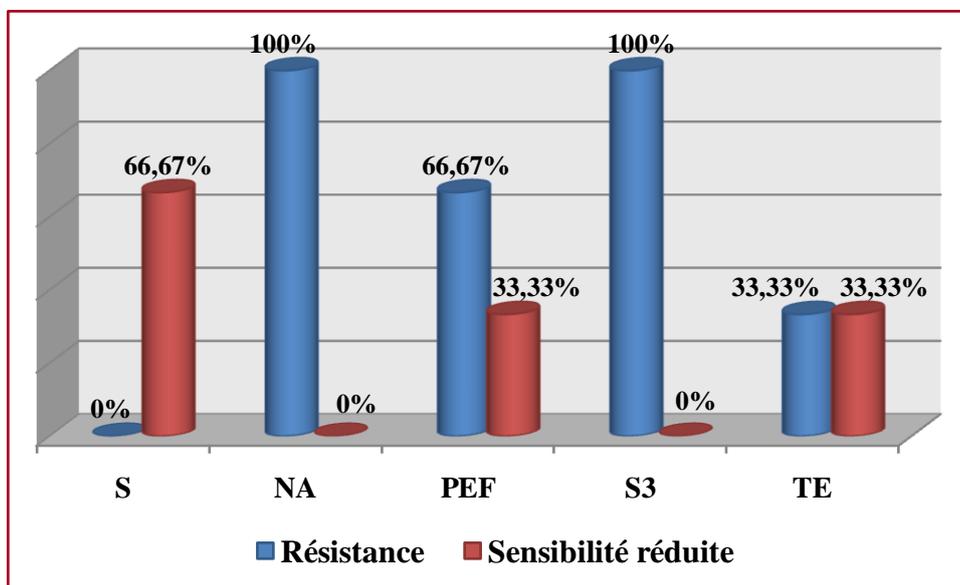


Figure 34 : Taux de résistance et de sensibilité réduite de *S. Heidelberg*.

. *Salmonella* Newport (Tableaux 35 et 36)

Une seule souche de *S. Newport* a été isolée à partir d'un échantillon de merguez préparée à base de viandes rouges. Aussi, le profil de résistance ne peut être significatif ; cette souche présente toutefois, une résistance vis-à-vis des sulfamides, de l'acide nalidixique mais surtout de la pefloxacine. Rappelons que la résistance aux fluoroquinolones est acquise par mutation chromosomique (43).

Les souches de *S.Newport* isolées par Oliveira et *al.* (2006) sont à 100% résistantes à l'ampicilline et à la tétracycline. Elles sont sensibles à tous les autres antibiotiques testés. D'après Little et *al.* (2008), toutes les souches de *S.Newport* isolées sont sensibles aux antibiotiques testés.

Selon Weill et *al.* (2003), les 14 souches de *S.Newport* isolées à partir de viande chevaline importée, sous forme de viande hachée ou de steak, présentaient une résistance aux β -lactamines de type céphalosporinase haut niveau, à la streptomycine, aux sulfamides, à la tétracycline et au chloramphénicol. Selon Egorova et *al.* (2008), *S.Newport* produit l'enzyme CMY-2, une céphalosporinase à déterminisme plasmidique qui lui permet d'inhiber l'action des C3G.

. *Salmonella* Anatum (Tableaux 35 et 36, figure 35)

Sérovar prédominant au cours de notre étude, il a été exclusivement isolé à partir des viandes rouges et montre une résistance aux sulfamides avec un taux de l'ordre de 77.78%, à la streptomycine et à la tétracycline avec un même taux de 33.33%, au triméthopime, au bactrim et aux furanes avec une prévalence de résistance de 11.11%.

Une sensibilité réduite au mécillinam, au cefuroxime*(C2G), et à l'acide nalidixique a été acquise.

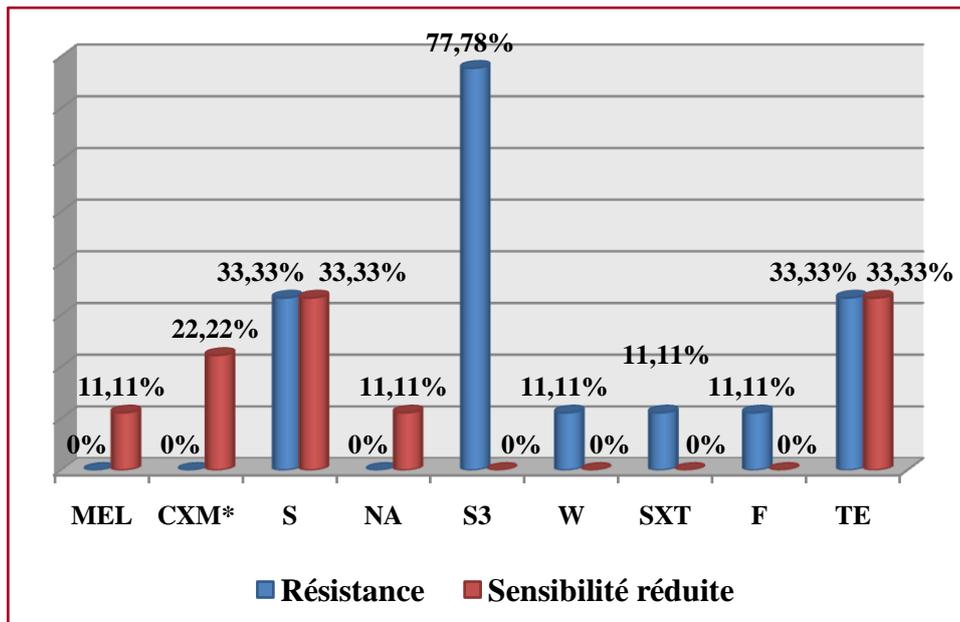


Figure 35 : Taux de résistance et de sensibilité réduite de *S.Anatum*.

Cette multirésistance supposerait l'utilisation fréquente et anarchique d'une large gamme d'antibiotiques dans nos élevages bovins beaucoup plus pour un rendement rapide et meilleur que dans un but thérapeutique.

Elle est limitée à quatre antibiotiques dans l'étude réalisée en Thaïlande ; Angkititrakul et al. (2005) ont démontré que les 10 souches de *S.Anatum* isolées, présentaient un taux de résistance de 100% vis-à-vis de la streptomycine, des sulfamides et de la tétracycline ; le taux de résistance au chloramphénicol est de 66.7%.

. *Salmonella* Typhimurium

- **Profils d'antibiorésistance**

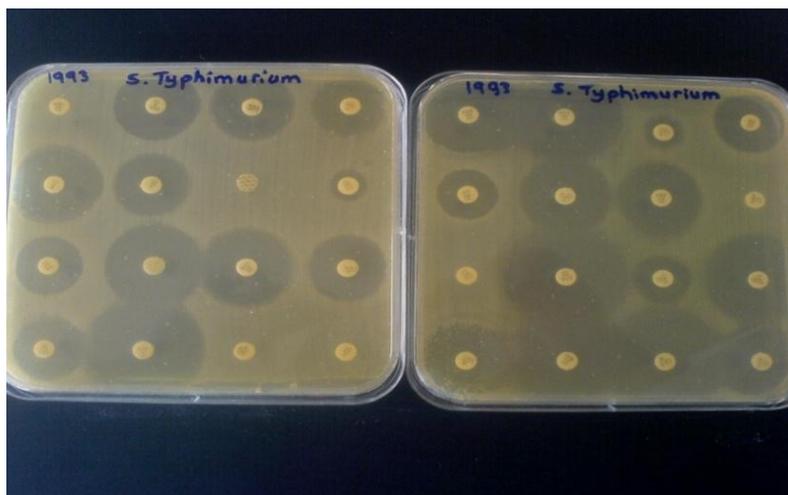
Nous avons isolé cinq souches de *S.Typhimurium*. Quatre souches sont isolées à partir de prélèvements de merguez à base de viande rouge, dont deux présentent une multirésistance à 8 antibiotiques. La 5^{ème} souche isolée à partir d'un prélèvement d'escalopes de dinde, a acquis une multirésistance vis-à-vis de 9 antibiotiques.

Sur les 5 souches de *S.Typhimurium* isolées, 3 présentent un phénotype qui inclut celui d'une pentarésistance de type «**ASCTSu**».

Ce sérovar montre 4 profils d'antibiorésistance distincts (**Tableau 37**) dont l'un d'eux est représenté par la **photographie 10**.

Tableau 37 : Profils de résistance aux antibiotiques du sérovar Typhimurium.

Sérovar	Origine	N° du prélèvement	Nombre de résistance	Profils d'antibiorésistance
Typhimurium (n = 5)	Merguez	271	1	S ₃
	Merguez	121	2	SS ₃
	Merguez	041/070	8 (2souches)	AATPSS ₃ CTe
	Escalopes de dinde	421	9	AATPSNaIS ₃ CTe



Photographie 11 : Profil d'antibiorésistance de l'une des cinq souches de *S.Typhimurium* (AATPSS₃CTe) : Ampicilline, Amoxicilline, Ticarcilline, Pipéracilline, Streptomycine, Sulfamides, Chloramphénicol et Tétracycline (Photo personnelle).

- **Taux d'antibiorésistance**

Au cours de notre étude, *S.Typhimurium* a présenté un taux de résistance de l'ordre de 100% aux sulfamides, de 60% à l'ampicilline, à l'amoxicilline, à la ticarcilline, à la pipéracilline, à la streptomycine, au chloramphénicol et à la tétracycline, et de 20% à l'acide nalidixique. Une sensibilité réduite a été enregistrée pour le cefuroxime* et à l'association amoxicilline/acide clavulanique (Augmentin®).

Aucune résistance additionnelle n'a été notée concernant le reste des antibiotiques testés et notamment vis-à-vis des fluoroquinolones et des C3G (**Tableau 38** en **annexe N°3** et **figure 36**).

La multirésistance serait la résultante de l'expression des gènes chromosomaux réunis au sein du SGI1 qui confère à ce sérovar une plus grande virulence et une dissémination rapide (130) facilitée par la globalisation des échanges commerciaux (178).

Le risque majeur réside dans l'éventuel transfert des déterminants génétiques de l'antibiorésistance de *S.Typhimurium* vers d'autres sérovares ubiquistes et vers un autre sérovar particulièrement pathogène pour l'homme : Typhi (81).

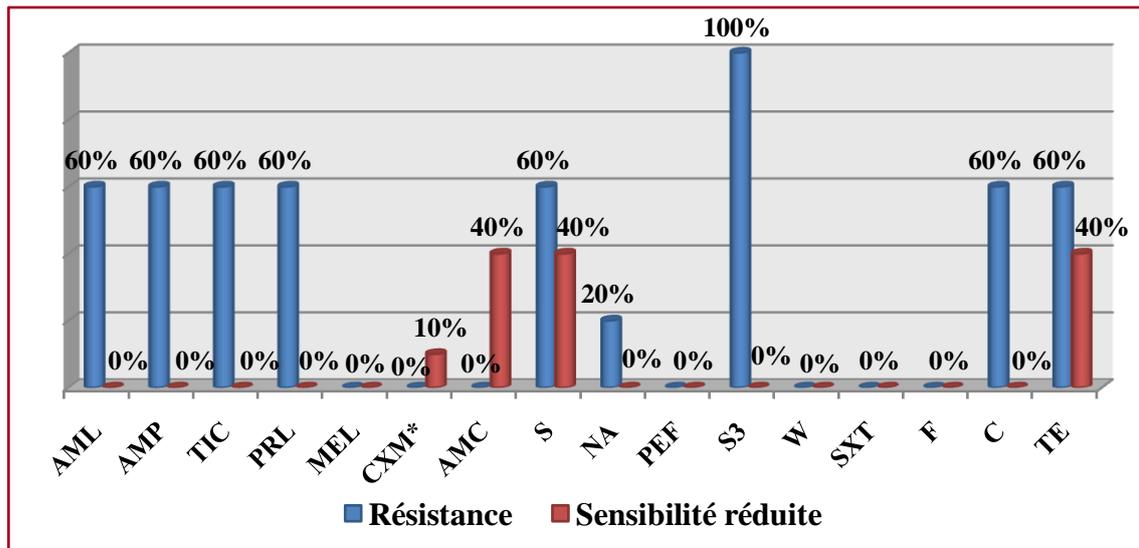


Figure 36 : Résultats de l'étude de la sensibilité de *S. Typhimurium* aux principaux antibiotiques testés.

Nos résultats concernant ce sérovar sont similaires à ceux rapportés par toutes les études consultées initiées par des auteurs et des organismes internationaux.

D'après Brisabois et *al.* (2006), les souches de *S. Typhimurium* isolées à partir des produits de volaille montrent une résistance à 9 antibiotiques : 36.4% à l'ampicilline, 65.5% à la streptomycine, 18.2% au chloramphénicol, 29.1% aux sulfamides, 69.1% à la tétracycline, 27.3% à l'acide nalidixique, 1.8% à l'enrofloxacin (une fluoroquinolone), 1.8% à l'augmentin et 7.3% au bactrim.

Cruchaga et *al.* (2001) ont communiqué les résultats suivants de l'étude de la sensibilité de *S. Typhimurium* aux antibiotiques : 70% à l'ampicilline, 83% à la streptomycine, 58% au chloramphénicol, 87% aux sulfamides, 84% à la tétracycline, 13% à la gentamycine, 9% à céfalotine (C1G), 3% à l'acide nalidixique et à la kanamycine.

II.3.4. Étude de l'antibiorésistance en fonction de la denrée alimentaire

Seuls les antibiotiques à l'encontre desquels *Salmonella* spp. a exprimé une résistance sont reportés sur le **tableau 39**; le taux de résistance est calculé par rapport au nombre de souches isolées à partir de chaque catégorie d'aliments.

La **figure 37** représente les taux de résistance de *Salmonella* aux antibiotiques en fonction de la catégorie alimentaire.

Cependant, nous mettrons l'accent sur les deux catégories de viandes en raison de l'importance du nombre de souches isolées mais aussi de la rareté de données concernant les autres catégories.

Tableau 39 : Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques de *Salmonella* spp. en fonction de la catégorie alimentaire.

