

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de master

Pour l'obtention du diplôme de Master
en

Médecine vétérinaire
THÈME

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION
DE LA CONTAMINATION SUPERFICIELLE DES
CARCASSES DE POULETS DE CHAIR À L'ÉTAT
FRAIS, RÉFRIGÉRÉ ET CONGELÉ**

Présenté par :

Melle MEZOUGHENE Asmaa

Soutenu publiquement le 02 novembre 2020 devant le jury :

M. HAMDI TM	Pr (ENSV)	Président
Mme BOUAYAD L	MCA (ENSV)	Examinatrice
Mme BOUHAMED R	MCB (ENSV)	Examinatrice
M. GOUCEM R	MAA (ENSV)	Promoteur

2019-2020

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je tiens à remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné la force d'achever ce travail.

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce à la collaboration d'un certain nombre de personnes, en particulier mon encadreur Dr Goucem, que je remercie pour sa patience, son soutien moral, sa rigueur et sa disponibilité durant toute la période de préparation de ce travail.

J'exprime toute ma gratitude au Président, Pr Hamdi, et aux membres du jury, Dr Bouayad et Dr Bouhamed, qui ont accepté avec bienveillance d'être présents aujourd'hui parmi nous.

Je voudrais aussi leur exprimer ma profonde reconnaissance, ainsi qu'aux techniciens, pour leur aide précieuse lors des expérimentations dans le laboratoire d'HIDAOA, ainsi que pour l'interprétation des résultats.

Je réserve une pensée particulière à tous les enseignants de l'ENSV qui ont su me donner une formation didactique et appréciable durant mon cursus.

Je ne terminerai pas sans adresser mes vifs remerciements à toutes les personnes qui ont œuvré, de près ou de loin, à la réalisation de ce document.

DEDICACES

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie, en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers parents pour leur soutien moral, leurs encouragements infinis et pour m'avoir aidée afin d'être à ce niveau.

Que Dieu me les garde.

À mes frères Oussama et Djaoued

À ma sœur Malak

À tous les membres de la famille Mezoughene et Boudjefna

À mes chères amies, aux personnes qui ont partagé mes plus beaux jours universitaires, en signe d'amitié, d'amour, tendresse, respect pour leur aide aux moments les plus opportuns... Que notre amitié dure à jamais.

À toutes les personnes qui m'ont soutenue et cru en moi lors de mon parcours.

Et à tous ceux qui m'ont aidée, de près ou de loin, et ont participé à l'élaboration de ce travail.

Liste des abréviations

AEU : Abattoir - Encyclopédie universelle

AFNOR : association française de normalisation (méthode validée)

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

A_w : Activité de l'eau

c : Nombre maximal permis d'unités d'échantillonnage de qualité médiocre

CAC : commission de codex alimentarius

Cl⁻ : Chlorure

Cl₂ : Dichlore

ClO⁻ : Hypochlorite

ClO₂ : Chlorite

ClO₃ : Chlorate

FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

HClO : Acide hypochloreux

INRA : Institut national de la recherche agronomique

m : Seuil en dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante

M : Seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants

n : Nombre d'échantillons à prélever à partir de chaque lot

ND : Résultat indécombrable (UFC/g supérieurs à 300)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCA : Plate count agar

pH : Potentiel hydrogène

Ppb : Parties par milliard

Ppm : Parties par million

r : Coefficient de corrélation

Rh : Potentiel d'oxydoréduction

THM : Trihalométhane

TIAC : Toxi-infections alimentaires collectives

TSE : Tryptone sel eau

UFC : Unité formant colonie

UV-A : Ultra-violets ou ampoules

VRBG : Violet red bile glucose agar

Liste des tableaux

Tableau 1 Inspection <i>ante mortem</i> des volailles (Cabre <i>et al</i> , 2006)	3
Tableau 2 Diagnostic des principales maladies transmissibles des volailles, hors zoonoses (Cabre <i>et al</i> , 2006)	5
Tableau 3 Inspection <i>post mortem</i> des volailles (Cabre <i>et al</i> , 2006)	6
Tableau 4 : Conditions de conservation des volailles (Silvio, 2009)	8
Tableau 5 : Avantages et inconvénients liés à l'utilisation de l'hypochlorite de sodium dans le traitement de la volaille (Mariott, 2006)	29
Tableau 6 : Numérotation des boîtes de prélèvements	38
Tableau 7 : Concentrations acceptables de microorganismes/gramme (Jora, 1998)	43
Tableau 8 : Résultats et interprétation des analyses microbiologiques de la FAMT à l'état frais	45
Tableau 9 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état frais	46
Tableau 10 : Résultats et interprétation d'analyse microbiologique de la FAMT à l'état réfrigéré	48
Tableau 11 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux à l'état réfrigéré	50
Tableau 12 : Résultats et interprétation d'analyse microbiologique de la FAMT à l'état congelé	52
Tableau 13 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux à l'état congelé	53

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme du processus d'abattage du poulet (Chama et Zerouali, 2007)	10
Figure 2 : Respect de la marche en avant (Dila, 2010)	12
Figure 3 : Mécanismes de contamination superficielle des carcasses à l'abattoir (Nicolle, 1986)	14
Figure 4 : Localisation de l'abattoir (internet 2)	31
Figure 5 : Abattage des poulets : accrochage et saignée (photos personnelles)	33
Figure 6 : Alcool chirurgical, coton, gants (photos personnelles)	34
Figure 7 : Boîte stérile, étiquettes, stylo, cutter (photos personnelles)	34
Figure 8 : Prélèvement des cous de poulets dans des boîtes stériles (photo personnelle)	34
Figure 9 : Eau de Javel (photo personnelle)	34
Figure 10 : Seringue (photo personnelle)	36
Figure 11 : Compteur de colonies (photo personnelle)	36
Figure 12 : Bouillon TSE (photo personnelle)	36
Figure 13 : Sac Stomacher, balance électrique et bec Bensun (photo personnelle)	36
Figure 14 : Embouts paille stériles (photo personnelle)	36
Figure 15 : Tubes stériles sur portoir (photo personnelle)	36
Figure 16 : Boîtes de Pétri (photo personnelle)	36
Figure 17 : Gélose PCA (photo personnelle)	36
Figure 18 : Micropipette (photo personnelle)	36
Figure 19 : Broyeur type Stomacher (photo personnelle)	37
Figure 20 : Incubateur (photo personnelle)	37
Figure 21 : Vortex (photo personnelle)	37
Figure 22 : Milieu VRBG (photo personnelle)	37
Figure 23 : Préparation de la solution-mère (photos personnelles)	39
Figure 24 : Préparation des dilutions décimales (photos personnelles)	39
Figure 25 : Mode de préparation des dilutions décimales (internet 3)	40
Figure 26 : Colonies de FAMT sur PCA (photo personnelle)	41
Figure 27 : Colonies de coliformes totaux sur VRBG (photo personnelle)	43
Figure 28 : Résultats du dénombrement de la FAMT à l'état frais	44
Figure 29 : Histogramme empilé représentant l'interprétation des analyses microbiologiques de la FAMT à l'état frais	45
Figure 30 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état frais	46
Figure 31 : Corrélation entre la FAMT et les coliformes totaux à l'état frais	47
Figure 32 : Histogramme empilé représentant l'interprétation d'analyses microbiologiques de la FAMT à l'état réfrigéré	49
Figure 33 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état réfrigéré	50
Figure 34 : Corrélation entre la FAMT et les coliformes totaux à l'état réfrigéré	51
Figure 35 : Histogramme empilé représentant l'interprétation d'analyses microbiologiques de la FAMT à l'état congelé	52
Figure 36 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état congelé	53
Figure 37 : Corrélation entre la FAMT et les coliformes totaux à l'état congelé	54
Figure 38 : Histogramme représentant l'interprétation générale d'analyses microbiologiques de la FAMT et des coliformes totaux à l'état frais, réfrigéré et congelé	55