Antibiotiques testés	Taux de résistance aux antibiotiques dans:				
	R (n=37)	B (n= 21)	P (n=1)	L (n=2)	D (n=6)
AML	5,40%	4,76%	0%	0%	0%
AMP	5,40%	4,76%	0%	0%	0%
TIC	5,40%	4,76%	0%	0%	0%
PRL	5,40%	4,76%	0%	0%	0%
S	21,62%	9,52%	0%	50%	0%
NA	8,11%	33,33%	0%	0%	16,67%
PEF	2,70%	9,52%	0%	0%	0%
S3	86,48%	85,71%	100%	100%	100%
W	2,70%	4,76%	0%	0%	16,67%
SXT	2,70%	4,76%	0%	0%	16,67%
F	2,70%	4,76%	0%	0%	0%
C	5,40%	4,76%	0%	0%	0%
TE	5,40%	19,05%	0%	0%	16,67%
Taux de résistance à 1 antibiotique	59,46%	57,14%	100%	50%	66,67%
Taux de multirésistance	40,54%	42,86%	0%	50%	33,33%

R : Viandes rouges et produits carnés crus.

B : Viandes blanches et produits dérivés crus.

P : Produits de la pêche crus.

L : Lait et produits laitiers.

D : Produits divers.

n : nombre de souches de *Salmonella* spp.

Nos résultats montrent une similarité entre les taux de résistance à un seul antibiotiques dans les viandes rouges et dans les viandes de volaille (**59,46%** et **57,14%**) ; la même constatation est faite concernant les taux de multirésistance enregistrés dans les deux catégories d'aliments (**40,54%** et **42,86%**) (**Tableau 39** et **figure 37**).

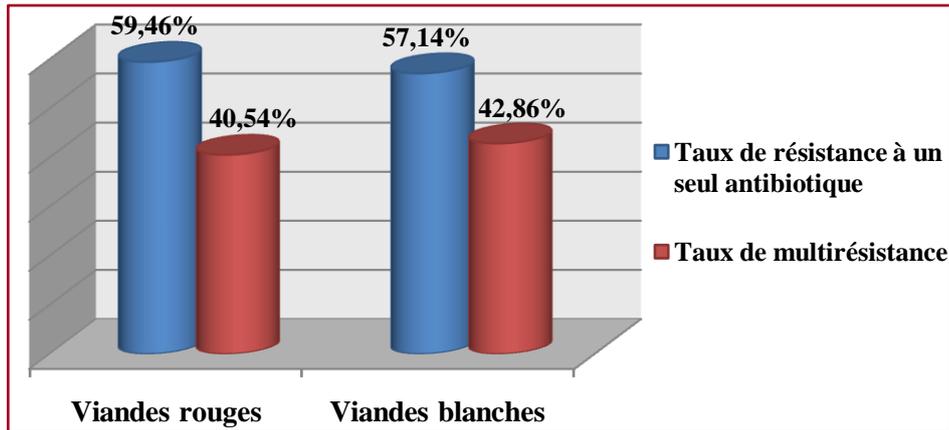


Figure 37: Prévalences de résistance à un seul antibiotique et de multirésistance dans les catégories de viandes.

Salmonella présente un même taux de résistance à l’ampicilline et à l’amoxicilline de l’ordre de 5,40% et de 4,76% respectivement pour les viandes rouges et blanches ; à la streptomycine de 21,62% et de 9,52% ; au chloramphénicol de 5,40% et de 4,76% ; aux sulfamides de 86,48% et de 85,71% ; à la tétracycline de 5,40% et de 19,05% ; à l’acide nalidixique de 8,11% et de 33,33% ; mais aussi au triméthoprim, au bactrim et aux furanes. Aucune résistance n’a été notée concernant les céphalosporines mais le phénomène alarmant est la résistance de *Salmonella* à la pefloxacine de l’ordre de 2,70% dans les viandes rouges et de l’ordre de 9,52% dans les viandes de volailles (**Tableau 39** et **figure 38**).

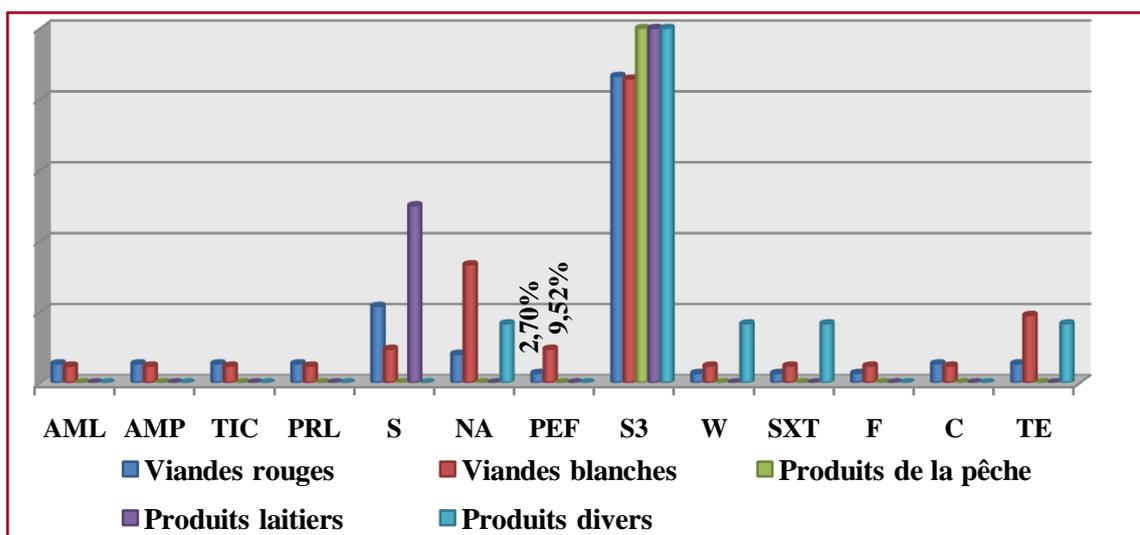


Figure 38: Taux de résistance de *Salmonella* spp. aux principaux antibiotiques testés en fonction de la catégorie alimentaire.

Nos prélèvements de viandes sont la source de *Salmonella* à phénotypes "d'alerte" qui se caractérisent par des taux de résistance élevés ; ceci révélerait l'usage abusif et non contrôlé d'un panel d'antibiotiques au sein des élevages à viande dans notre pays, qu'il soit dans un but thérapeutique ou non, qui pourrait avoir des répercussions négatives sur les antibiothérapies humaines.

Cette préoccupation universelle a été signalée par plusieurs auteurs (14 ; 19 ; 160).

White et *al.* (2001) ont dépisté et caractérisé des souches de *Salmonella* à partir de 200 échantillons de viandes hachées (rouges et blanches) provenant de trois supermarchés à Washington. Leurs analyses ont montré que 20 % des échantillons étaient contaminés. Mais le plus inquiétant est que 84 % de ces souches ont résisté à au moins un antibiotique, et 16 % au ceftriaxone, une C3G habituellement prescrite pour traiter les enfants victimes de salmonellose.

Concernant la catégorie des viandes rouges, aucune résistance vis-à-vis des céphalosporines ou des fluoroquinolones n'a été rapportée par la littérature consultée ; ce qui reflète l'utilisation modérée de ces deux classes d'antibiotiques dans les élevages bovins dans plusieurs pays.

Little et *al.* (2008) ont enregistré un taux de multirésistance relativement identique au nôtre, il est de l'ordre de 48.10% ; avec des taux de résistance de 43.4% à l'ampicilline, 50.6% à la streptomycine, 33.7% au chloramphénicol, 56.6% aux sulfamides et 67.5% à la tétracycline.

Dans l'inventaire de l'AFSSA, Brisabois et *al.* (2006) enregistrent au sein de la filière de production alimentaire bovine, des taux de résistance de 7.3% à l'ampicilline, 39% à la streptomycine, 7.3% au chloramphénicol, 18.3% aux sulfamides et de 42.7% à la tétracycline.

Dans l'étude de Stevens et *al.* (2006), *Salmonella* isolée à partir de viandes bovine présente le taux de résistance aux nitrofuranes le plus élevé (62.4%) ; les taux de résistance à la streptomycine et aux sulfamides sont respectivement de 21.5% et de 14.7%.

Concernant les viandes de volaille, Al-Bahry et *al.* (2007) ont noté un taux de résistance à un ou plusieurs antibiotiques de l'ordre de 23.7% ; ceci supposerait une utilisation modérée des antibiotiques au sein des élevages avicoles dans le sultanat d'Oman.

Brisabois et *al.* (2006) ont enregistré au sein de la filière de production alimentaire avicole, les taux de résistance de 22.1% à l'ampicilline, 43.5% à la streptomycine, 6.7% au chloramphénicol, 16.4% aux sulfamides et de 55.5% à la tétracycline. De faibles taux de résistance vis-à-vis des C1G, des C3G et des fluoroquinolones ont été notés.

Par ailleurs, Bada-Alamedji et *al.* (2006) ont obtenu un taux de résistance à un ou plusieurs antibiotiques de 78.9% avec un taux de multirésistance équivalent à 46.5%, suite à l'étude de 71 souches de *Salmonella* isolées à partir de carcasses de poulet. Les taux de résistance à l'ampicilline, aux sulfamides, à la tétracycline, au triméthoprime et au bactrim sont respectivement de 34.4%, 41.1%, 46.6%, 42.2% et de 40%.

Concernant la même nature de prélèvements, Berrang et *al.* (2006) ont rapporté les taux de résistance suivants : 22.5% (ampicilline), 21.25% (streptomycine), 3.75% (chloramphénicol), 25% (tétracycline) ainsi que 15% pour la cefoxitine et 18.75% pour la céfalotine (une C2G et une C1G).

Angkititrakul et *al.* (2005) ont étudié la sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* isolées à partir de prélèvements de viande de volaille ; les taux enregistrés pour l'amoxicilline, le chloramphénicol, la gentamycine, le bactrim et la tétracycline sont respectivement de 30%, 26.7%, 6.7%, 20% et 100%.

III. CONCLUSION

La prévalence globale des souches de *Salmonella* spp. isolées à partir de denrées alimentaires d'origine animale est de l'ordre de 13.69%. Les taux de contamination les plus élevés ont été enregistrés dans les catégories des viandes crues et leurs dérivés : 25,69% pour la catégorie des viandes rouges et des produits carnés, 17,97% pour la catégorie des viandes blanches et leurs dérivés. Les produits de la pêche ainsi que les produits laitiers affichent respectivement des prévalences estimées à 3,57% et à 2,77%. Enfin, la catégorie des produits divers se caractérise par un taux de contamination salmonellique évalué à 4,54%.

Au sein des deux catégories de viandes rouges et de viandes de volaille, les prévalences respectives de *Salmonella* spp. les plus élevées, de l'ordre de 50% et de 40% sont, sans grande surprise, attribuées à des produits dérivés hautement manipulés : les échantillons de merguez et de préparations pour "chawarma" à base de viande de dinde que nous avons analysés, semblent refléter la défaillance des pratiques d'hygiène au cours de la préparation de ces deux spécialités très appréciées dans notre pays et constituer un réel problème de santé pour le consommateur.

La contamination des produits de la pêche et des produits laitiers caractérisés par les taux les plus faibles mais qui corroborent avec ceux retrouvés dans la littérature, serait la conséquence d'un mauvais stockage avec en particulier, une rupture de la chaîne du froid.

Quant aux produits divers, le risque potentiel est représenté par les produits de charcuterie ; dépourvus de leurs emballages et vendus à la coupe, ils n'échappent forcément pas à une contamination croisée et à une interruption répétée et prolongée de la chaîne du froid.

Les tests sérologiques opérés sur les 69 souches de *Salmonella* spp. identifiées biochimiquement, nous a permis de les répartir sur 22 sérovars distincts et 2 souches autoagglutinables ; Anatum occupe le haut du classement global avec une prévalence de 13.04%. Typhimurium et Enteritidis ont été isolés avec un taux de 7.25% chacun.

Avec un taux de contamination de 24.32%, Anatum représente également le sérovar dominant isolé à partir des viandes rouges et des produits carnés crus.

Dans la catégorie des viandes blanches et de leurs produits dérivés, le sérovar dominant est Enteritidis affichant une prévalence de 21.74%.

Globalement, les résultats publiés se rallient aux nôtres pour témoigner d'une vaste distribution et diffusion des *Salmonella*. Ubiquistes et prototrophes, elles peuvent aisément traverser la barrière de l'espèce pour atteindre les populations humaines et engendrer des TIA en empruntant particulièrement les maillons de la chaîne alimentaire, profitant des mauvaises conditions d'hygiène qui y règnent.

L'étude de la sensibilité de 67 souches de *Salmonella* spp. vis-à-vis de 32 antibiotiques testés a démontré que seulement 8.95% des souches étaient sensibles, alors que la résistance à au moins un antibiotique et à un seul antibiotique atteignent respectivement les taux de 91.04% et de 59.70%. Le taux de multirésistance est évalué à 31.34%.

Nos résultats reflètent une situation alarmante et inquiétante suite à l'usage permanent, anarchique et incontrôlé d'une large gamme d'antibiotiques au sein de nos élevages à des fins souvent non thérapeutiques, sous prétexte de répondre à une demande en protéines animales en constante augmentation relative à une démographie croissante.

Les fluoroquinolones ainsi que les C3G constituent les antibiotiques de choix pour le traitement des salmonelloses humaines. Nous avons noté une résistance de *S.Heidelberg* et de *S.Newport* à la pefloxacinine ainsi qu'une acquisition d'une sensibilité réduite *S.Albany* et de *S.Hadar* à ce même antibiotique ; ceci pourrait éventuellement expliquer l'échec des traitements aux fluoroquinolones. Par ailleurs, la sensibilité de nos souches à toutes les céphalosporines témoignent d'une utilisation modérée et sensée de ces substances.

Deux souches de *S.Typhimurium* sont résistantes à 8 antibiotiques et une à 9 antibiotiques ; elles présentent un phénotype d'antibiorésistance qui inclue une pentarésistance de type "ASCTSu" ainsi qu'une sensibilité réduite à l'Augmentin®.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que notre pays encourt un réel problème de santé publique. Ils peuvent être affinés par l'élargissement du plan d'échantillonnage mais qui se limitera de préférence à une seule catégorie de denrées alimentaires, par une étude en fonction de la saison, par la comparaison des résistances aux antibiotiques des souches de *Salmonella* spp. issues des animaux, des aliments et celles prélevées de l'homme, par la détermination des gènes, des plasmides et des enzymes de résistance, et enfin par l'utilisation d'autres méthodes d'identification.

Notre étude pourra également être étendue à d'autres wilayas, en particulier celles où les systèmes de surveillance et de contrôle sanitaire sont, à tous les niveaux défectueux voire inexistant.

IV. RECOMMANDATIONS

Les taux de contamination et de résistance aux antibiotiques de *Salmonella* spp. que nous avons obtenus sont relativement élevés. Les réduire passe par l'application des mesures de prévention et de contrôle strictes dans l'espoir de diminuer le nombre de cas de TIA et de préserver la santé humaine.

Nos recommandations concerneront particulièrement les filières viandes.

IV.1. Réduire la prévalence des *Salmonella* dans nos aliments

Garantir des denrées alimentaires sans *Salmonella* nécessite la coordination entre les différents acteurs et professionnels de l'agro-alimentaire ainsi que les pouvoirs publics, dans un cadre réglementaire coercitif. La mission est loin d'être banale du fait des particularités écologiques des *Salmonella* (réservoir étendu à tout le monde animal, survie et diffusion très large dans l'environnement direct des animaux de rente) qui rendent difficile leur élimination. Il est clair qu'à tous les niveaux, l'homme devra prendre conscience qu'il joue le rôle principal.

- **Au niveau des élevages**

Le niveau de contamination de nos produits issus des animaux peut être diminué avant qu'ils n'arrivent à nos assiettes ; il est plus sûr d'agir en amont en adoptant la stratégie mise en place par l'UE fondée non pas sur le traitement du produit mais sur l'éradication salmonellique dans les élevages, en particulier aviaires.

- . Éviter la colonisation des élevages par *Salmonella* repose sur le dépistage à tous les stades de production en effectuant régulièrement des prélèvements de fientes et à partir de l'environnement direct (murs, sols, matériels...) et enfin sur l'abattage des lots contaminés (porteurs sains) ; par contre, l'antibiosupplémentation ne ferait que favoriser la sélection de souches bactériennes antibiorésistantes.
- . Développer l'exclusion compétitive en incorporant des additifs anti-*Salmonella* (prébiotiques et probiotiques).
- . Promouvoir la sélection génétique (résistance aux infections et à l'état de portage) et entretien des lignées pures.
- . Désinfecter les bâtiments d'élevage et le matériel ; les effluents d'élevage favorisent une large dispersion de ce germe dans l'environnement, et notamment à l'occasion de l'épandage sur les terres cultivées.
- . Contrôler l'alimentation pour animaux.

. Bloquer tout accès aux rongeurs et aux insectes.

Concernant la prévention et la lutte contre les salmonelloses aviaires, la législation algérienne définit toutes les mesures à prendre (à l'égard du cheptel avicole, des œufs à couvrir et des poussins éclos dans un couvoir) dans l'arrêté interministériel n°006 du 20/01/2003.

- **Au niveau des unités d'abattage et de transformation**

La contamination des carcasses par les germes pathogènes (*Salmonella*, *E.coli*) au niveau de nos abattoirs a fait l'objet de plusieurs études nationales qui recommandent une application stricte des règles hygiéniques et sanitaires lors des opérations d'abattage ; ces règles se résument à :

- . Séparer les espèces, imposer le repos et la diète hydrique et désinfecter régulièrement les locaux de stabulation.
- . Respecter la marche en avant avec séparation et nettoyage des secteurs souillés et des secteurs sains.
- . Exiger une hygiène corporelle et vestimentaire des manipulateurs, un dépistage régulier et une désinfection du matériel et du lieu d'abattage.
- . Limiter l'accès aux salles d'abattage et lutter contre les rongeurs, insectes et volatiles.
- . Éliminer les effluents d'abattoirs (fumier, contenu gastrique, sang, saisies...).
- . Assurer la continuité de la chaîne du froid lors du stockage et de la distribution.

Les traitements physique et chimique (ionisation, aspersion à l'aide de substances antimicrobiennes...) des viandes sont des procédés d'assainissement vite rejetés par le consommateur qui a pris conscience de l'importance d'une alimentation biologique ; la réglementation exige qu'il en soit mentionné sur l'étiquetage des produits.

Au niveau des unités de transformation agro-alimentaire, instaurer le concept HACCP.

- **Au niveau des points de vente**

- . Maintenir la chaîne du froid à l'étalage et lors du stockage.
- . Observer les bonnes pratiques d'hygiène particulièrement lors de la manipulation des viandes (découpe, désossage, hachage) et de la préparation des merguez.
- . Exiger une hygiène corporelle irréprochable des manipulateurs avec port d'une tenue vestimentaire propre.
- . Prévoir un programme de dépistage dans le but de détecter les porteurs sains.
- . Éviter la contamination croisée en séparant les denrées alimentaires selon leur nature lors de l'étalage et du stockage.

- . Laver les œufs destinés aux préparations à base d'œufs.
- . Assurer un bon nettoyage et une désinfection des locaux de vente (présentoirs, chambres frigorifiques, congélateurs, plans de travail, murs et sols, matériels et ustensiles) et lutter contre les rongeurs, les blattes et les insectes.
- . Se débarrasser des déchets.
- . Respecter les dates limite de consommation avec retrait et destruction des denrées alimentaires avariées.

Au niveau des ménages, le consommateur doit être vigilant au moment de stocker, préparer et cuire ses aliments.

IV.2. Contrecarrer l'apparition de l'antibiorésistance

La résistance aux antibiotiques de *Salmonella* et des autres agents pathogènes constitue une menace réelle pour la sécurité sanitaire humaine. L'émergence de souches multirésistantes serait la résultante d'une utilisation inadaptée et permanente des différentes familles d'antibiotiques chez l'animal, notamment comme promoteurs de croissance. Il est donc urgent de :

- . Restreindre leur utilisation en les substituant par des additifs anti-*Salmonella* (la liste des antibiotiques et des additifs autorisés par le ministère de l'agriculture à être utiliser dans l'alimentation animale comme coccidiostatiques, figure dans la décision N°427 du 24/122006 publiée dans le fascicule de standardisation de l'antibiogramme en médecine vétérinaire à l'échelle nationale, édition 2008).
- . Interdire l'utilisation des fluoroquinolones et des céphalosporines chez les animaux et respecter la liste des antibiotiques établie par l'OMS et réservée à la médecine humaine.
- . Renforcer la surveillance de la sensibilité aux antibiotiques des *Salmonella* non-typhiques collectées chez l'homme, chez l'animal et dans les aliments grâce à des réseaux de laboratoires où la coordination et l'établissement d'une base de données permettrons de suivre l'évolution des tendances au cours du temps (et donc de pouvoir mettre en œuvre des stratégies de prévention) et de détecter des clones bactériens résistants ou des plasmides de résistance émergents et d'en déterminer la source.

ANNEXES

Annexe N°1 : Étude bibliographique

Tableau 4 : Incidence des TIAC en Algérie de 2001 au 1^{er} trimestre 2009 (Source : service de la prévention du ministère de la santé).

Année	Nombre de cas déclarés	Taux de morbidité/ 100 000 habitants
2001	2373	7.73%
2002	3070	9.90%
2003	3184	10.61%
2004	3553	11.10%
2005	3425	10.07%
2006	2112	6.60%
2007	2383	7%
2008	3267	9.33%
2009 (1 ^{er} trimestre)	678	1.74%

Annexe N°2 : Matériels et méthodes

Matériels d'analyses microbiologiques, milieux de culture, additifs et réactifs

Matériels

- Hotte microbiologique.
- Balance électronique.
- Becs Bunsen.
- Trousse d'instruments stériles pour la prise d'essai.
- Sacs stomacher.
- Homogénéisateur péristaltique ou Stomacher.
- Flacons stériles.
- Pipettes Pasteur.
- Éprouvettes.
- Tubes à essai stériles.
- Agitateur à tubes ou Vortex.
- Portoirs.
- Incubateurs réglés à 37°C, 42°C.
- Anse de platine.
- Boîtes de Pétri (différentes dimensions).
- Réfrigérateur.
- Congélateur.
- Papier buvard stérilisé.
- Lames de verre.
- Densimètre.
- Ecouvillons.
- Distributeurs pour disques d'antibiotiques.
- Pied à coulisse.

Milieux de culture, additifs et réactifs

- Eau physiologique.
- Eau distillée stérile.
- Eau peptonée tamponnée.
- Bouillon de Rappaport-Vassiliadis.
- Bouillon au sélénite-cystine.
- Gélose XLD.
- Gélose Hektoen.
- Disques SFB.
- Additif Hektoen.
- Additif désoxycholate de sodium.
- Additif xylose à 2%.

- Gélose inclinée au TSI.
- Gélose nutritive inclinée.
- Bouillon nutritif.
- Milieu Urée-Indole.
- Réactif de Kovacs.
- Réactif TDA.
- Disques ONPG.
- Réactif VPI.
- Réactif VPPII.
- Réactif rouge de méthyle.
- Milieu Møller témoin.
- Milieu Møller LDC.
- Milieu Møller ODC.
- Milieu Møller ADH.
- Huile de vaseline stérile.
- Gélose inclinée de Citrate de Simmons.
- Gélose Mannitol-Mobilité.
- Bouillon de Clark et Lubs.
- Galeries API 20E (BioMérieux)
- Sérums polyvalents et monovalents (Biorad, Difco).
- Gélose SvenGard.
- Gélose Muller-Hinton.
- Disques d'antibiotiques (Oxoid, Biorad).
- Souche de référence ATCC E.Coli 25922.
- Milieu de conservation.

Tableau 6 : Répartition des prélèvements sur les différentes communes de la wilaya d'Alger.

Commune	Nombre de prélèvements	%
Alger centre	96	19.04%
Bab El Oued	15	2.97%
Bab Ezzouar	2	0.40%
Bachdjarrah	17	3.37%
Baraki	3	0.59%
Ben Aknoun	5	0.99%
Béni-Messous	7	1.39%
Bir Mourad Rais	15	2.97%
Bordj El Kiffan	3	0.59%
Bouzaréah	12	2.38%
Dar El Beida	16	3.17%
El Achour	12	2.38%
El Biar	12	2.38%
El -Harrach	27	5.35%
El-Madania	28	5.55%
El-Magharria	11	2.18%
El-Mouradia	8	1.58%
Eucalyptus	5	0.99%
Gué de constantine	12	2.38%
Hussein Dey	75	14.88%
Kouba	19	3.76%
Mohamed Belouizdad	18	3.57%
Oued Koriche	9	1.78%
Rais Hamidou	29	5.75%
Réghaia	3	0.59%
Sidi M'hamed	38	7.53%
(Zéralda)	2	0.39%
Clients	5	0.99%
Total	504	100%

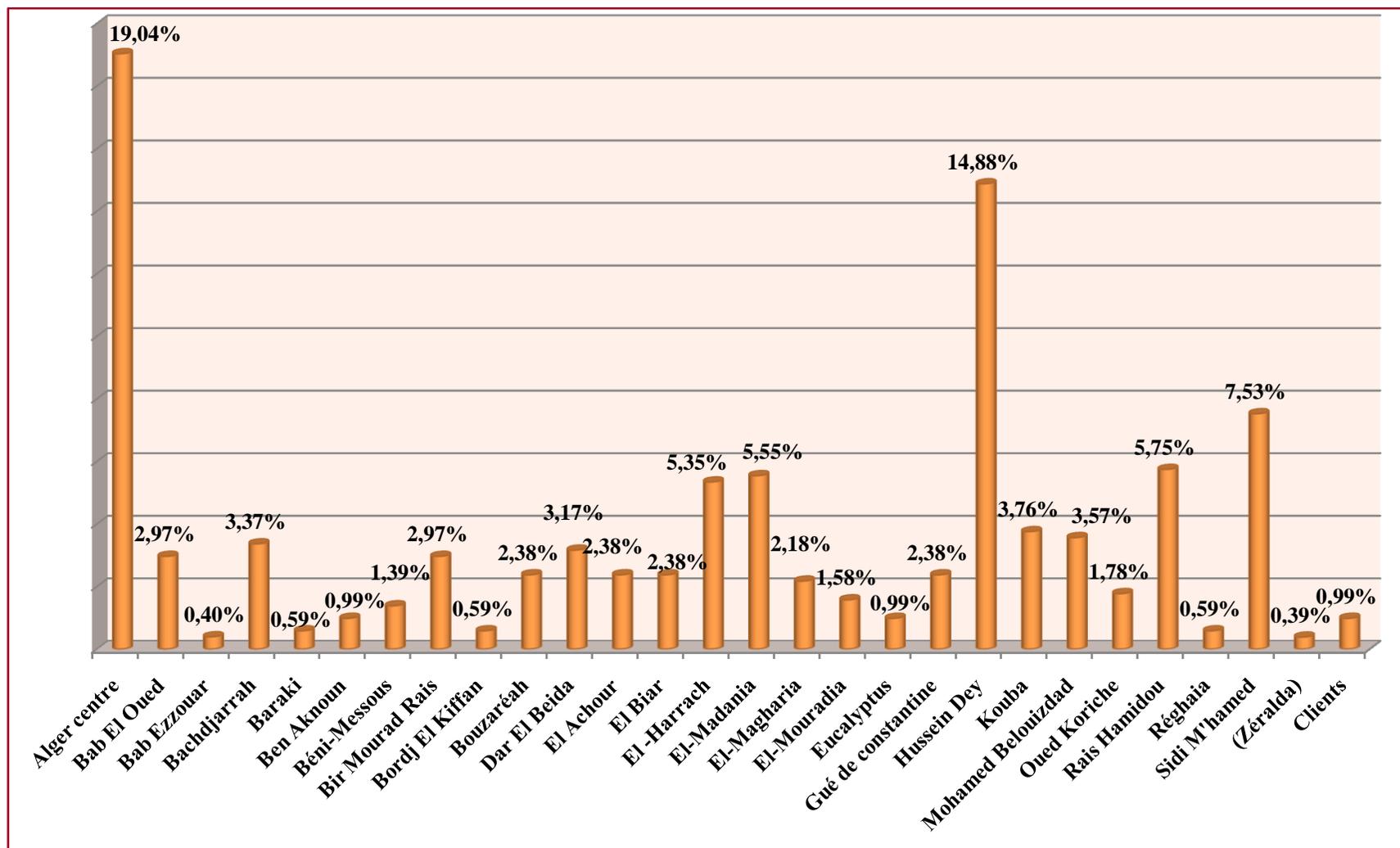


Figure 7: Répartition des prélèvements sur les différentes communes de la wilaya d'Alger.