Listes des annexes

Annexe 1 : Échantillonnage (photos personnelles)

Annexe 2 : Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale et des coliformes totaux (photos personnelles)

Annexe 3 : Résultats de la contamination superficielle des carcasses de poulets de chair

Table des matières

Introduction	1
Partie bibliographique	
1. Chapitre I : Inspection et conservation des volailles	3
1.1. Inspection <i>ante mortem</i>	3
1.2. Contrôle du déroulement des opérations d'abattage	3
1.3. Inspection <i>post mortem</i>	4
1.3.1. Techniques d'inspection	4
1.3.1.1. Inspection des carcasses	4
1.3.1.2. Inspection des viscères	5
1.3.2. Conduite à tenir	6
1.3.2.1. Saisie totale	6
1.3.2.2. Saisie partielle	7
1.3.2.3. Acceptation des viandes	7
1.4. Marquage de salubrité	7
1.5. Conservation par le froid	7
1.5.1. Conservation par réfrigération	8
1.5.2. Conservation par congélation	9
2. Chapitre II : Hygiène en établissements d'abattage avicole	10
2.1. Généralités sur les abattoirs avicoles	10
2.2. Règles d'hygiène générales	11
2.2.1. Hygiène du personnel	11
2.2.2. Hygiène du matériel et des locaux	11
2.2.3. Respect de la marche en avant	12
2.2.4. Élimination des déchets et des sous-produits animaux	12
2.3. Hygiène d'abattage	12
3. Chapitre III : Contamination bactérienne	14
3.1. Contamination des viandes blanches au cours des opérations d'abattage	14
3.1.1. Réception des animaux	14
3.1.2. Accrochage	15
3.1.3. Saignée	15
3.1.4. Échaudage	15
3.1.5. Plumaison	15
3.1.6. Éviscération	16
3.1.7. Lavage	16
3.1.8. Refroidissement	16
3.1.9. Conditionnement	16
3.1.10. Transport	17
3.2. Origines de la contamination	17
3.2.1. Origine endogène	17
3.2.1.1. Flore profonde	17
3.2.1.2. Flore de surface	18
3.2.2. Origine exogène	18
3.2.2.1. Vecteurs animés	18
3.2.2.1.1. Homme	18

3.2.2.1.2. Animaux	18
3.2.2.2. Vecteurs inanimés	19
3.2.2.2.1. Sol	19
3.2.2.2.2. Eau	19
3.2.2.2.3. Air	19
3.2.2.2.4. Matériel et équipement	19
3.3. Facteurs influençant la charge bactérienne	19
3.3.1. Contamination initiale	20
3.3.2. Facteurs intrinsèques	20
3.3.2.1. Activité de l'eau (a_w)	20
3.3.2.2. pH	20
3.3.2.3. Potentiel d'oxydoréduction (rH)	20
3.3.2.4. Facteurs nutritionnels	21
3.3.3. Facteurs extrinsèques	21
3.3.3.1. Température	21
3.3.3.2. Humidité ambiante	22
3.3.4. Facteurs inhibiteurs	22
3.4. Pouvoir pathogène des germes	22
3.5. Action du froid sur les bactéries	22
3.5.1. Catégories des bactéries en fonction des températures de développement	22
3.5.2. Effets de la réfrigération sur les bactéries	23
3.5.3. Effets de la congélation sur les bactéries	23
3.6. Germes responsables des contaminations	23
3.6.1. Flore aérobie mésophile totale	23
3.6.2. Coliformes thermotolérants	24
3.6.3. Anaérobies sulfite-réducteurs à 46°C	24
3.6.4. <i>Staphylococcus aureus</i>	25
3.6.5. <i>Salmonella</i> spp	25
3.7. Conséquences de la contamination microbienne	25
3.7.1. Toxi-infections alimentaires	26
3.7.2. Conséquences économiques	26
4. Chapitre IV : Décontamination par l'hypochlorite de sodium	27
4.1. Définition de l'eau de Javel	27
4.2. Chlore résiduel	27
4.3. Mode d'action germicide du chlore	28
4.4. Risques liés à la consommation de produits traités par le chlore	28
4.5. Avantages et inconvénients de l'utilisation de l'hypochlorite de sodium dans le traitement des volailles	29
Partie expérimentale	
1. Objectifs de l'étude	30
2. Lieu et période d'étude	31
2.1. Présentation de l'abattoir	31
2.2. Présentation du laboratoire	32
2.3. Période d'étude	32
3. Matériels et méthodes	33

3.1. Matériels	33
3.1.1. Matériel animal	33
3.1.2. Matériel de prélèvement	33
3.1.3. Matériel de laboratoire	35
3.2. Méthodes	38
3.2.1. Échantillonnage	38
3.2.2. Préparation des solutions	38
3.2.2.1. Solution-mère	38
3.2.2.2. Dilutions décimales	39
3.2.3. Bactéries étudiées	40
3.2.4. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale à 30°C (FAMT)	40
3.2.4.1. Protocole	40
3.2.4.2. Incubation	41
3.2.4.3. Lecture et interprétation	41
3.2.5. Recherche et dénombrement des coliformes totaux à 37°C	42
3.2.5.1. Protocole	42
3.2.5.2. Incubation	42
3.2.5.3. Lecture et interprétation	42
4. Résultats et discussion	44
4.1. À l'état frais	44
4.1.1. Flore aérobie mésophile totale	44
4.1.2. Coliformes totaux	46
4.1.3. Relation entre la flore aérobie mésophile totale et les coliformes totaux	47
4.2. À l'état réfrigéré	47
4.2.1. Flore aérobie mésophile totale	47
4.2.2. Coliformes totaux	49
4.2.3. Relation entre flore aérobie mésophile totale et coliformes totaux	50
4.3. À l'état congelé	51
4.3.1. Flore aérobie mésophile totale	51
4.3.2. Coliformes totaux	53
4.3.3. Relation entre flore aérobie mésophile totale les coliformes totaux	54
4.4. Analyse générale	54
Conclusion	57
Recommandations	58
Références	
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

Les viandes blanches et leurs dérivés occupent une place de choix dans l'alimentation humaine, pour des raisons économiques et nutritionnelles (Clinquart *et al.*, 1999) : leur richesse en protéines de haute valeur biologique fait de cette viande un élément indispensable pour une alimentation équilibrée. Cependant, cette même raison la rend un terrain favorable à la prolifération microbienne (OMS, 2002).

L'abattage des animaux dans les abattoirs constitue une garantie car ces denrées y subissent une inspection sanitaire permanente permettant de dépister des maladies animales pouvant être transmises à l'homme (Goudiaby, 2005).

L'abattoir avicole constitue l'un des points critiques majeurs de l'hygiène des viandes de volailles. Lors des opérations d'abattage, des phénomènes d'inter-contamination se produisent, ce qui induit une prolifération des germes pathogènes sur des carcasses initialement saines (INRA, 2007).

Les micro-organismes responsables de la contamination superficielle des carcasses de viande sont révélateurs de l'hygiène globale du procédé d'abattage, alors que d'autres sont plus spécifiquement dus à une contamination d'origine digestive ou encore à la colonisation des équipements de la chaîne d'abattage (Anses, 2009).

Une grande partie des ces germes sont des bactéries ; ce sont des germes d'altération, qui provoquent la putréfaction de la viande, et parfois des germes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires (Cottin *et al.*, 1985).

Plusieurs études ont montré que cette putréfaction réduit la qualité nutritionnelle des protéines d'origine animale et, d'autre part, provoque des intoxications alimentaires par des germes transmis à l'homme. La viande et ses dérivés sont responsables de 70% des cas de toxi-infections alimentaires (Hobbs et Gilbert, 1978).

Une grande variété de produits chimiques est connue pour détruire ou limiter sévèrement la croissance des bactéries pathogènes ou d'altération. Le nombre de produits chimiques autorisés pour l'utilisation alimentaire est sévèrement limité. Parmi ces produits chimiques bactéricides, le chlore est le plus utilisé aux États-Unis dans le processus d'abattage de la volaille (FSIS-USDA).

L'objectif du présent travail est triple :

- Apprécier, par une étude quantitative et qualitative de la flore de contamination superficielle d'origine bactérienne, la qualité hygiénique des carcasses de poulet de chair issues de l'abattoir, ce qui renseignera sur les conditions d'abattage.
- Étudier l'évolution d'une partie de cette flore de contamination lors de la conservation des carcasses à température de réfrigération et de congélation.

- Évaluer l'efficacité de l'hypochlorite de sodium dans la décontamination des carcasses de poulets de chair.

Pour ce faire, le travail est divisé en deux parties :

- La première est bibliographique ; elle est consacrée à des rappels concernant l'inspection et la conservation des volailles, l'hygiène en établissements d'abattage avicole, la contamination bactérienne et la décontamination par l'hypochlorite de sodium.
- La deuxième partie est expérimentale ; elle étudie la mise en évidence des germes indicateurs d'hygiène dans la viande de poulet frais et leur évolution lors de la conservation à l'état réfrigéré et congelé, ainsi que l'efficacité de la décontamination des ces carcasses de volailles par l'hypochlorite de sodium.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Chapitre I : Inspection et conservation des volailles

1.1. Inspection *ante mortem*

L'inspection *ante mortem* est toute procédure ou toute inspection effectuée sur les animaux vivants par une personne compétente, afin de porter un jugement sur la sécurité, la salubrité et le sort réservé à ces animaux (tableau 1).

À l'abattoir, les volailles sont inspectées dans leurs caisses, sur les camions ou bien après déchargement.

L'inspection *ante mortem* donne une première impression de leur santé, mais chaque sujet réellement inspecté est examiné à l'entrée de la chaîne d'abattage. Un bon inspecteur sait juger d'un coup d'œil l'ensemble du corps. Si l'abattage est retardé de 24 heures, l'inspection doit être répétée (FAO/OMS, 2005).

Tableau 1. Inspection *ante mortem* des volailles (Cabre *et al.*, 2006)

Étapes de l'inspection	Signes cliniques observés	Suspensions étiologiques (limitées aux zoonoses)
Comportement	Abattement, somnolence, indolence, inappétence Troubles nerveux : convulsions, troubles de l'équilibre, paralysies, torticolis, troubles de la démarche (boiteries...)	Salmonellose (I), maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), chlamyphilose (C), pseudotuberculose (I) Maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), rouget (C), botulisme (I), listériose (I), chlamyphilose (C), pseudotuberculose (I)
Aspect général	Faiblesse généralisée, émaciation, mauvais état général (plumes ébouriffées,...) Signes cutanés : congestion ou œdème de la crête et des barbillons, hémorragies cutanées (en particulier de la tête), œdème de la tête et du cou	Salmonellose (I), maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), chlamyphilose (C), pseudotuberculose (I) Maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), rouget (C)
Appareil respiratoire	Troubles respiratoires : catarrhe oculonasal, dyspnée, râles, toux, ...	Maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), chlamyphilose (C), pseudotuberculose (I)
Appareil digestif	Diarrhée verdâtre, fientes blanchâtres éventuellement hémorragiques,...	Salmonellose (I), maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), chlamyphilose (C), pseudotuberculose (I)

(C) = transmission essentiellement par contact (notamment par voie respiratoire ou oculaire)

(I) = transmission essentiellement par ingestion

1.2. Contrôle du déroulement des opérations d'abattage

Les modalités de l'abattage des volailles sont assez spécifiques compte tenu, notamment, de la petite taille de ces animaux. Avant le début des opérations d'abattage, il convient de s'assurer que l'environnement est suffisamment adapté : éloignement de sources évidentes de contamination, existence de crochets pour suspendre les volailles, facilité de nettoyage et de désinfection. (Codex Alimentarius, 2005).

On contrôle également l'existence de matériels adaptés (couteaux, plan de travail, bac d'échaudage) et de possibilités de lavage des mains et des matériels (eau potable, désinfection).

1.3. Inspection *post mortem*

L'inspection *post mortem* est un examen anatomopathologique simplifié, uniquement macroscopique, qui repose essentiellement sur un examen visuel. Si nécessaire, une palpation et une incision sont effectuées, et, en cas de besoin, des examens de laboratoire doivent être réalisés.

Le tableau lésionnel est généralement non spécifique et repose surtout sur des lésions congestives ou hémorragiques des séreuses et des viscères.

Selon la FAO, c'est une procédure effectuée par une personne compétente sur les parties d'animaux abattus pour juger de leur sécurité sanitaire et de leur utilisation (Cabre *et al.*, 2006).

1.3.1. Techniques d'inspection

Une présentation *post mortem* uniforme est obligatoire en vue d'assurer une inspection efficace et optimale des carcasses de volailles :

1.3.1.1. Inspection des carcasses

Les carcasses soumises à l'inspection *post mortem* doivent être suspendues de façon à permettre un examen des surfaces externes et de la cavité interne. L'intérieur et l'extérieur de la carcasse sont inspectés afin de rechercher, en particulier, des lésions inflammatoires aiguës sur les séreuses (congestion, dépôt de fibrine) ou hémorragiques dans les muscles (tableau 2) (Cabre *et al.*, 2006).

Tableau 2. Diagnostic des principales maladies transmissibles des volailles, hors zoonoses (Cabre *et al.*, 2006)

Maladies	Principaux signes cliniques et lésionnels
Laryngotrachéite infectieuse aviaire	Formes suraiguës (taux de mortalité de 100 %), troubles respiratoires aigus (dyspnée, toux intense, expectoration de caillots sanguins,...), lésions de trachéite, obstruction de la trachée
Choléra aviaire (ou pasteurellose aiguë)	Prostration, diarrhée verdâtre, amaigrissement, œdème de la crête, des barbillons, des pattes et des articulations, pétéchies (foie, poumons, estomac, intestin), stries de couleur pâle à la surface du foie
Maladie de Marek (neurolymphomatose des gallinacés)	Développement de tumeurs lymphoïdes dans la peau et les organes internes provoquant des paralysies des pattes (grand écart) et du cou, atrophie des nerfs périphériques
Bronchite infectieuse	Râles, toux, éternuements, conjonctivite, sinusite, amaigrissement, sérosité et exsudat caséux dans les voies respiratoires, exsudat jaunâtre dans les sacs aériens
Bursite infectieuse aviaire	Immunodépression, abattement, diarrhée aqueuse, déshydratation, hémorragies musculaires, morbidité élevée (50 à 100 %), mortalité (0 à 50 %)
Maladie de Gumboro	Abattement, fientes couleur mastic, collantes colmatant l'anus, yeux collés, mortalité chez les poussins
Variole aviaire	Protubérances blanches autour des yeux, de la crête, des barbillons, aux commissures des lèvres, forme diphthérique buccale envahissant le larynx
Coccidiose	Diarrhées hémorragiques, hémorragies internes

1.3.1.2. Inspection des viscères

Les viscères à inspecter peuvent être soit détachés ou laissés attachés à la carcasse par leurs connections naturelles ; s'ils sont détachés, leur appartenance à la carcasse d'origine doit pouvoir être identifiée (tableau 3).