Tableau 7 : Distribution mensuelle des prélèvements.

Mois	Nombre de prélèvements	%
Juin-07	37	7.34
Juil-07	33	6.54
Aout-07	2	0.39
Sept-07	14	2.77
Nov-07	42	8.33
Déc-07	12	2.38
Janv-08	48	9.52
Févr-08	74	14.68
Mars-08	89	17.65
Avr-08	29	5.75
Mai-08	45	8.92
Juin-08	79	15.67

Tableau 8 : Répartition des prélèvements en fonction de la catégorie alimentaire.

Type de produits	Viandes rouges	Viandes blanches	Produits de la pêche	Produits laitiers	Produits divers	Total
Nombre de prélèvements	144	128	28	72	132	504
Prévalence	28.57%	25.39%	5.55%	14.28%	26.19%	100%

Tableau 9 : Diagnostic biochimique différentiel des *Salmonella* avec quelques genres de la famille des *Enterobacteriaceae* (Principaux caractères) (105 ; 111).

	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S.arizonae</i>	<i>Proteus</i>	<i>Providencia</i>	<i>Edwarsiella</i>	<i>Citrobacter</i>
Gaz en glucose	+	+	+	d	+	+
Lactose	-	+ ou x	-	-	-	+ ou x
H ₂ S	+	+	d	-	+	+
Uréase	-	-	+	-	-	- (+)
TDA	-	-	+	+	-	-
Indole	-	-	+	+	+	-
LDC	+	+	-	-	+	-
β-galactosidase	-	+	-	-	-	+
Citrate de Simmons	+	+	d	+	-	+

H₂S : sulfure d'hydrogène.

TDA : tryptophane désaminase.

LDC : lysine décarboxylase.

+ : positif.

- : négatif.

d : différents types biochimiques.

+ ou x : irrégulièrement et tardivement positif.

- (+) : généralement négatif, exceptionnellement et tardivement positif.

(En rouge : ordre d'élimination).

Tableau 12 : Classification des différents antibiotiques testés.

Famille	Antibiotique
<p>β-lactamines</p> <p>1- <i>Pénicillines</i></p> <p>1-1- Aminopénicillines</p> <p>1-2- Carboxypénicillines</p> <p>1-3- Uréidopénicillines</p> <p>1-4- Amidinopénicillines</p> <p>2- <i>Céphalosporines</i></p> <p>2-1- 1^{ère} génération</p> <p>2-2- 2^{ème} génération</p> <p>2-3- 3^{ème} génération</p> <p>2-4- 4^{ème} génération</p> <p>3- <i>Autres bétalactamines</i></p> <p>3-1- Monobactames</p> <p>3-2- Carbapénèmes</p> <p>4- <i>Avec inhibiteurs de β-lactamases</i></p>	<p>Ampicilline, Amoxicilline.</p> <p>Ticarcilline.</p> <p>Pipéracilline.</p> <p>Mécillinam.</p> <p>Cefazoline.</p> <p>Cefoxitine , Cefuroxime.</p> <p>Ceftazidime, Cefotaxime , Latamoxef.</p> <p>Cefepime.</p> <p>Aztréonam.</p> <p>Imipénème.</p> <p>Amoxicilline/Acide clavulanique.</p>
Aminosides	<p>Kanamycine.</p> <p>Gentamycine.</p> <p>Amikacine.</p> <p>Nétilmicine.</p> <p>Streptomycine.</p>
<p>Quinolones</p> <p>1^{ère} génération</p> <p>Fluoroquinolones</p> <p>2^{ème} génération</p> <p>3^{ème} génération</p>	<p>Acide nalidixique.</p> <p>Pefloxacin, Ofloxacin.</p> <p>Ciprofloxacine.</p>
Sulfamides	<p>Sulfamides.</p> <p>Triméthoprime.</p> <p>Cotrimoxazole (Triméthoprime + sulfaméthoxazole).</p>
Nitrofuranes	Furanes.
Phénicolés	Chloramphénicol.
Cyclines	Tétracycline.
Autres antibiotiques	<p>Colistine.</p> <p>Fosfomycine.</p>

Annexe N°3 : Résultats et discussion

Tableau 14 : Répartition des souches étudiées en sous-espèces de *Salmonella*.

Sous-espèce	Nombre de souches	%
<i>S.arizonae</i>	5	6.76%
<i>S.enterica</i>	69	93.24%

Tableau 15 : Répartition mensuelle des souches de *Salmonella* spp.

Mois	Nombre de souches	%
Juin-07	5	6.76%
Juil-07	6	8.11%
Aout-07	0	0%
Sept-07	0	0%
Nov-07	2	2.70%
Déc-07	1	1.35%
Janv-08	2	2.70%
Févr-08	9	12.16%
Mars-08	21	28.38%
Avr-08	5	6.76%
Mai-08	15	20.27%
Juin-08	8	10.81%
Total	74	100%

Tableau 17 : Taux de contamination par *Salmonella* spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « viandes rouges et produits carnés crus ».

Nature et nombre de prélèvements	Nombre de souches isolées	Taux de contamination (%)
Merguez (62)	31	50%
Farces pour merguez (9)	2	22.22%
Viandes hachées (48)	3	6.25%
Viandes bovines crues (18)	1	5.56%
Viandes ovines crues (2)	0	0%
Abats ovins et bovins (5)	0	0%

Tableau 18 : Taux de contamination par *Salmonella* spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « viandes blanches et produits dérivés crus »

Nature et nombre de prélèvement	Nombre de souches isolées	Taux de contamination (%)
Viandes de dinde (escalopes) (56)	7	14.28%
Viandes de dinde hachées (7)	1	14.28%
"Chawarma" crue de viande de dinde (5)	1	40%
Merguez et farces pour merguez de dinde (17)	1	23.52%
Viandes de poulet (35)	3	17.14%
Abats de volaille (7)	2	28.57%

Tableau 19 : Taux de contamination par *Salmonella* spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « Produits de la pêche crus »

Nature et nombre de prélèvement	Nombre de souches isolées	Taux de contamination (%)
Poissons frais et congelés (22)	1	4,54%
Mollusques et crustacés (6)	0	0

Tableau 20 : Taux de contamination par *Salmonella* spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « Lait et produits laitiers »

Nature et nombre de prélèvement	Nombre de souches isolées	Taux de contamination (%)
Lait de vache cru (1)	0	0%
Crèmes glacées (6)	1	16,66%
Fromages (60)	0	0%
Yaourts (5)	1	20%

Tableau 21 : Taux de contamination par *Salmonella* spp. selon la nature de la denrée au sein de la catégorie « Produits divers ».

Nature et nombre de prélèvement	Nombre de souches isolées	Taux de contamination (%)
Œufs et produits à base d'œufs (90)	2	2.22%
Charcuteries crues et cuites (42)	4	9.52%

Tableau 22 : Distribution globale des sérovars de *Salmonella* spp. dans les denrées alimentaires d'origine animale.

Sérovar	Total	%
Agona	1	1.45
Albany	2	2.90
Altona	8	11.59
Anatum	9	13.04
Corvallis	5	7.25
Enteritidis	5	7.25
Hadar	1	1.45
Heidelberg	3	4.35
Indiana	3	4.35
Infantis	1	1.45
Kedougou	1	1.45
Kentucky	1	1.45
Lexington	1	1.45
Liverpool	1	1.45
Mbandaka	7	10.14
Montevideo	4	5.80
Muenster	3	4.35
Newport	1	1.45
Ohio	3	4.35
Panama	1	1.45
Typhimurium	5	7.25
Virchow	1	1.45
Souches AA (Autoagglutinables)	2	2.90
Total	69	100

Tableau 24 : Répartition des souches de *Salmonella* spp. sur les sérogroupes du schéma de Kauffmann-White.

Nombre de sérovars identifiés/sérogroupe	Sérogroupe	Nombre de souches isolées	%
4	B (O : 4)	12	17.91
2	D1 (O : 9)	6	8.95
3	E1 (O : 3,10)	13	19.40
1	E4 (O :1,3 :19)	1	1.49
5	C1 (O : 6,7)	16	23.88
6	(C2,C3)(O,8)	18	26.86
1	G (O :13)	1	1.49

Tableau 25 : Prévalence de sérovars isolés par prélèvement.

Nombre de sérovars	Nombre de prélèvements	%
Un sérovar	57	90.47%
Deux sérovars	5	7.93%
Trois sérovars	1	1.58%
Total	63	100%

Tableau 29 : Réponse de l'étude globale de la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques.

Catégorie clinique	Résistance	Sensibilité réduite	Sensibilité
Nombre d'antibiotiques	13	7	12
%	40.62%	21.87%	37.50%

Tableau 27 : Résultats de l'identification biochimique et sérologique des souches de *Salmonella* en fonction de la matrice alimentaire et du lieu de prélèvement.

AA : Autoagglutinable.

N° du prélèvement	Souche	Date	Aliment incriminé	Lieu
003	<i>S. Anatum</i>	07-juin-07	Merguez	Béni Messous
004	<i>S. Anatum</i>	07-juin-07	Merguez	Béni Messous
013	<i>S. Montevideo</i>	11-juin-07	Merguez	Alger centre
025	<i>S. Indiana</i>	13-juin-07	Merguez	Alger centre
031	<i>S. Anatum</i>	26-juin-07	Merguez	Béni Messous
040	<i>S. Lexington</i>	08-juil-07	Merguez	Alger centre
041	<i>S. Typhimurium</i>	08-juil-07	Merguez	Alger centre
050	<i>S. Anatum</i>	15-juil-07	Merguez	Hussein Dey
062	<i>S. Kedougou</i>	27-juil-07	Merguez	El-Harrach
070	<i>S. Typhimurium</i>	31-juil-07	Merguez	Alger centre
071	<i>S. Heidelberg</i>	31-juil-07	Escalopes de dinde	Alger centre
108	<i>S. Corvallis</i>	13-nov-07	Merguez	Alger centre
121	<i>S. Typhimurium</i>	21-nov-07	Merguez	Alger centre
133	<i>S. Anatum</i>	09-déc-07	Merguez	Alger centre
159	<i>S. Mbandaka</i>	19-janv-08	Merguez	Magharia
173	<i>S. arizonae</i>	26-janv-08	Merguez	Gué de Constantine
196	<i>S. Mbandaka</i>	03-févr-08	Crème anglaise	Hussein Dey
198	<i>S. arizonae</i>	03-févr-08	Farce pour merguez	Kouba
201	<i>S. arizonae</i>	03-févr-08	Viande de dinde en brochettes	Kouba
204	<i>S. Muenster</i>	04-févr-08	Merguez	Bachdjarrah
216	<i>S. arizonae</i>	07-févr-08	Fromage frais sans sel	Bab-El-Oued
244	<i>S. Enteritidis</i> <i>S. Virchow</i>	19-févr-08	Escalopes de dinde	El-Madania
260	<i>Salmonella</i> spp. AA	27-févr-08	Roulé d'escalope de dinde au fromage	Kouba
263	<i>S. Anatum</i>	27-févr-08	Merguez	Kouba

Tableau 27 : Résultats de l'identification biochimique et sérologique des souches de *Salmonella* en fonction de la matrice alimentaire et du lieu de prélèvement (suite).

N° du prélèvement	Souche	Date	Aliment incriminé	Lieu
266	<i>S.Anatum</i>	03-mars-08	Merguez	Bachdjarrah
267	<i>S.Montevideo</i>	03-mars-08	Merguez	Med Belouizdad
268	<i>S.Montevideo</i>	03-mars-08	Merguez	Med Belouizdad
269	<i>S.Albany</i>	03-mars-08	Merguez	Med Belouizdad
270	<i>S.Montevideo</i> <i>S.Albany</i>	03-mars-08	Merguez	Med Belouizdad
271	<i>S.Typhimurium</i>	03-mars-08	Merguez	Med Belouizdad
275	<i>S.Agona</i>	04-mars-08	Viande bovine en brochettes	El-Madania
278	<i>S.Enteritidis</i>	09-mars-08	Cuisse de poulet	Bouzaréah
285	<i>Salmonella</i> spp. AA	12-mars-08	Viande de dinde hachée	Sidi M'hamed
286	<i>S.arizonae</i>	12-mars-08	Merguez	Bordj El Kiffan
287	<i>S.Mbandaka</i> <i>S.Altona</i>	12-mars-08	Merguez	Bordj El Kiffan
296	<i>S.Altona</i>	16-mars-08	Pâté au fromage vendu à la coupe	Hussein Dey
297	<i>S.Altona</i>	16-mars-08	Corned beef	Hussein Dey
304	<i>S.Muenster</i>	16-mars-08	Merguez	Bouzaréah
308	<i>S.Ohio</i>	17-mars-08	Farce pour merguez de dinde	El-Magharia
310	<i>S.Newport</i>	17-mars-08	Merguez	El-Magharia
319	<i>S.Altona</i>	18-mars-08	Merguez	El-Harrach
320	<i>S.Altona</i>	18-mars-08	Merguez	El-Harrach
340	<i>S.Altona</i>	25-mars-08	Pâté au fromage	Gué de Constantine
364	<i>S.Ohio</i>	08-avr-08	Escalopes de dinde	El-Madania
369	<i>S.Mbandaka</i>	15-avr-08	Œufs	Sidi M'hamed
370	<i>S.Mbandaka</i>	15-avr-08	Yaourt "light" arôme citron	Sidi M'hamed
371	<i>S.Mbandaka</i>	15-avr-08	Merlan congelé	Sidi M'hamed

Tableau 27 : Résultats de l'identification biochimique et sérologique des souches de *Salmonella* en fonction de la matrice alimentaire et du lieu de prélèvement (suite et fin).