L'inspection des viscères comprend l'examen visuel du foie, des reins, de la rate, de l'appareil respiratoire (trachée et poumons), du cœur et du tractus gastro-intestinal. En cas de doute, des incisions pourront être réalisées en évitant tout risque de contamination, en particulier par les matières fécales.

Après l'inspection, les viscères sortis doivent être immédiatement séparés de la carcasse (Dahou et Bouketita, 2017).

Tableau 3. Inspection *post mortem* des volailles (Cabre *et al.*, 2006)

Étapes de l'inspection	Principales lésions recherchées	Suspensions étiologiques (limitées aux zoonoses)
Poumons, trachée	Lésions congestives ou hémorragiques de la trachée, des poumons Nodules ou tubercules jaunâtres	Maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), rouget (C), salmonellose (I), chlamydiafilose (C), pseudotuberculose (I) Tuberculose (I) (rare)
Cœur	Cœur congestionné et déformé, lésions de péricardite Lésions congestives ou hémorragiques Lésions d'endocardite, hémorragies sur le cœur	Salmonellose (I) Maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C) Rouget (C)
Foie	Congestion, hypertrophie du foie avec dépôts fibreux et lésions nécrotiques Nodules ou tubercules jaunâtres	Salmonellose (I), rouget (C) Tuberculose (I) (rare)
Tractus gastro-intestinal	Lésions hémorragiques (en particulier du ventricule succenturié), associées éventuellement à des ulcères Nodules ou tubercules jaunâtres	Maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C), salmonellose (I), pseudotuberculose (I) Tuberculose (I) (rare)
Rate	Congestion, hypertrophie de la rate avec dépôts fibreux Nodules ou tubercules jaunâtres	Salmonellose (I), rouget (C) Tuberculose (I) (rare)
Reins	Congestion et hypertrophie, foyers hémorragiques	Salmonellose (I), tuberculose (I) (rare)
Pattes	Arthrite avec synovite	Rouget (C)
Carcasse	Lésions congestives ou hémorragiques des séreuses	Maladie de Newcastle (C), influenza aviaire (C)

(C) = transmission essentiellement par contact (notamment par voie respiratoire ou oculaire)
(I) = transmission essentiellement par ingestion

1.3.2. Conduite à tenir

L'inspection sanitaire *post mortem* peut se conclure de trois manières : saisie totale de la carcasse et/ou des abattis, saisie partielle ou acceptation des viandes (carcasse ou abattis) (Cabre *et al.*, 2006).

1.3.2.1. Saisie totale

Dès la mise en évidence d'une lésion spécifique (tableau 2), l'inspection est immédiatement arrêtée afin de limiter les risques liés à la transmission par contact d'agents pathogènes, en particulier par voie respiratoire ou oculaire. Plus fréquemment, en l'absence de lésions spécifiques, les carcasses feront l'objet de saisie totale sans identification de l'agent étiologique.

Quelques exemples de motifs de saisie totale :

- Mort résultant d'une cause autre que l'abattage.
- Lésions et ecchymoses étendues.
- Consistance, couleur, odeur, saveur anormales.
- Putréfaction, hydrohémie, ascite, ictère.
- Maladies infectieuses généralisées.
- Aspergillose.
- Toxoplasmose.

- Parasitisme sous-cutané ou musculaire.
- Tumeurs malignes ou multiples.
- Leucoses.
- Intoxications.

Les carcasses de volailles jugées impropres à la consommation doivent être conservées dans une salle distincte avant leur dénaturation (Cabre *et al.*, 2006).

1.3.2.2. Saisie partielle

La saisie partielle concerne les viscères lorsque des lésions (généralement parasitaires) y sont localisées de façon spécifique, sans aucun signe d'extension ou de généralisation sur la carcasse. Des lésions traumatiques sont aussi fréquemment observées. Les volailles peuvent se blesser à l'élevage, pendant le transport ou encore pendant les premières étapes de l'abattage. Cela se traduit par la présence d'hémorragies dont on devra apprécier l'étendue et l'ancienneté : des lésions récentes localisées et sans répercussion sur l'état général peuvent n'entraîner qu'un rejet de la zone atteinte. Dans tous les autres cas, un rejet total devra être effectué (Cabre *et al.*, 2006).

1.3.2.3. Acceptation des viandes

Elle ne peut être prononcée que si l'ensemble des résultats de l'inspection sanitaire est favorable. Le cœur, le foie et le gésier sont les seuls abattis admissibles pour la consommation humaine. Ils doivent être soigneusement nettoyés à l'eau potable après retrait du péricarde, de la vésicule biliaire et de la cuticule du gésier (Cabre *et al.*, 2006).

1.4. Marquage de salubrité

Le marquage de salubrité doit être effectué sous la responsabilité d'un vétérinaire officiel qui en détient et les conserve à cet effet. Cela consiste en :

- Pour carcasses non emballées, la fixation sur chacune d'elles d'une estampille. Cette dernière doit être en matière résistante, et doit répondre à toutes les exigences d'hygiène.
- Pour les carcasses et parties de carcasses emballées, une marque imprimée sur une enveloppe, qui doit être fermée de manière à rendre son réemploi impossible après l'ouverture (Norme CEE-ONU 2007).

1.5. Conservation par le froid

Le froid est une technique de conservation des aliments qui arrête ou ralentit l'activité cellulaire, les réactions enzymatiques et le développement des micro-organismes. Le froid prolonge ainsi la durée de vie des produits frais, végétaux et animaux en limitant leur altération (Murielle, 2009).

Le respect de la chaîne de froid contribue à assurer l'innocuité des aliments et à conserver leur qualité puisque toute hausse de température accélère la croissance des micro-organismes et réduit la durée de vie de l'aliment (Québec, 2014).

Pour la volaille fraîche préemballée, la date limite de consommation est toujours indiquée (tableau 4) car il s'agit d'un produit très périssable. Afin d'éviter tout risque pour la santé, il est impératif de la consommer avant cette date. La volaille décongelée doit être cuisinée et, si possible, consommée le jour même (Silvio, 2009).

Tableau 4 : Conditions de conservation des volailles (Silvio, 2009)

Aliment	Conditions de stockage	Durée de stockage
Volaille fraîche en vrac, crue	Au réfrigérateur	1-2 jours
Volaille fraîche, préemballée, crue	Au réfrigérateur	Selon la date limite de consommation
Volaille cuite	Au réfrigérateur, à couvert	2-3 jours
Salade de volaille	Au réfrigérateur, à couvert	2-3 jours
Volaille congelée Maison	Au congélateur à -18°C, bien emballée pour éviter les brûlures de congélation	4-6 mois

1.5.1. Conservation par réfrigération

La réfrigération consiste à entreposer les aliments à une température basse, proche du point de congélation mais toujours positive par rapport à celui-ci (Darinmou, 2000).

La réfrigération correspond donc à une conservation par le froid positif pendant une durée limitée puisque les produits réfrigérés bénéficient d'une date limite de consommation.

Il existe trois règles fondamentales à respecter dans l'application du froid :

- La réfrigération doit s'appliquer à des aliments sains au départ.
- Le refroidissement doit être fait le plus tôt possible.
- La réfrigération doit être continue tout au long de la filière de distribution : la chaîne de froid ne doit pas être interrompue (Émilie, 2009).

La température dans l'aire d'entreposage des volailles, des carcasses, des parties de volailles et autres matières comestibles non congelées doit être de +4°C ou moins et protégées contre la détérioration et la formation de moisissures. Elles doivent être inspectées régulièrement et expédiées pour la vente dans un ordre rigoureux. Les chambres froides servant à l'entreposage en vrac doivent de préférence être munies d'un équipement de dégivrage automatique. Il faut prendre soin d'éviter de faire pénétrer des saletés dans ces chambres (CAC/RCO 14-1974).

1.5.2. Conservation par congélation

C'est l'action de soumettre au froid (à -30°C) afin de conserver (à -18°C) des produits alimentaires. La congélation est un procédé de conservation de longue durée car elle inhibe à la fois l'altération enzymatique, chimique et le développement microbien. Et elle permet la conservation des aliments à plus long terme que la réfrigération (Émilie, 2009).

Les carcasses, les parties de volailles et autre matières comestibles destinées à la conservation par congélation doivent être congelées dès que possible et ne doivent pas être gardées à l'état réfrigéré pendant plus de 72 heures (CAC/RCO 14-1974).

2. Chapitre II : Hygiène en établissements d'abattage avicole

2.1. Généralités sur les abattoirs avicoles

L'abattoir est le siège d'activités diverses (figure 1) dont le but principal est d'obtenir, à partir d'animaux vivants sains, des carcasses, dans les conditions d'efficacité technique, sanitaire et économique les meilleures possibles. Accessoirement, les autres parties de l'animal y sont traitées ou recueillies pour être valorisées (Jouve et Louisot, 1996).

L'abattoir périphérique résout un problème d'environnement qui perdure, depuis des siècles. Il permet, en effet, par sa concentration d'activités, une surveillance harmonisée plus active et plus rigoureuse. C'est la raison pour laquelle les abattoirs publics sont compris au nombre des établissements insalubres de première classe qui doivent être éloignés des habitations et ne peuvent être ouverts sans autorisation et agrément de l'autorité administrative (AEU, 2008 ; Kheiri et Sadeddine, 2009).

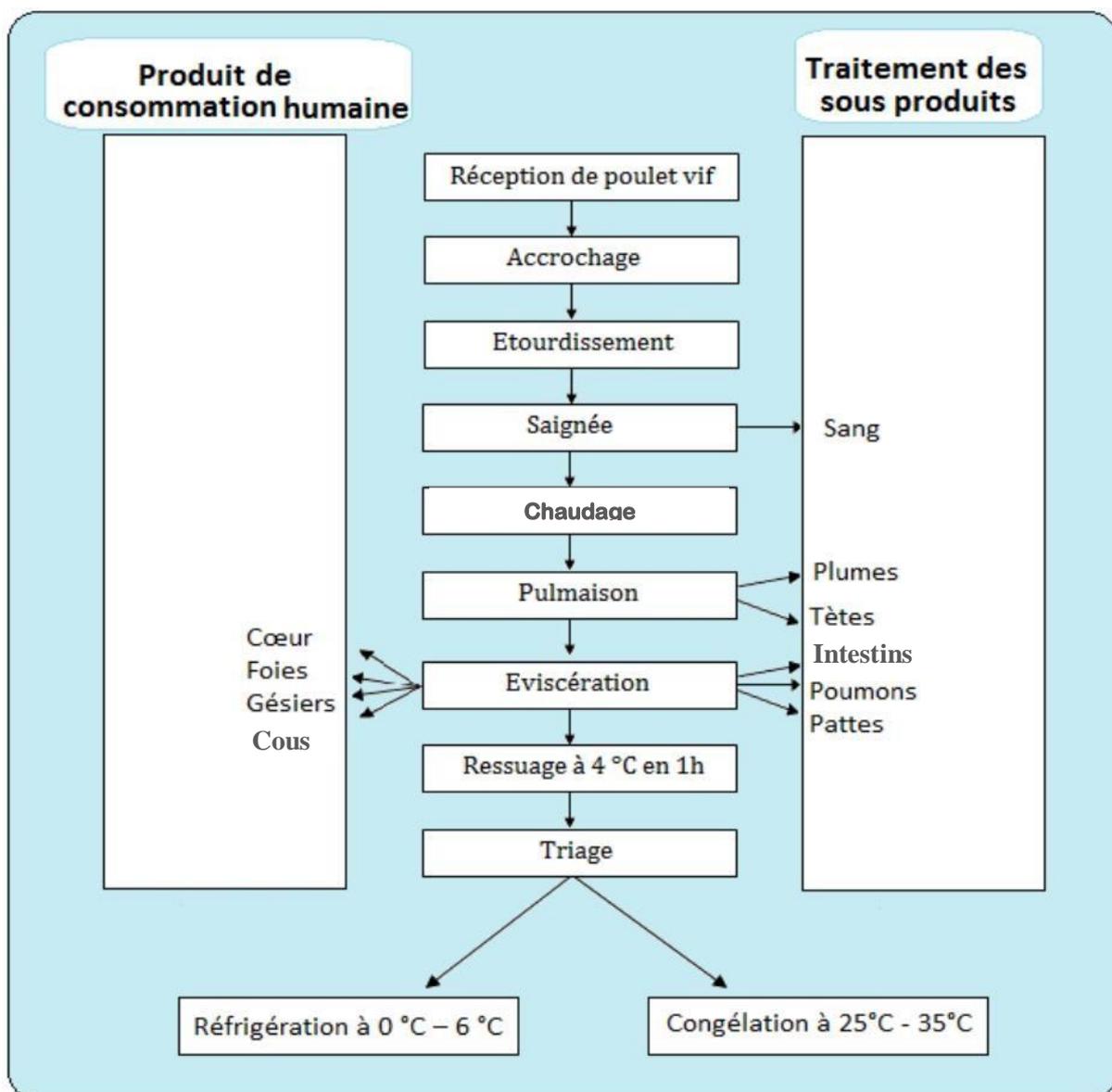


Figure 1 : Diagramme du processus d'abattage du poulet (Chama et Zerouali, 2007)

2.2. Règles d'hygiène générales

2.2.1. Hygiène du personnel

L'homme constitue le réservoir principal des bactéries dans l'environnement du produit alimentaire. Il est un élément actif susceptible de contaminer, par son intervention, le produit à différents stades de la transformation. La prévention de ces contaminations humaines repose sur quatre principes : hygiène vestimentaire, hygiène corporelle, suivi de l'état de santé du personnel et sa formation en règles d'hygiène (Jouve et Louisot, 1996).

La manipulation des viandes est interdite aux personnes susceptibles de les contaminer, notamment celles :

- Exerçant une activité incompatible avec la manipulation des viandes,
- Portant un pansement aux mains.

Toute personne affectée à la manipulation des viandes doit subir un examen médical dans le cadre de la médecine du travail, prouvant son état de bonne santé. Cet examen est renouvelable tous les 6 mois et chaque fois que le vétérinaire inspecteur de l'abattoir en fait la demande (Anonyme, 1997).

2.2.2. Hygiène du matériel et des locaux

Le matériel et les instruments de travail doivent être soigneusement nettoyés et désinfectés plusieurs fois au cours d'une même journée de travail et à chaque fin de journée. Le matériel et les instruments souillés et contaminés doivent être lavés et désinfectés avant toute réutilisation. Les cages servant à la livraison des volailles doivent être désinfectées chaque fois qu'elles sont vidées de leur contenu.

Les locaux doivent être constamment tenus en parfait état de propreté. Ils doivent être fermés un jour par semaine et complètement désinfectés.