N° du prélèvement	Souche	Date	Aliment incriminé	Lieu
372	<i>S.Mbandaka</i>	16-avr-08	Farce pour merguez	El-Biar
388	<i>S.Ohio</i> <i>S.Corvallis</i> <i>S.Anatum</i>	06-mai-08	Viande hachée	El-Madania
391	<i>S.Hadar</i>	21-mai-08	Merguez de viande de dinde	Kouba
393	<i>S.Corvallis</i>	21-mai-08	Chawarma crue de viande de dinde	Alger centre
394	<i>S.Infantis</i>	21-mai-08	Chawarma crue de viande de dinde	Alger centre
399	<i>S.Corvallis</i>	25-mai-08	Aile de poulet	Hussein Dey
403	<i>S.Heidelberg</i>	25-mai-08	Cuisse de poulet	Hussein Dey
406	<i>S.Enteritidis</i>	25-mai-08	Abats de poulet	Hussein Dey
413	<i>S.Muenster</i> <i>S.Corvallis</i>	27-mai-08	Viande hachée	Alger centre
416	<i>S.Anatum</i>	28-mai-08	Viande hachée	Kouba
418	<i>S.Altona</i>	31-mai-08	Viande de dinde en brochettes	Alger centre
419	<i>S.Altona</i>	31-mai-08	Escalopes de dinde	Alger centre
421	<i>S.Typhimurium</i>	31-mai-08	Escalopes de dinde	Alger centre
424	<i>S.Enteritidis</i>	02-juin-08	Aile de poulet	Hussein Dey
427	<i>S.Enteritidis</i>	02-juin-08	Abats de poulet	Hussein Dey
437	<i>S.Liverpool</i>	02-juin-08	Cuisse de poulet	Sidi M'hamed
447	<i>S.Heidelberg</i>	03-juin-08	Cuisse de poulet	Alger centre
453	<i>S.Panama</i> <i>S.Indiana</i>	16-juin-08	Merguez de viande de dinde	Hussein Dey
461	<i>S.Kentucky</i>	16-juin-08	Crème glacée	Sidi M'hamed
489	<i>S.Indiana</i>	23-juin-08	Mortadelle	Alger centre

Tableau 28: Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* spp. isolées et sérotypées (suite).

	Bétalactamines													Aminosides					Quinolones				Sulfamides			Autres				
	Pénicillines					Céphalosporines																								
						1ère G		2ème G		3ème G			4ème G																	
	AML	AMP	TIC	PRL	MEL	KZ	FOX	CXM*	CAZ	CTX	MOX	FEP	K	CN	AK	NET	S	NA	PEF	CIP	OFX	S3	W	SXT	F	C	TE	CT	FOS	
S.Enteritidis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Mbandaka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Muenster	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Ohio	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Newport	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	R	R	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Ohio	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Mbandaka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Mbandaka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Mbandaka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Mbandaka	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Ohio	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Corvallis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Anatum	S	S	S	S	I	S	S	S/I	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	R	R	S	S	I	S	S	
S.Hadar	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	I	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	
S.Corvallis	S	S	S	S	S	S	S	S/I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Infantis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
S.Corvallis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Heidelberg	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	I	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	
S.Enteritidis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	
S.Muenster	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	
S.Corvallis	S	S	S	S	S	S	S	S/I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	I	S	S	
S.Anatum	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	R	S	S	S	S	

Tableau 28: Résultats de l'étude de la sensibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella spp* isolées et sérotypées (suite et fin).

	Bétalactamines													Aminosides					Quinolones				Sulfamides			Autres													
	Pénicillines					Céphalosporines																																	
						1ère G		2ème G		3ème G			4ème G	AMC	ATM	IPM																							
	AML	AMP	TIC	PRL	MEL	KZ	FOX	CXM*	CAZ	CTX	MOX	FEP	K				CN	AK	NET	S	NA	PEF	CIP	OFX	S3	W	SXT	F	C	TE	CT	FOS							
<i>S.</i> Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>S.</i> Altona	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>S.</i> Typhimurium	R	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	S	S	S	
<i>S.</i> Enteritidis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
<i>S.</i> Enteritidis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
<i>S.</i> Liverpool	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
<i>S.</i> Heidelberg	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	R	R	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S		
<i>S.</i> Panama	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	I	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S		
<i>S.</i> Indiana	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	R	R	S	S	R	R	S	S	R	S	S	S		
<i>S.</i> Kentucky	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	I	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S		
<i>S.</i> Indiana	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	R	R	R	S	S	R	R	S	S	R	S	S	S		

S: Sensible

I: Intermédiaire

R: Résistante

*: Les diamètres critiques concernant les souches intermédiaires et sensibles au cefuroxime diffèrent selon qu'il soit administré par voie parentérale ou orale.

Tableau 31 : Résultats de l'étude de la sensibilité de *Salmonella* spp. aux antibiotiques en fonction de la catégorie clinique.

Antibiotiques testés	Nombre de souches résistantes	Taux de résistance	Nombre de souches à sensibilité réduite	Taux de sensibilité réduite	Nombre de souches sensibles	Taux de sensibilité
AML	3	4.47%	0	0%	64	95.52%
AMP	3	4.47%	0	0%	64	95.52%
TIC	3	4.47%	0	0%	64	95.52%
PRL	3	4.47%	0	0%	64	95.52%
MEL	0	0%	1	1.49%	66	98.50%
KZ	0	0%	0	0%	67	100%
FOX	0	0%	0	0%	67	100%
CXM	0	0%	0	0%	67	100%
CXM*	0	0%	6	8.95%	61	91.04%
CAZ	0	0%	0	0%	67	100%
CTX	0	0%	0	0%	67	100%
MOX	0	0%	0	0%	67	100%
FEP	0	0%	0	0%	67	100%
AMC	0	0%	2	2.98%	65	97.01%
ATM	0	0%	0	0%	67	100%
IPM	0	0%	0	0%	67	100%
K	0	0%	0	0%	67	100%
CN	0	0%	0	0%	67	100%
AK	0	0%	0	0%	67	100%
NET	0	0%	0	0%	67	100%
S	11	16.41%	28	41.79%	28	41.79%
NA	11	16.41%	2	2.98%	54	80.59%
PEF	3	4.47%	4	5.97%	60	89.55%
OFX	0	0%	0	0%	67	100%
CIP	0	0%	0	0%	67	100%
S 3	59	88.06%	1	1.49%	7	10.44%
W	3	4.47%	0	0%	64	95.52%
SXT	3	4.47%	0	0%	64	95.52%
F	2	2.98%	0	0%	65	97.01%
C	3	4.47%	0	0%	64	95.52%
TE	8	11.94%	23	34.32%	36	53.73%
CT	0	0%	0	0%	67	100%
FOS	0	0%	0	0%	67	100%

CXM : cefuroxime à administrer par voie parentérale.

CXM* : cefuroxime à administrer par voie orale.

Tableau 38 : Taux de résistance et de sensibilité réduite des souches de *S.Typhimurium* aux principaux antibiotiques testés.

Antibiotiques testés	Nombre de souches résistantes	Taux de résistance	Nombre de souches à sensibilité réduite	Taux de sensibilité réduite
AML	3	60%	0	0%
AMP	3	60%	0	0%
TIC	3	60%	0	0%
PRL	3	60%	0	0%
MEL	0	0%	0	0%
CXM*	0	0%	1	10%
AMC	0	0%	2	40%
S	3	60%	2	40%
NA	1	20%	0	0%
PEF	0	0%	0	0%
S3	5	100%	0	0%
W	0	0%	0	0%
SXT	0	0%	0	0%
F	0	0%	0	0%
C	3	60%	0	0%
TE	3	60%	2	40%

RÉFÉRENCES

❧ÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abgrall.B. – Poissons et autres produits de la mer. In: Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca., J. ; – Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1996, 672p, 348-363.
2. Acha. P. N., Szyfres. B., 1989 ; Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux : Salmonellose, 2^{ème} Édition Office International des Epizooties, Paris, 1063p, 156-166.
- 3'. Adesiyun. A. A., Webb. L. A., Romain. H., Kaminjolo. J. S., 1996; Prevalence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter* spp. in bulk milk, cow's faeces and effluents of dairy farms in Trinidad. *Revue elev. Méd. vét. Pays trop.* 49 (4): 303-309.
3. AFSSAPS, 2005 ; Spectres d'activité antimicrobienne : répertoire de spectres validés par la commission d'autorisation de mise sur le marché, 251p.
4. Ailal. F., Bousfiha. A.A., Jouhadi. Z., Adnane. F., Abid. A., 2004 ; Les salmonelloses non typhoïdiques chez l'enfant : A propos de 41 Cas. *Médecine et Maladies Infectieuses* 34 : 206–209.
5. Al-Bahry. S. N., El-Shafie. A. E., Al-Busaidy. S., Al-Hinai. J., Al-Shidi. I., 2007; Antibiotic-resistant *Salmonella* spp. from human and non-human sources in Oman. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 13(1): 49-55.
6. Amhis. W., Benslimane. A., Tiouit. D., Naim. M., 2001 ; Tests de sensibilité utiles au traitement antibiotique. *Médecine du Maghreb*, 91: 22-25.
7. Anderson. W., Ebel. E., Fazil. A. M., Kasuga. F., Kelly. L., Lammerding. A., Morales. R., Schlosser. W., Snary. E., Vicari. A., Yamamoto. S., 2004 ; Évaluation des risques liés à *salmonella* dans les œufs et les poulets de chair: Résumé interprétatif OMS/FAO. Éditeur T. Lawrence, Islande, 48p.
8. Andrews. W. H., Wilson. C. R., Poelma. P. L., Romero. A., 1977; Bacteriological survey of channel catfish (*Ictalurus Punctatus*) at the retail level. *Journal of Food Science*, 42: 359-363.
9. Angkititrakul. S., Chomvarin. C., Chaita. T., Kanistanon. K., Waethewutajarn. S., 2005 ; Epidemiology of antimicrobial resistance in *salmonella* isolated from pork, chicken meat and humans in Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*, 36 (6) : 1510-1515.

10. Angulo. F. J., Nunnery. J. A., Bair. H. D., 2004; Antimicrobial resistance in zoonotic enteric pathogens. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 23 (2): 1-12.
11. Anonyme, 2005 ; Salmonelloses. Manuel terrestre de l'Office International des Epizooties, chapitre 2.10.3 : 1117-1133.
12. Antunes. P., Réu. C., Sousa. J. C., Peixe. L., Pestana. N., 2003 ; Incidence of *Salmonella* from poultry products and their susceptibility to antimicrobial agent (Portugal). *International Journal of Food Microbiology*, 82 : 97– 103.
13. Arlet. G., Barrett. T. J., Butaye. P., Cloeckert. A., Mulvey. M. R., White. D. G., 2006 ; *Salmonella* resistant to extended-spectrum cephalosporins: prevalence and epidemiology *Microbes and Infection*, 8 (7) : 1945-1954.
14. Bada-Alambedji. R., Fofana. A., Seydi. M., Akakpo A. J., 2006; Antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from poultry carcasses in Dakar (Senegal). *Brazilian Journal of Microbiology*, 37: 510-515.
15. Bell. C., Kyriakides. A., 2002; *Salmonella: A practical approach to the organism and its control in foods*; Éditions Blackwell Sciences, United Kingdom, 330p.
16. Ben Aissa. R., Al-Gallas. N., Troudi. H., Belhadj. N., Belhadj. A., 2007 ; Trends in *Salmonella enterica* serotypes isolated from human, food, animal, and environment in Tunisia entre 1994 et 2004. *Journal of Infection*, 55(4) : 324-339.
17. Ben Salah. R., Denden. I., Bakhrouf. A., 2004 ; Devenir de *Salmonella* dans les produits carnés (Merguez) conservés par différents moyens. *MHA*, 16 (47) : 60-66.
18. Bergogne-Bérézin. E., Dellamonica. P., 1999 ; Antibiothérapie en pratique clinique ; 2^{ème} Édition Masson, Paris, 496p.
19. Berrang. M. E., Ladely. S.R., Simmons. M., Fletcher. D.L., Fedorka-Cray. P.J., 2006; Antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* from retail chicken. *International Journal of Poultry Science* 5 (4): 351-354.
20. Bornert. G., 2000 ; Le poulet sans salmonelles : Mythe ou réalité ? *Revue de Médecine Vétérinaire*, 151 (12) : 1083-1094.
21. Bourgeade. A., Davoust. B., Gallais. H., 1992 ; Des maladies animales aux infections humaines. *Médecine d'Afrique Noire*, 39 (3): 225-230.
22. Bourgeois. C. M., Leveau. J. I., 1991 ; Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-alimentaires : Le contrôle microbiologique ; Éditions Lavoisier – Tec & Doc, Paris, 454p.

23. Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca. J., 1996 ; Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 672p.
24. Bouvet. P. J-M., - Salmonelles et salmonelloses en France. In : Moll. M., Moll. N ; - Sécurité alimentaire du consommateur ; 2^{ème} Édition Tec & Doc Lavoisier, Paris, 2002, 442p, 1-33.
25. Brands. D. A., Inman. A. E., Gerba. C. P., Mare. C. J., Billington. S J., Saif. L. A., Levine. J. F., Joens. L. A., 2005; Prevalence of *Salmonella* spp. in oysters in the United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 71 (2): 893–897.
26. Brenner. F. W., Villard. R. G., Angulo .F J., Tauxe. R., Swaminathan. B., 2000; *Salmonella* nomenclature. *Journal of Clinical Microbiology*. 38 (7): 2465-2467.
27. Brisabois. A., 2001 ; Intérêts et limites des techniques de caractérisation des *Salmonella*. *Épidémiologie et Santé Animale*, 39 : 31-42.
28. Bryan. F. L., Ayres. J. C., Kraft. A. A., 1968; Salmonellae associated with further-processed turkey products. *Applied Microbiology*, 16: 1-9.
29. Busani. L., Cigliano. A., Taioli. E., Caligiuri. V., Chiavacci. L., Di Bella. C., Battisti, A., Duranti. A., Gianfranceschi. M., Nardella. M. C., Ricci. A., Rolesu. S., Tamba. M., Marabelli. R., Caprioli. A., 2005; Prevalence of *Salmonella enterica* and *Listeria Monocytogenes* contamination in foods of animal origin in Italy. *Journal of Food Protection*, 68 (8): 1729–1733.
30. Cardinale. E., Perrier Gros-Claude. J.D., Tall. F., Cisse. M., Gueye. E. H. F., Salvat. G., 2003 ; Prevalence of *Salmonella* and *Campylobacter* in retail chicken carcasses in Senegal. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 56 (1-2) : 13-16.
31. Cardinale. E., Perrier Gros-Claude. J. D., Rose. V., Tall. F., Mead. G. C., Salvat. G., 2005 ; Epidemiological analysis of *Salmonella enterica* ssp. *enterica* serovars Hadar, Brancaster and Enteritidis from humans and broiler chickens in Senegal using pulsed-field gel electrophoresis and antibiotic susceptibility. *Journal of Applied Microbiology*, 99 (4) : 968-977.
32. Cardinale. E., Perrier Gros-Claude. J. D., Aidara. A., Tall. F., Coudert. C., Gueye. I. L., Konte. M., 2000; Identification d'une nouvelle salmonelle multirésistante dans une viande de poulet au Sénégal. *Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 53: 5-8.
33. Carl. K. E., 1975 ; Oregon's experience with microbial standards for meat. *Journal Milk Food Technology*, 38 : 483-486.