Le nettoyage et la désinfection des locaux, du matériel et des instruments de travail doivent être réalisés selon les modalités suivantes :

- Lavage à l'eau sous pression afin d'éliminer la plus grande partie des matières organiques.
- Lavage, à l'aide d'une brosse, à l'eau chaude additionnée d'un détergent.
- Désinfection des murs, des sols, des surfaces de travail, du matériel et des équipements avec l'eau additionnée d'un désinfectant.
- Égouttage, sans essuyage, du matériel et des instruments de travail lavés et désinfectés. Il est interdit d'épandre de la sciure ou toute autre matière analogue sur les sols de ces locaux (Anonyme, 1997).

les possibilités de contamination.

À l'issue de l'inspection et de l'enlèvement des viscères, les viandes de volaille doivent être immédiatement nettoyées et refroidies de manière à être amenées le plus rapidement possible à une température inférieure ou égale à $+4^{\circ}\text{C}$ pour les viandes réfrigérées, et -12°C pour les viandes congelées (Anonyme, 1997).

3. Chapitre III : Contamination bactérienne

Les contaminations de la viande de poulet de chair par les bactéries sont à l'origine de deux risques principaux :

- Risque pour la santé publique (qualité hygiénique) lors de contaminations par les bactéries pathogènes.
- Risque sur la présentation du produit final (qualité organoleptique) lors de contaminations par les germes d'altération (Guy, 2000).

3.1. Contamination des viandes blanches au cours des opérations d'abattage

L'abattage est une opération fondamentalement influente sur l'avenir du produit. La contamination des viandes blanches aux abattoirs (figure 3) peut se produire de différentes manières (Manzali, 2011) :

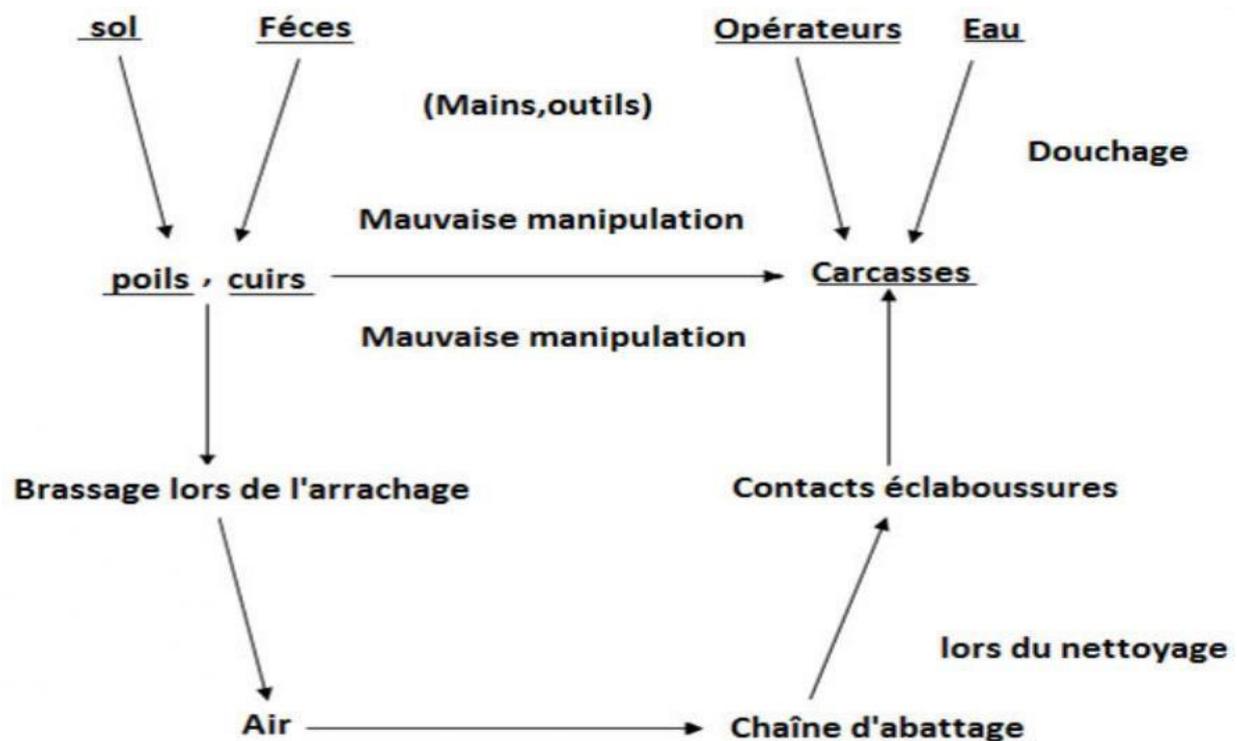


Figure 3 : Mécanismes de contamination superficielle des carcasses à l'abattoir (Nicolle, 1986)

3.1.1. Réception des animaux

Les camions, à leur arrivée, attendent dans la zone de réception où une vérification hygiénique et une pesée sont effectuées (Manzali, 2011). L'inter-contamination ou contamination croisée peut survenir au cours de cette phase. Les cages servant au transport des volailles peuvent contenir, au moment du ramassage, des matières fécales contaminées par des germes potentiellement pathogènes et être des vecteurs de la contamination des lots préalablement sains, d'où la nécessité de la maîtrise du poste de nettoyage-désinfection des cages vides.

Ces cages doivent être nettoyées et désinfectées chaque fois qu'elles sont vidées de leur contenu (Bolder et Mulder, 1983).

3.1.2. Accrochage

Les volailles sont accrochées aux manilles par les pattes de façon que la volaille se débatte le moins possible (Manzali, 2011).

3.1.3. Saignée

Le contrôle de ce poste est nécessaire car les volailles continuent à perdre du sang pendant 3 à 5 mn après section des vaisseaux. Il est donc nécessaire de prévoir un temps relativement long (2 à 3 minutes supplémentaires) avant l'étape suivante, afin de prévenir l'apparition d'une coloration rosée de la carcasse ou encore des pétéchies pouvant entraîner une accélération du processus d'altération au cours de la conservation (Cisse, 1996).

3.1.4. Échaudage

Les contaminations peuvent être d'origines multiples :

- Mauvais nettoyage et désinfection des bacs.
- Contamination par le plumage des animaux.
- Contamination par les fientes libérées lors du relâchement sphinctérien consécutif à la mort.
- Contamination par les pattes des animaux (Salvat *et al.*, 1995).

3.1.5. Plumaison

Trois modes de contamination sont possibles à ce niveau :

- Par la pression exercée sur la peau, les doigts plumeux entraînent un transfert de la contamination des plumes gorgées d'eau d'échaudage, elle-même chargée de microorganismes, vers les follicules plumeux et la surface de la peau.
- Les doigts plumeux, lorsqu'ils sont mal nettoyés ou désinfectés, peuvent constituer une source supplémentaire de microorganismes. En effet, la formation d'un biofilm à la surface de ces doigts et la colonisation secondaire de ce biofilm par des bactéries pouvant être pathogènes (*Staphylococcus*, *Listeria*, *Campylobacter*,...) entraîne la prolifération progressive de microorganismes sur les carcasses.
- Au cours de la plumaison et juste après cette étape, on observe un refroidissement progressif de la surface de la peau, du fait de l'arrosage de la carcasse par l'eau de rinçage des plumeuses. Ce refroidissement entraîne la fermeture des follicules plumeux dilatés, ce qui va emprisonner les bactéries (Salvat *et al.*, 1995).

3.1.6. Éviscération

L'éviscération automatique rend possible la rupture de l'intestin, notamment lors de mauvais réglages. L'arrachage de la grappe intestinale de façon manuelle est une possibilité de contamination de la carcasse par les mains du manipulateur, souillées de matières fécales. Le rinçage en continu de la carcasse au cours des étapes d'éviscération entraîne une diminution significative de la contamination par les bactéries d'origine fécale, notamment les salmonelles. Au contraire, un simple rinçage en fin d'éviscération n'a pas une efficacité comparable, probablement du fait de l'adhésion plus importante des bactéries à ce stade (Salvat *et al.*, 1995).

3.1.7. Lavage

Le lavage peut secondairement être une source d'apport de bactéries d'origine intestinale lorsque les buses de lavage sont souillées par un biofilm (Salvat *et al.*, 1995). Le lavage final dans un bac d'eau présente aussi des risques :

- La qualité de l'eau utilisée peut être à l'origine de la contamination par apport de bactéries.
- Le passage des carcasses successives est à l'origine d'inter-contaminations.
- Les conditions d'hygiène générale du matériel et du personnel (Guy, 2000).

3.1.8. Refroidissement

Le refroidissement des poulets s'effectue soit par trempage dans de l'eau glacée ou par passage dans des couloirs où est introduit de l'air froid par ventilation. Lors de refroidissement à l'eau glacée, la contamination croisée est d'autant plus fréquente que le nombre de bactéries présentes sur les carcasses à l'entrée est élevé. La contamination survient par contact entre les carcasses par l'intermédiaire de l'eau. Pour limiter ce risque, il est recommandé d'utiliser un système à contre-courant où les carcasses cheminent à partir d'une zone contaminée, vers une partie propre d'où s'effectue l'arrivée d'eau froide.

Le refroidissement à l'air, utilisé seulement pour des carcasses destinées à être vendues à l'état réfrigéré, ne provoque pas de modification notable de la contamination par les différents germes. Le trempage des carcasses dans un bac d'eau glacée assure un refroidissement plus rapide, mais les contaminations croisées par l'eau du bac de refroidissement est possible et même fréquent (Carlier et Lagrange, 2001).

3.1.9. Conditionnement

À ce stade, les manipulations et les nombreux contacts avec des surfaces souillées (bacs, chariots, tables) peuvent être à l'origine de contaminations croisées. Cependant, cette étape n'est pas considérée comme un site majeur de contamination par *salmonella*.

L'abattoir peut ainsi intervenir en amplifiant les phénomènes de contaminations croisées (Salvat *et al.*, 1993).

3.1.10. Transport

Il y a lieu de distinguer entre le transport sur courte distance, par exemple de l'abattoir local à la boutique du boucher détaillant, et le transport sur longue distance.

Pendant le transport de l'abattoir aux magasins de détail, les viandes risquent de subir une contamination massive. Tel est, notamment, le cas dans les pays où les bouchers prennent eux-mêmes livraison de leur viande à l'abattoir et la transportent jusqu'à leur boutique. Il est avantageux de prévoir, pour les livraisons, des véhicules conçus selon les règles d'hygiène et dont l'intérieur est étanche et facile à nettoyer.

Les règlements sanitaires relatifs au transport des viandes doivent être appliqués rigoureusement. L'utilisation des mêmes véhicules pour le transport des carcasses et pour celui des animaux vivants est interdite. Si les carcasses doivent être transportées en même temps que d'autres marchandises, il faudra les envelopper dans des emballages qui empêcheront leur contamination.

Le transport des viandes sur longue distance est généralement bien organisé, beaucoup de soin devant être accordé à la réfrigération, à la propreté et aux caractéristiques fonctionnelles des véhicules (Burdette et Abbott, 1960).

3.2. Origines de la contamination

Les origines des contaminations sont de deux types :

- Origine endogène.
- Origine exogène.

3.2.1. Origine endogène

Les carcasses de volailles peuvent être contaminées par des germes dont l'habitat est normalement l'organisme animal. On distingue deux types de flore endogène :

- La flore profonde.
- La flore de surface.

3.2.1.1. Flore profonde

La flore profonde est localisée dans le tube digestif, représentée par les coliformes, *Clostridium*, streptocoques fécaux, salmonelles et *Shigella* (Guy, 2000).

3.2.1.2. Flore de surface

Elle est constituée par *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Microbacterium*, staphylocoques, streptocoques et *Campylobacter*. Ces différents germes vivent sur la peau des volailles.

Les contaminations d'origine endogène se produisent soit directement par le système lymphatique ou par le sang, soit au moment de l'abattage à partir de la flore des muqueuses, de la peau ou de l'intestin (Guy, 2000).

3.2.2. Origine exogène

Les sources exogènes sont nombreuses. On parle dans ce cas également de contamination secondaire, qui fait intervenir plusieurs vecteurs animés et inanimés.

3.2.2.1. Vecteurs animés

3.2.2.1.1. Homme

L'homme peut être un vecteur actif ou passif de dissémination des germes :

➤ Vecteur actif

L'homme est hôte de nombreux germes. Il constitue une source abondante et renouvelée de micro-organismes divers qui vont contaminer les carcasses de volailles lors de leur préparation. Les micro-organismes proviennent des personnes malades ou des porteurs sains.

Chez l'homme, dans la bouche, la gorge et le nez, on rencontre des levures, lactobacilles, streptocoques, staphylocoques, corynébactéries à l'origine de rhumes, d'angines et de sinusites.

Dans le tube digestif se trouvent les coliformes, les salmonelles et les *Shigella*. La peau, quant à elle, contient, dans les glandes sébacées et sudoripares, des staphylocoques, des streptocoques et des corynébactéries (Rozier, 1990).

➤ Vecteur passif

L'homme transmet les germes aux carcasses de volailles par l'intermédiaire des crachats et postillons (par la bouche), des mains et des vêtements souillés (Guy, 2000).

3.2.2.1.2. Animaux

- Les volailles constituent elles-mêmes des sources importantes de germes résidant dans le tube digestif, la peau, les cavités nasales, les plumes et les lésions cutanées. La viande de volailles peut être contaminée au cours de l'abattage et des diverses étapes ultérieures, par les contenus intestinaux des animaux sains mais excréteurs (OMS-FAO, 1976).

- Autres animaux : les rongeurs, les oiseaux et les insectes peuvent constituer des réserves pour divers germes (staphylocoques, streptocoques et salmonelles) (Silliker *et al.*, 1980).

3.2.2.2. Vecteurs inanimés

3.2.2.2.1. Sol

Le sol est l'habitat des germes telluriques. Il contient des spores de bacilles et de clostridies. Quant aux *Salmonella*, leur survie dans le sol est influencée par de nombreux facteurs : le nombre initial de micro-organismes, les nutriments disponibles, la température, l'humidité et les autres flores microbiennes (Wray, 1975).

3.2.2.2.2. Eau

L'eau est abondamment utilisée dans les abattoirs mais son utilisation n'est pas sans effet néfaste car elle peut constituer une source de multiplication de germes, surtout dans les endroits humides, non nettoyés régulièrement.

L'eau constitue une source importante d'apport de *Pseudomonas* et d'*Aeromonas*. Les bacs de refroidissement des volailles se chargent en *Pseudomonas* et les bacs d'échaudage par les salmonelles (Rozier *et al.*, 1985).

3.2.2.2.3. Air

L'air peut contenir des spores de moisissures, des bactéries et des germes divers qui se dissimulent dans le milieu ; il constitue ainsi un élément de contamination.

Au cours des opérations d'abattage, saignée ou plumaison, de nombreux germes peuvent se propager dans l'air (Guy, 2000).