34. Chang. Y. H., 2000; Prevalence of *Salmonella* spp. in poultry broilers and shell eggs in Korea. *Journal of Food Protection*, 63 (5): 655-658.
35. Chauvin. C., Colin. P., Danan. C., Guillemot. D., Sanders. P., 2006 ; Texte écrit sur la base du rapport de l'AFSSA. Résistance bactérienne aux antibiotiques, comment caractériser les risques de transmission de l'animal à l'homme d'un point de vue épidémiologique ? Point sur la situation nationale. *Bulletin Epidémiologique Trimestriel* N°23, 1-2.
36. Chedid. L., Parant. M. – Lipopolysaccharides et endotoxines. In: Le Minor. L., Veron. M. ; - Bactériologie médicale ; 2^{ème} Édition Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1989, 1107p, 178-190.
37. Chevalier. J., Choisy. C., Cremieux. A., Darbord. J-C., Davin-Regli. A., Dubreuil. L., Finance. C., Linxe. C., Quentin-Noury. C., Quero. A-M., Reynaud. A. – Agents antibactériens et antiviraux. In : Bosgraud. C. ; - Microbiologie générale et santé ; Éditions Eska, 2003, 520p, 278-321.
38. China. B., De Schaetzen. M. A., Daube. G., 2003 ; Les mollusques bivalves, des aliments dangereux ? *Annales de Médecine Vétérinaire*, 147: 413-422.
39. China. B., Ghafir. Y., Daube. G., 2002 ; Estimation quantitative et qualitative par amplification génétique des bactéries présentes dans les denrées alimentaires. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 147 : 99-109.
40. Clavijo. R.I., Loui. C., Andersen. G. L., Riley. L. W., LU. S., 2006; Identification of genes associated with survival of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken egg albumen. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(2) : 1055–1064.
41. Colak. H., Hampikyan. H., Bingol. E. B., Ulusoy. B., 2007; Prevalence of *L. Monocytogenes* and *Salmonella* spp. in Tulum cheese. *Food Control* , 18: 576–579.
42. Comité de rédaction, 2008 ; Standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine à l'échelle nationale selon les recommandations de l'OMS.
43. Courvalin. P., Philippon. A.- Mécanismes biochimiques de la résistance bactérienne aux agents antibactériens. In: Le Minor. L., Veron. M. ; - Bactériologie médicale ; 2^{ème} Édition Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1989, 1107p.
44. Courvalin. P., Trieu-Cuot. P. – Plasmides et transposons de résistance aux antibiotiques. In: Le Minor. L., Veron. M. ; - Bactériologie médicale ; 2^{ème} Édition Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1989, 1107p, 316-331.

45. Cruchaga. S., Echeita. A., Aladueña.A., Garcia-Peña. J., Frias. N., Usera. M. A., 2001; Antimicrobial resistance in *Salmonellae* from humans, food and animals in Spain in 1998. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 47: 315-321.
46. Cuq. J. L., 1993 ; Les méthodes modernes d'analyse rapide en microbiologie alimentaire agro-alimentaire ; Le point international ; Centre de veille international de l'agro-alimentaire, 76p.
47. D'aoust J-Y., 1994; *Salmonella* and the international trade. *Int J Food Microbiol*, 24:11-31.
48. D'aoust. J. Y., - *Salmonella*. In : Labbae. R. G., Garcia. S.; - Guide to foodborne pathogenes ; Éditions W. Iee, 2001, 163-192.
49. D'aoust. J. Y., 1991; Pathogenicity of foodborne *Salmonella*. *International Journal of Food Microbiology*, 12: 17-40.
50. Dalton. C. B., Gregory. J., Kirk. M. D., Stafford. R. J., Givney. R., Kraa. E., Gould. D., 2004; Foodborne disease outbreaks in Australia, 1995 to 2000. *Commun Dis Intell*, 28(2): 211-224.
51. Daube. G., 2002 ; Micro-organismes pathogènes et viandes : La traçabilité alliée de la sécurité. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 71(1) : 11-30.
52. Daube. G., De Zutter. L. ; 1999. Surveillance de la contamination des denrées alimentaires d'origine animale par *Salmonella* spp., *Campylobacter* thermophiles et *Escherichia Coli* O157 Entérohémorragiques en Belgique. Rapport final rédigé par le laboratoire national de référence en microbiologie des denrées alimentaires d'origine animale 23-35, p65.
53. Davies. A. R., Capell. C., Jehanno. D., Nycha. G. J. E., Kirby. R.M., 2001; Incidence of foodborne pathogens on european fish. *Food Control*, 12 (2): 67-71.
54. De Louvois. J., Rampling. A., 1998; One fifth of samples of unpasteurised milk are contaminated with bacteria. *British Medical Journal*, 316 : 625.
55. Deb. M., Kapoor. L., 2005; *Salmonella* nomenclature seen in the literature. *Indian Journal of Medicine and Microbiology*, 23:204-205.
56. Dedet. J-P., 2007 ; La microbiologie, de ses origines aux maladies émergentes ; Éditions Dunod, Paris, 262p.
57. Desenclos. J-C., Bouvet. P., Benz-Lemoine. E., Grimont. F., Desqueyroux. H., Rebiere. I., Grimont. P.A., 1996; Large outbreak of *Salmonella enterica* serotype Paratyphi B infection caused by a goats' milk cheese, France, 1993: A case finding and epidemiological study. *BMJ*, 312: 91-94.

58. Domínguez. C., Gómez. I., Zumalacárregui. J., 2002; Prevalence of *Salmonella* and *Campylobacter* in retail chicken meat in Spain. *International Journal of Food Microbiology*, 72 (1-2): 165-168.
59. Duval. J. – Classification et mécanismes d'action des agents antibactériens. In: Le Minor. L., Veron. M. ; - Bactériologie médicale ; 2^{ème} Édition Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1989, 1107p, 273-296.
60. Eberlin. T., 1994 ; Les antibiotiques ; Éditions Nathan, Paris, 128p.
61. Egorova. S., Timinouni. M., Demartin. M., Granier. S. A., Whichard. J. M., Sangal. V., Fabre. L., Delaune. A., Pardos. M., Millemann. Y., Espié. E., Achtman. M., Grimont. P.A.D., Weill. F-X., 2008 ; Ceftriaxone-resistant *Salmonella enterica* serotype Newport, France. *Emerging Infectious Diseases*, 14 (6) : 954-957.
62. Ejeta. G., Molla. B., Alemayehu. D., Muckle. A., 2004; *Salmonella* serotypes isolated from minced meat beef, mutton and pork in Adis Ababa, Ethiopia. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 155 (11): 547-551.
63. El-Gazzar. F.E., Marth. E.H., 1992; Dairy foods. *Salmonellae*, salmonellosis, and dairy foods: A review. *Journal of Dairy Sciences*, 75 : 2327-2343.
64. Euzéby. J. P., 1999; Revised *Salmonella* Nomenclature: Designation of *Salmonella enterica* (Ex Kauffmann and Edwards 1952) Le Minor and Popoff 1987 Sp. Nov., Nom. Rev. As the neotype species of the genus *Salmonella* Lignières 1900 (Approved Lists 1980), Rejection of the name *Salmonella Choleraesuis* (Smith 1894), Weldin 1927 (Approved Lists 1980), and conservation of the name *Salmonella Typhi* (Schroeter 1886) Warren And Scott 1930 (Approved Lists 1980). Request for an opinion. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 49: 927-930.
65. Fauchère. J-L., Avril. J-L., 2002 ; Bactériologie générale et médicale ; Éditions Ellipses, 365p.
66. Frobisher. M., Fuerst. R., 1976 ; Microbiologie clinique ; Éditions HRW LTÉE, Canada, 507p.
67. Gashe. B. A., Mpuchane. S., 2000; Prevalence of *Salmonellae* on beef products at butcheries and their antibiotic resistance profiles. *Journal of Food Science*, 65: 880-883.
68. Gill. C. O., 2005; Safety and storage stability of horse meat for human consumption. *Meat Science*, 71: 506–513.

69. Gledel. J. – Le genre *Salmonella*. In: Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca. J. ; – Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1996, 672p, 62-77.
70. Gledel. J., Corbion. B. - Le Genre *Salmonella*. In : Bourgeois. C. M., Leveau. J. Y. ; - Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries Agro-alimentaires : Le Contrôle microbiologique ; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1991, 454p, 260-273.
71. Goncagül. G., E.Gûnaydin, K. Carli., 2005; Prevalence of *Salmonella* serogroups in chicken meat. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 29: 103-106.
72. Grimont, P. A. D., Weill. F. X., 2007 ; Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars ; 9th Edition WHO Collaborating Center for Reference and Research on *Salmonella*, Institut Pasteur, Paris, 60p.
73. Grimont. P. A. D., Grimont. F., Bouvet. P. - Taxonomy of the genus *Salmonella*. In: Wray. C., Wray. A.; - *Salmonella* in domestic animals; CABI Publishing, 2000, 463p, 1-17.
74. Groupe de recherche en éducation nutritionnelle, 2000 ; Aliments, alimentation et santé ; 2^{ème} Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 495p.
75. Guellouz. H., Ben Aissa. R., 1995; Salmonelles isolées de denrées alimentaires d'origine animale entre 1989 et 1993 dans la ville de Tunis. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 88 (5) : 270-279.
76. Guiraud. J-P., 2003; Microbiologie alimentaire ; Éditions Dunod, Paris, 652p.
77. Guthertz. L. S., Fruin. J. T., Spicer. D., Fowler. J. L., 1976; Microbiology of fresh comminuted turkey meat. *Journal Of Food Science*, 39: 823-829.
78. Guthertz. L. S., Fruin. J. T., Okoluk. R. L., Fowler. J. L., 1977; Microbial quality of frozen comminuted turkey meat. *Journal of Food Science*, 42: 1344-1347.
79. Haeghebaert. I., Duché. L., Gilles. C., Masini. B., Dubreuil. M., Minet. J. C., Bouvet. P., Grimont. F., Delarocque Astagneau. E., Vaillant. V., 2001 ; Viande hachée de bœuf et salmonelloses humaines : Synthèse des investigations de trois épidémies en France. *Euro Surveillance Monthly*, 6(2):21-26.

- 80.** Haeghebaert. S., Le Querrec. F., Vaillant. V., Delarocque Astagneau. E., Bouvet. P. ; - Les toxi-infections alimentaires collectives en France en 1997 (Extrait du BEH n°41/1998). In : Leyral. G., Vierling. E., 2001 ; - Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaires. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, collection Biosciences et Techniques ; Éditions Doin, Paris, 277p, 108-112.
- 81.** Hao Van. T. T., Moutafis. G., Istivan. T., Tran. L. T., Coloe. P. J., 2007; Detection of *Salmonella* spp. in retail raw food samples from Vietnam and characterization of their antibiotic resistance. *Applied and Environmental Microbiology*, 73 (21): 6885–6890.
- 82.** Hardy. A., 2004; *Salmonella*: a continuing problem. *Postgraduate Medical Journal*, 80: 541-545.
- 83.** Heinitz. M. L., Ruble. R.D., Wagner. D.E., Tatini. S.R., 2000; Incidence of *Salmonella* in fish and seafood. *J Food Prot* ,63 (5): 579-592.
- 84.** Hennessy. T. W., Hedberg. C. W., Slutsker. L., White. K., Besser-Wiek. J. M., Moen. M., Feldman. J., Coleman. W. W., Edmonson. L. M., Macdonald. K., Osterholm. M.T., and the investigation team., 1996; A national outbreak of *Salmonella* Enteritidis infections from ice cream. *The New England Journal of Medicine*, 334(20): 1281-1286.
- 85.** Heredia. N., Garcia. S., Rojas. G., Salazar. L., 2001; Microbiological condition of ground meat retailed in Monterrey, Mexico. *Journal of Food Microbiology*, 64 : 1249-1251.
- 86.** Hirsh. D. C., - *Salmonella*. In: Hirsh. D. C., Zee. Y. C.; Veterinary Microbiology; Blackwell Publishing, USA, 1999, 479p, 75-79.
- 87.** Humbert. F. - Les salmonelles. In: Federighi. M. ; - Bactériologie alimentaire : Compendium d'hygiène des aliments ; 2^{ème} Édition Economica, Paris, 2005, 292p, 1-23.
- 88.** Humbert. F.- Les salmonelles. In : Sutra L., Federighi M., Jouve J-L ; - Manuel de bactériologie alimentaire ; 1^{ère} Édition Polytechnica, Paris, 1998, 308p, 27-52.
- 89.** Humbert. F., Lahellec. C., - Applications microbiologiques de l'immunologie. In : Bourgeois. C. M., Leveau. J. Y. ; - Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-alimentaires : Le contrôle microbologique ; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1991, 454p, 82-91.

- 90.** Huong. L. Q., Fries. R. , Padungtod. P., Hanh. T. T., Kyule. M. N., Baumann. M. P. O., Zessin. K. H., 2006; Prevalence of *Salmonella* in retail chicken meat in Hanoi, Vietnam. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1081 (impact of emerging zoonotic diseases on animal health, 8th biennial conference of the society for tropical veterinary medicine): 257 – 261.
- 91.** Imberechts. H., Dierick. K., 2004; Salmonellosis In: Report on zoonotic agents in Belgium in 2002. *Veterinary and Agrochemical Research Centre Scientific Institute of Public Health*, 67p, 28-40.
- 92.** Institut de Veille Sanitaire, - Rapport annuel 2003, P.91-94.
- 93.** Jarveläinen. H. A., 2003; In: Millemann. Y., 2005; *Salmonella* une bactérie zoonotique et ubiquiste.
- 94.** Jay. J. M., Loessner .M. J., Golden. D. A., 2005; *Modern Food Microbiology*; Seventh Edition, Food Science Text Series, Springer Edition, USA, 790p.
- 95.** Joly. B. – Données générales sur les antibiotiques. In : Larpent. J. P., Sanglier. J. J. ; - *Biotechnologie des antibiotiques*, 1989, 481p, 1-31.
- 96.** Joly. B., Reynaud. A., 2003 ; *Entérobactéries, systématique et méthodes de diagnostic* ; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 356p.
- 97.** Jordan. E., Egan. J., Dullea. C., Ward. J., Mcgillicuddy. K., Murray. G., Murphy. A., Bradshaw. B., Leonard. N., Rafter. P., Mcdowell. S., 2006; *Salmonella* surveillance in raw and cooked meat and meat products in the republic of Ireland from 2002 to 2004. *International Journal of Food Microbiology*, 112: 66–70.
- 98.** Kezzal. K., 1993 ; *Les antibiotiques* ; Éditions Office des Publications Universitaires, Alger, 91p.
- 99.** Khosrof Ben Jaafar. S.; Jiridi. M.; Fodha. M.; Salem. I., 2002; Étude de la contamination par les salmonelles des produits carnés en restauration collective au cours de l'année 1998. *Tunisie Médicale*, 80 (4) : 207-213.
- 100.** Kiessling. C.R., Cutting. J. H., Loftis. M., Kiessling. W. M., Datta. A. R., Sofos. J. N., April 1/2002; Antimicrobial resistance of food-related *Salmonella* isolates, 1999-2000. *Journal of Food Protection*, 65(4):603-8.
- 101.** Korsak. N., Clinquart. A., Daube. G., 2004 ; *Salmonella* spp. dans les denrées alimentaires d'origine animale : un réel problème de santé publique ? *Revue de Médecine Vétérinaire*, 148: 174-193.

102. Kusumaningrum. H. D., Riboldi. G., Hazeleger. W. C., Beumer. R. R., 2003; Survival of foodborne pathogens on stainless steel surfaces and cross-contamination to foods. *International Journal of Food Microbiology*, 85: 227–236.
103. Lahellec. C., Salvat. G., Colin. P. – Viandes de volailles. In: Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca. J. ; – Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1996, 672p, 314-331.
104. Lan. R., Reeves. P. R. - Amplified Fragment Length Polymorphism Analysis of *Salmonella enterica*. In: Schatten. H., Eisenstark. A.; - Methods in molecular biology, vol. 394, *Salmonella: Methods and protocols*; Humana Press, Totowa, New Jersey, USA, 2007, 363p, 119-132.
105. Larpent. J. P., 1997 ; Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire ; Édition Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 1073p.
106. Larpent. J.P. – Lait et produits laitiers non fermentés. In: Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca. J. ; – Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1996, 672p, 272-295.
107. Larpent. J-P., Larpent-Gourgaud. M., 1997 ; Mémento technique de microbiologie ; 3^{ème} Édition Tec & Doc, Paris, 1039p.
108. Le Minor. L.- Entérobactéries. In: Le Minor. L., Veron. M. ; - Bactériologie médicale ; 2^{ème} Édition Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1989, 1107p, 389-395.
109. Le Minor. L.- *Salmonella*. In: Le Minor. L., Veron. M. ; - Bactériologie médicale ; 2^{ème} Édition Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1989, 1107p, 411-427.
110. Le Minor. L., 1968; Lysogénie et classification des *Salmonella*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 18(3): 197-201.
111. Le Minor. L., 1972 ; Le diagnostic de laboratoire des bacilles à Gram négatif. Tome I : Entérobactéries ; 4^{ème} Édition De La Tourelle, 228p.
112. Le Minor. L., 1988 ; Comment désigner les sérotypes de *Salmonella* ? *Médecine Et Maladies Infectieuses*, 12 : 859-862.
113. Le Minor. L., 1989 ; Comment lutter contre les toxi-infections alimentaires causées par les *Salmonella* ? *La Lettre de l'Infectiologue*, 4 : 727-734.

114. Le Minor. L., 1992 ; Taxonomie et nomenclature des *Salmonella*. *Médecine des Maladies Infectieuses*, N°22 Spécial : 246-248.
115. Le Minor. L., Richard. C., 1993 ; Méthodes de laboratoire pour l'identification des entérobactéries ; Éditions de l'Institut Pasteur, France, 217p.
116. Le Minor. L., Veron. M., 1989 ; Bactériologie médicale ; Editions Flammarion, Paris, 1107p.
117. Leclerc. H., Gaillard. J. L., Simonet. M., 1995 ; Microbiologie générale ; Éditions Doin, Paris, 535p.
118. Leclerc. H., Izard. D., Husson. M. Q., Watre. P., Jakubczak. M., 1983 ; Microbiologie générale ; Éditions Doin, Paris, 1039p.
119. Leclerc. H., Mossel. D. A. A., 1989 ; Microbiologie : Le tube digestif, l'eau et les aliments ; Éditions Doin, Paris, 529p.
120. Lederer. J., 1970 ; Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire. Tome II : Hygiène des aliments ; Éditions Nauwelaerts, 275p.
121. Lederer. J., 1970 ; Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire. Tome IV : Les intoxications alimentaires ; Éditions Nauwelaerts, 156p.
122. Leyral. G., Vierling. E., 2001 ; Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaires. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, Collection Biosciences Et Techniques ; Éditions Doin, Paris, 277p.
123. Little. C. L., Richardson. J. F., Owen. R. J., De Pinna. E., Threlfall. E. J., 2008 ; *Campylobacter* and *Salmonella* in raw red meats in the United Kingdom: Prevalence, characterization and antimicrobial resistance pattern, 2003–2005. *Food Microbiology* 25: 538–543.
124. Miko. A., Pries. K., Schroeter. A., Helmuth. R., 2005 ; Molecular mechanisms of resistance in multidrug-resistant serovars of *Salmonella enterica* isolated from foods in Germany. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 56: 1025–1033.
125. Milord. P., 1993 ; TIAC dues à *Salmonella* Enteritidis. Étude épidémiologique à partir d'ovoproduits en région Limousin. Thèse pour le doctorat vétérinaire. E.N.V d'Alfort, 129p.
126. Molla. B., Mesfin. A., 2003 ; A survey of *Salmonella* contamination in chicken carcass and giblets in central Ethiopia. *Revue Méd. Vét.*, 154 (4) : 267-270.
127. Molla. B., Alemayehu. D., Salah. W.; 2003. Sources and distribution of *Salmonella* serotypes isolated from food animals, slaughterhouse personnel and retail meat products in Ethiopia: 1997-2002. *Ethip. J. Health Dev.*, 17(1):63-70.

128. Mollie. D., Groisman. W. E. A., July 2003; Role of nonhost environments in the lifestyles of *Salmonella* and *Escherichia Coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (7): 3687–3694.
129. Moustardier. G., 1968 ; Bactériologie médicale ; 3^{ème} Édition Maloine, Paris, 1123p.
130. Mulvey. M. R., Boyd. D. A., Olson. A. B., Doublet. B., Cloeckart. A., 2006; The genetics of *Salmonella* Genomic Island 1. *Microbes and Infection*, 8 : 1915-1922.
131. Nassib. T. A., El-Din. M. Z., El-Sharoud. W. M., 2003; Assessment of the presence of *Salmonella* spp. in egyptian dairy products using various detection media. *Letters in Applied Microbiology*, 37: 405–409.
132. Ng. D. L. K., Koh. B. B., Tay. L., Yeo. M., 1999; The presence of *Salmonella* in local food and beverage items in Singapore. *Dairy. Fd. Environ. Sanit.*, 19 : 848-852.
133. Nicolas. M., Daniel. C., 1998 ; Activités technologiques en microbiologie : Techniques de base et méthodologie ; Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine ; Éditions Doin, Paris, 154p.
134. Nouichi. S., 2008 ; Contribution à l'étude de la contamination bactérienne superficielle des carcasses ovines et bovines à l'abattoir d'El-Harrach, Mémoire de magistère en sciences vétérinaires, ENV, Alger, 111p.
135. Nyeleti. C., Molla. B., Hildebrandt. G., Kler. J., 2000; The Prevalence and distribution of *Salmonellae* in slaughter cattle, slaughterhouse personnel and minced beef in Addis Ababa (Ethiopia). *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 48: 19-24.
136. Oliveira. W. F., Cardoso. W. M., Salles. R. P. R., Romão. J.M., Teixeira. R. S. C., Câmara. S. R., Siqueira. A. A., Marques. L. C. L.; 2006. Initial identification and sensitivity to antimicrobial agents of *Salmonella* sp. isolated from poultry products in the state of Ceara, *Brazil Brazilian Journal of Poultry Science*, 8 (3): 193 – 199.
137. Padungtod. P., John B. Kaneene, *Salmonella* in food animals and humans in Northern Thailand *International Journal of Food Microbiology* 108 (2006) 346–354
138. Pechere. J. C.- Bases Bactériologiques de la thérapeutique antibactérienne. In: Le Minor. L., Veron. M. ; - Bactériologie médicale ; 2^{ème} Édition Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1989, 1107p, 370-381.

- 139.** Pilet. C., Boudon. J. L., Toma. B., Marchal. N., Balbastre. C., Person. J. M., 1975 ; Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne ; 3^{ème} Édition Doin, Paris, 474p.
- 140.** Pilet. C., Bourdon. J. L., Toma. B., Marchal. N., Balbastre. C., 1979 ; Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne ; 2^{ème} Édition Doin, Paris, 437p, 121-138.
- 141.** Plusquellec. A., - Le contrôle microbiologique des matières premières et des produits. In : Bourgeois. C. M., Leveau. J. Y. ; - Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-alimentaires : Le contrôle microbiologique ; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1991, 454p, 325-397.
- 142.** Ponce. E., A. A. Khan, C-M. Cheng, C. Summage-West, C. E. Cerniglia., 2008; Prevalence and characterization of *Salmonella enterica* sérovar. *Food Microbiology*, 25(1): 29-35.
- 143.** Popoff. M. Y., Bockemuhl. J., Brenner. F. W., 2000; Supplement 1998 (N°42) to the Kauffmann-White scheme. *Research Microbiology*, 151: 63-65.
- 144.** Prescott. J. F., - Antimicrobial Chemotherapy. In: Hirsh. D. C., Zee. Y. C.; Veterinary Microbiology; Blackwell Publishing, USA, 1999, 479p, 28-45.
- 145.** Prescott. L. M., Harley. J. P., Klein. D. A., 2003 ; Microbiologie ; 3^{ème} Édition française traduction de la 5^{ème} Édition américaine, 1137p.
- 146.** Quinn. P. J., Markey. B. K., 2003; Concise review of veterinary microbiology; Blackwell Publishing, Great Britain, 153p.
- 147.** Quinn. P. J., Markey. B. K., Carter. M. E., Donnelly. W. J., Leonard.F. C., 2002; Veterinary microbiology and microbial disease; Blackwell Publishing, Great Britain, 536p.
- 148.** Rosset .R. – Autres viandes et produits carnés. In: Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca., J. ; – Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1996, 672p, 332-347.
- 149.** Rosset .R. – Réfrigération et congélation. In: Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca. J. ; – Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1996, 672p, 596-621.

150. Rouahi. N., Zouhdi. M., Benabderrazzak. F., Boudhan. A., Hmid. K., Drissi. L., Zidouh. A., Benkaddour. K., Mahjour. J., Elyachioui. M., Alaoui. M. A., 1998 ; Analyse des données des trois dernières années sur les salmonelloses au Maroc (1995-1997). *Biologie Infectiologie* IV(1) : 3-10.
151. Sanath Kumar. H., Sunil. R, Venugopal. M. N., Karunasagar. I, Karunasagar. I., 2003; Detection of *Salmonella* spp. in tropical seafood by polymerase chain reaction. *Int. J. Food Microbiol.*, 88(1): 91-5.
152. Savey. M., Dufour. B., 2004 ; Diversité des zoonoses. Définitions et conséquences pour la surveillance et la lutte. *Épidémiol. et Santé Anim.*, 46 : 1-16.
153. Schlundt. J., Toyofuku. H., Jansen. J., Herbst. S.A., 2004; Emerging food-borne zoonoses. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 23 (2) : 513-533.
154. Schmid. H., Baumgartner. A., 2004 ; Bulletin N°40 de l'Office Fédéral de la Santé Publique ; Division épidémiologie et maladies infectieuses, Division science alimentaire.
155. Semple. A. B., Turner. G. C., Lowry. D. M. O., 1968 ; Outbreak of Food-poisoning caused by *Salmonella* Virchow in spit-roasted chicken. *Brit. med. J.*, 4 : 801-803.
156. Singleton. P., 1994 ; Abrégé de bactériologie ; Éditions Masson, 247p.
157. Singleton. P., 2005 ; Bactériologie pour la médecine, la biologie et les biotechnologies ; 6^{ème} Édition Dunod, Paris, 542p.
158. Siriken. B., Pamuk. S., Özakin. C., Gedikoglu. S., Eyigör. M., 2006; A note on the incidences of *Salmonella* spp., *Listeria* spp. and *Escherichia Coli* O157:H7 serotypes in Turkish sausage (Soudjouck). *Meat Science*, 72 : 177–181.
159. Soussy. C. J., Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CASFM), Recommandations 2007, Édition de Janvier 2007, 50p.
160. Stevens. A., Kaboré. K., Perrier-Gros-Claude. J-D., Millemann. Y, Brisabois. A., Catteau. M., Cavin. J-F., Dufour. B. ; 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* 110: 178–186.
161. Stöhr. K., 2000 ; Problèmes liés à l'usage des antimicrobiens dans les exploitations agricoles. In : Médicaments essentiels, *Le Point* ; OMS ; Double numéro 28 & 29, 36p, 10-11.
162. Su. L-H., Chiu. C-H., May-June 2007; *Salmonella*: clinical importance and evolution of nomenclature. *Chang Gung Medicine Journal*, 30 (3): 210-219.

- 163.** Suresh. T., Hatha. A. A. M., Sreenivasan. D., Sangeetha. N., Lashmanaperumalsamy. P., 2006; Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* Enteritidis and other Salmonellas in the eggs and egg-storing trays from retails markets of Coimbatore. *South India Food Microbiology*, 23 (3): 294-299.
- 164.** Surkiewicz. B. F., Harris. M. E., Elliott. R. P., Macaluso. J. F., Strand. M. M., 1975; Bacteriological survey of raw beef patties produced at establishments under federal inspection. *Letters in Applied Microbiology*, 29: 331-334.
- 165.** Tahiri. Y., Diouri. A., 2004; Antibiorésistance et consommation de viande. *Reviews in Biology and Biotechnology, The Moroccan Society of Biology in Canada*, 3(1): 2-15.
- 166.** Thapon. J.L. – L'œuf et les ovoproduits. In: Bourgeois. C. M., Mescle. J-M., Zucca. J. ; – Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments; Éditions Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 1996, 672p, 296-313.
- 167.** Threlfall. E. J., June 1/2002; Antimicrobial drug resistance in *Salmonella*: Problems and perspectives in food- and water-borne infections, *FEMS Microbiology Review*, 26(2): 141-8.
- 168.** Tindall. B. J., Grimont. P. A. D., Garrity. G. M., Euzéby. J. P., 2005; Nomenclature and taxonomy of the genus *Salmonella*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55: 521-524.
- 169.** Tortora. G. J., Funke. B. R., Case. C. L., 2003 ; Introduction à la microbiologie ; éditions du renouveau pédagogique Inc., 945p.
- 170.** USDA., 1996; Nationwide federal plant raw ground beef microbiological survey. Washington, Dc.
- 171.** Uyttendaele. M. R., Debevere. J. M., Lips. R. M., Neyts. K. D., 1998; Prevalence of *Salmonella* in poultry carcasses and their products in Belgium ; *International Journal of Food Microbiology*, 40 : 1–8.
- 172.** Van Immerseel. F., De Buck. J., Boyen. F., Pasmans. F., Bertrand. S., Collard. J. M., Saegerman. C., Hooyberghs. J., Haesebrouck. F., Ducatelle. R., 2005 ; *Salmonella* dans la viande de volaille et dans les œufs : un danger pour le consommateur qui demande la mise en place d'un programme de lutte efficace. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 149 : 34-48.

- 173.** Van Nierop. W., Dusé. A. G., Marais. E., Aithma. N., Thothobolo. N., Kassel. M., Stewart. R., Potgieter. A., Fernandes. B., Galpin. J. S., 2005; Bloomfield contamination of chicken carcasses in Gauteng, South Africa, by *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and *Campylobacter*. *International Journal of Food Microbiology*, 99 : 1– 6.
- 174.** Velge. P., Cloeckert. A., Barrow. P., 2005 ; Emergence of *Salmonella* epidemics: The problems related to *Salmonella enterica* serotype Enteritidis and multiple antibiotic resistance in other major serotypes. *Vet. Res.*, 36 : 267–288.
- 175.** Vivegnis. J., Dubois. C., Nicolay. L., Mairy. F., Jacob. C., Pirau. E., El Lioui. M., Decallonne. J., 1998 ; Qualité microbiologique des fromages artisanaux fabriqués au lait cru en région wallonne *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2 (4): 248–255.
- 176.** Weill. F-X, Espié. E., Quelquejeu. N., Le Querrec. F., De Valk. H., Vaillant. V., 2003 ; Épidémie de salmonellose à *Salmonella enterica* sérotype Newport multirésistante aux antibiotiques, liée à de la viande de cheval importée, France ; In : *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*, Institut de Veille Sanitaire, 2004 ; Résistance aux antibiotiques, Numéro Thématique 32-33 : 158-159.
- 177.** Weill. F-X., 2008 ; Diarrhées d'origine bactérienne. *Revue Francophone des Laboratoires*, (400) : 37-47.
- 178.** Weill. F-X., 2008 ; Salmonelles non-typhiques d'origine animale et résistance aux antibiotiques. *Bull. Acad. Vét. France*, Tome 161 - N°3 : 221-234.
- 179.** White. D. G., Zhao. S., Sudler. R., Ayers. S., Friedman. S., Chen. S., Mcdermott. P. F., Mcdermott. S., Wagner. D. D., Meng. J., 2001; The isolation of antibiotic-resistant *Salmonella* from retail ground meats. *New England Journal of Medicine*, 18; 345(16):1147-54.
- 180.** Wilson. G. S., Heaney. J. C .N., Powell. G. G., 1998; *Salmonella* in raw shell eggs in Northern Ireland: 1996-1997. *Communicable Disease and Public Health*, 1 (3) : 156-160.
- 181.** Yan. S. S., Pendrak. M. L., Abela-Rider. B., Punderson. J. W., Fedorko. D. P., Foley. S. L., 2003; An overview of *Salmonella* typing. Public health perspectives. *Clinical and Applied Immunology Reviews*, 4: 189-204.

182. Zhao. S., White. D. G., Friedman. S. L., Glenn. A., Blickenstaff. K., Ayers. S. L., Abbott. J. W., Hall-Robinson. E., Mcdermott. P. F., 2008; Antimicrobial resistance in *Salmonella enterica* serovar Heidelberg isolates from retail meats, including poultry, from 2002 to 2006. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (21): 6656-6662.

*℞*ÉFÉRENCES WEBOGRAPHIQUES

183. Anonyme, 2008 ; Découverte d'une molécule anti-salmonellose. Page consultée le 31/08/2008. Site : www.elmoudjahid.com
184. Brisabois. A., Danan. C., Fremy. S., Granier. S., Moury. F., Oudart. C., Piquet. C., Pires Gomes. C., 2006 ; Inventaire du réseau *Salmonella*, Sérotypage et sensibilité aux antibiotiques de 2004. 113p. Page consultée le 05/03/2009. Site : <http://www.afssa.fr/Documents/MIC-Ra-Salmonella2004.pdf>
185. Colin. M., 2002 ; *Salmonella* spp. AFSSA. 6p. Page consultée le 05/03/2009. Site : <http://www.afssa.fr/Documents/MIC-FI-Salmonellaspp.pdf>
186. Herman. L., Uyttendaele. M., Heyndrickx. M., 2001 ; La sécurité bactérienne des produits issus de l'agriculture biologique : *Salmonella* dans les troupeaux de volailles biologiques et sur la viande de volaille biologique Salmonellose et *Salmonella* chez les volailles. 9p. Page consultée le 25/08/2008. Site : <http://www.favvafsc.fgov.be/p/images/cereus/f/pdf/structure/poulet01.pdf>
187. Anonyme. Site : membres.lycos.fr/microbio/systematique/Eb.html
188. Euzéby. J. P., Abrégé de bactériologie générale et médicale. Page consultée le 05/03/2009. Site : <http://www.bacteriologie.net/generale/sitesactionatbq.html>
189. Van Delden., Iglewski., 1998. Page consultée le 05/03/2009. Site : <http://www.archimede.bibl.ulaval.ca/.../ch01.html>

Résumé

Les *Salmonella* responsables de toxi-infections alimentaires posent un problème aussi bien pour les pays industrialisés que pour les pays en voie de développement. Cette étude a pour objet la détermination de la prévalence des souches de *Salmonella* spp. isolées à partir de denrées alimentaires d'origine animale dans la région d'Alger, parallèlement à l'identification sérologique et à l'étude de la sensibilité de ces souches aux antibiotiques.

Suite à l'analyse de 504 prélèvements recueillis au niveau de différents points de vente de détail, 69 souches de *Salmonella* spp. ont été isolées, soit une prévalence globale de 13.69%. La répartition de ces souches sur les cinq catégories d'aliments prédéfinies a démontré un taux de contamination de 25.69% pour les viandes et les produits carnés crus, 17.97% pour les viandes blanches et leurs produits dérivés crus, 3.57% pour les produits de la pêche crus, 2.77% pour le lait et les produits laitiers, et 4.54% pour les produits divers.

Les tests sérologiques qui nous ont permis d'identifier 22 sérovars distincts, classent le sérovar Anatum au 1^{er} rang avec une prévalence de 13.04%.

Anatum est également le sérovar qui prédomine dans la catégorie des viandes rouges avec un taux équivalent à 24.32% ; avec une prévalence de 21.74%, Enteritidis est le sérovar prédominant dans la catégorie des viandes de volaille.

L'étude de la sensibilité des souches de *Salmonella* spp. vis-à-vis de 32 antibiotiques montre d'une part, qu'elles résistent à 13 antibiotiques (soit 40.62%) ; et que d'autre part, le taux de résistance à au moins un antibiotique (91.04%) et de multirésistance (31.34%) sont relativement élevés. Les sulfamides sont concernés avec un taux de résistance de 88.06%, suivis de la streptomycine et de l'acide nalidixique avec 16.41%, et de la tétracycline avec 11.94%. Les souches de *Salmonella* spp. sont sensibles aux céphalosporines de 3^{ème} génération mais montrent une résistance évaluée à 4.47% vis-à-vis de la pefloxacinine et du Bactrim®.

Une multirésistance a caractérisé le sérovar prédominant dans cette étude ainsi que les sérovars les plus fréquemment mis en cause dans les cas de TIA : Hadar, Heidelberg et Newport. *S.Typhimurium* a acquis une résistance vis-à-vis de 9 antibiotiques et son phénotype inclut une pentarésistance de type «ASCTSu». Elle a exprimé une sensibilité réduite à l'Augmentin®, mais est toutefois sensible aux céphalosporines de 3^{ème} génération et aux fluoroquinolones.

Mots clés : *Salmonella*, denrées alimentaires d'origine animale, prévalence, sérotypage, antibiorésistance.

Abstract

Salmonella responsible of foodborne illness is a problem both for the industrialized countries and for developing ones. This study aims to determine the prevalence of strains of *Salmonella* spp. isolated from food of animal origin in Algiers, along with the serological identification and study of the sensitivity of these strains to antimicrobial agents.

From the total 504 samples examined, 69 strains of *Salmonella* spp. were isolated, representing an overall prevalence of 13.69%. The distribution of these strains on five predefined categories of foods showed a contamination rate of 25.69% for raw red meat and their products, 17.97% for raw white meat and their products, 3.57% for raw seafood, 2.77% for milk and dairy products, and 4.54% for other products.

22 distinct serovars were identified among them *S. Anatum* was the most prevalent with 13.04%.

Anatum is also the predominant serovar in the category of red meat with 24.32%; with a prevalence of 21.74%, *Enteritidis* is the predominant serovar in the poultry meat.

The isolated *Salmonella* strains tested for antimicrobial sensitivity, are resistant to 13/32 antimicrobial agents (40.62%). The rates of resistance to at least one antibiotic (91.04%) and multidrug resistance (31.34%) are relatively high. 88.06% of the isolated *Salmonella* strains showed resistance to Sulfonamides, followed by streptomycin and nalidixic acid with 16.41%, and tetracycline with 11.94%. *Salmonella* spp. are sensitive to the 3rd generation cephalosporins but showed a resistance estimated at 4.47% to pefloxacin and Bactrim®.

A multidrug has characterized the predominant serovar in this study and the serovars most frequently involved in cases of foodborne illness: Hadar, Heidelberg and Newport. *S. Typhimurium* was resistant to 9 antimicrobial agents and its phenotype includes ASCTSu type pentaresistance. It was sensitive to the 3rd generation cephalosporins and fluoroquinolones.

Keywords: *Salmonella*, food from animal origin, prevalence, serotyping, antibiotic resistance.

الملخص:

تشكل السالمونيلا المسؤولة عن التسممات الغذائية عائقًا بالنسبة للبلدان الصناعية و البلدان النامية . تهدف هذه الدراسة إلى تحديد مدى انتشار دراري السالمونيلا المستفردة من مختلف المواد الغذائية ذات المصدر الحيواني في ولاية الجزائر العاصمة ، و كذا تحديد مقاومة هذه الدراري للمضادات الحيوية .

بعد تحليل 504 عينة ، تم عزل 69 دراري السالمونيلا و هذا ما يعادل نسبة انتشار تقدر ب 13.69 % موزعة كما يلي على خمس فئات من المواد الغذائية محددة سلفا : بنسبة 25.69 % في اللحوم الحمراء ومنتجاتها النيئة ، 17.97 % في لحوم الدواجن ومنتجاتها ، 3.57 % في الأسماك ، 2.77 % في الحليب ومشتقاته و 4.54 % في مواد مختلفة أخرى . حددت الاختبارات المصلية 22 نوعا مصليا، Anatum يترأس الصدارة بنسبة انتشار 13.04 % . يمثل Anatum أيضا النوع المصلي السائد في فئة اللحوم الحمراء بنسبة 24.32 % ، أما Enteritidis فهو النوع المصلي الغالب في فئة لحوم الدواجن بنسبة 21.74 %.

بعد دراسة مقاومة مختلف دراري السالمونيلا ل 32 مضاد حيوي وصلت نسبة هذه المقاومة إلى 40.62 % . تعدت مقاومة لنوع أو أكثر من أنواع المضادات الحيوية 91 % في حين وصلت نسبة المقاومة المتعددة 31.34 % . السلفوناميد أول المضادات الحيوية المعنية بنسبة مقاومة 88.06 % ، يليه الستربتومايسين وحمض الناليديكسيك بنسبة 16.41 % ، وتتراصكين بنسبة 11.94 % . لم تظهر دراري السالمونيلا أية مقاومة بالنسبة للسيفالوسبورين من الجيل الثالث لكن أظهرت مقاومة تقدر ب 4.47 % للفلوكساسين و للباكتريم.

اتسم النوع المصلي السائد في هذه الدراسة و الأنواع المصلية الأكثر تسببا لحالات التسممات الغذائية Hadar ، Newport, Heidelberg بمقاومة متعددة. اكتسب Typhimurium مقاومة ل 9 مضادات حيوية لكن لم تلاحظ أية مقاومة للفلوروكينولون و للسيفالوسبورين من الجيل الثالث بينما شمل نمطه الظاهري نوع ASCTSu.

الكلمات المفتاحية: سالمونيلا ، الأغذية ذات الأصل الحيواني ، نسبة الانتشار ، الاختبار المصلي ، مقاومة المضادات الحيوية.