L'air peut se charger de microorganismes responsables d'altérations voire de maladies. En effet, les poussières et les particules véhiculées par l'air sont susceptibles de contaminer les surfaces de travail ainsi que les carcasses. Elles peuvent provenir du sol, des tenues du personnel et des murs (Andjongo, 2006).

3.2.2.2.4. Matériel et équipements

Le matériel et les équipements qui servent à la préparation des carcasses peuvent être à l'origine de contaminations lorsqu'ils sont souillés (Guy, 2000).

3.3. Facteurs influençant la charge bactérienne

Plusieurs facteurs interviennent pour favoriser ou inhiber le développement des micro-organismes :

3.3.1. Contamination initiale

Le nombre de germes influe sur le temps de latence de la croissance bactérienne, et le germe qui prédomine oriente les risques en sa faveur (Guy, 2000).

3.3.2. Facteurs intrinsèques

3.3.2.1. Activité de l'eau (a_w)

L'eau libre est indispensable pour le développement des microorganismes. L'exigence en cette eau varie avec les espèces, les groupes et les genres. L'activité de l'eau, ou a_w , mesure en fait la disponibilité en eau libre dans le milieu dans lequel se trouve la microflore. D'une manière générale, plus l' a_w est élevé, plus la croissance de la microflore est intense. La plupart des bactéries ont un optimum de croissance autour de 0,99 à 0,995 (Mescle et Zucca, 1988).

Les microorganismes sont classés en fonction de l'activité de l'eau en trois groupes :

- Les germes mésophiles
- Les germes xérophiles
- Les germes hygrophiles (Rozier *et al.*, 1985).

3.3.2.2. pH

Après l'abattage de l'animal, le pH du muscle décroît progressivement et passe de sa valeur physiologique de 7,0 - 7,2 à une valeur voisine de 5,3 - 5,8 selon l'espèce animale considérée et, au sein d'une même espèce, selon le muscle considéré. Les bactéries se développent sur des milieux dont le pH varie de 4,5 à 9, avec un optimum de 6,5 à 7,5. On observe que leur vitesse de croissance se trouve réduite par tout abaissement de ce paramètre (Mescle et Zucca, 1988).

3.3.2.3. Potentiel d'oxydoréduction (rH)

Après la mort de l'animal, le muscle, ayant des réserves en oxygène, présente un potentiel d'oxydoréduction profond, positif et élevé (+ 250 mv), ce qui est favorable à la multiplication des germes aérobies (Craplet, 1966). Ensuite, les réserves en oxygène n'étant plus renouvelées par le sang, le potentiel d'oxydoréduction profond diminue, favorisant ainsi le développement des germes anaérobies de la putréfaction (Bourgeois *et al.*, 1996).

Selon leur mode métabolique, on reconnaît différentes catégories de micro-organismes :

- Aérobie stricts : ne peuvent croître qu'en présence d'oxygène.
- Micro-aérophiles : bien qu'exigeant de l'oxygène, affectionnent les milieux peu oxygénés.
- Anaérobies stricts : ne se développent qu'en l'absence d'oxygène.
- Aérobie anaérobies facultatifs : se développent quel que soit le potentiel d'oxydoréduction du milieu.

3.3.2.4. Facteurs nutritionnels

La plupart des micro-organismes se développent dans les viandes car ils y trouvent l'ensemble des nutriments nécessaires pour leur croissance. Les besoins nutritifs des microbes sont extrêmement variables, allant des microbes peu exigeants (eau, oxygène, gaz carbonique, minéraux, azote simple, énergie) aux microbes très exigeants (azote sous forme d'aminoacides, vitamines (Marchandin, 2007)).

3.3.3. Facteurs extrinsèques

3.3.3.1. Température

La température est un des principaux facteurs qui influencent la croissance bactérienne. Ainsi, chaque bactérie possède une plage de température permettant une croissance optimale. Selon l'intervalle de température concernée, on classe les bactéries en 3 grands groupes (Bornert, 2000) :

➤ Psychrophiles et psychrotrophes

Les psychrophiles sont des microorganismes qui se développent à des températures allant de 0 à +20°C, avec un optimum à 15°C, comme *Bacillus psychrophilus* et *Chlamydomonas nivalis*.

Les psychrotrophes sont des microorganismes qui se développent à des températures comprises entre 0 et +35°C, avec un optimum de croissance à +20°C - +35°C, comme *Pseudomonas*, *Alcalifenes*, *Lactobacillus* et *Streptomyces*. C'est un groupe intermédiaire entre les psychrophiles et les mésophiles.

➤ Mésophiles

Les mésophiles se multiplient à des températures allant de +20°C à +40°C, avec un optimum à +37°C. La majorité des genres et des espèces bactériennes appartiennent à ce groupe. Ce sont les espèces communes et les espèces pathogènes pour l'homme et l'animal ; elles sont pour la plupart des saprophytes naturels comme *Escherichia coli*, salmonelles, staphylocoques et *Campylobacter*.

➤ Thermophiles

Les thermophiles sont les microorganismes qui se développent dans des températures allant de +40°C à +65°C, avec un optimum à +55°C. Dans le domaine de la microbiologie alimentaire, ils sont représentés surtout dans les genres bactériens *Bacillus*, *Clostridium* et certaines moisissures comme *Aspergillus* et *Cladosporium*.

3.3.3.2. Humidité ambiante

Une viande conservée dans une atmosphère ayant une humidité relative trop élevée (supérieure à 95%) favorise le développement intense d'une microflore de surface, tandis que celle entreposée en ambiance sèche se conserve plus longtemps (Bourgeois et Leveau, 1991).

3.3.4. Facteurs inhibiteurs

Parmi les facteurs inhibant le développement des micro-organismes, on peut citer les changements physico-chimiques du milieu, l'épuisement des éléments nutritifs indispensables et les phénomènes de compétition entre les différents germes (Guy, 2000).

3.4. Pouvoir pathogène des germes

Le pouvoir pathogène des germes est très variable et permet de distinguer plusieurs espèces :

- Espèces à pouvoir infectieux : Streptocoques et salmonelles qui envahissent l'hôte et se multiplient dans le tube digestif, à l'origine d'infections.
- Espèces à pouvoir toxigène : Elles libèrent une toxine dans l'aliment, et c'est la toxine qui entraîne les troubles ; c'est le cas des staphylocoques.
- Espèces à caractère mixte : Elles agissent en se multipliant dans le tube digestif et en sécrétant des toxines. Ces espèces possèdent un pouvoir infectieux et un pouvoir toxigène, et sont à l'origine des toxi-infections, comme *Salmonella*.
- Espèces qui agissent en transformant les substrats en toxines : *Clostridium*.
- Bactéries saprophytes : Elles dégradent les aliments : *Pseudomonas*, *Proteus* et coliformes (Guy, 2000).

3.5. Action du froid sur les bactéries

3.5.1. Catégories des bactéries en fonction des températures de développement

Les denrées alimentaires sont contaminées par de nombreuses espèces de bactéries classées en fonction de leur température de développement :

- Les thermophiles correspondent à celles qui aiment la chaleur (*Clostridium*). Leur croissance est très rapide, explosive dans les meilleures conditions.
- Les mésophiles sont celles qui se développent bien à des températures modérées : la majorité des germes pathogènes (salmonelles).
- Les psychrophiles (ou psychrotrophes) sont celles qui se portent bien quand les températures sont basses, ou qui préfèrent le froid : exemple *Pseudomonas*, responsables des altérations. Leur croissance est généralement lente (Rosset, 1997).

3.5.2. Effets de la réfrigération sur les bactéries

L'action de la réfrigération se manifeste par l'inhibition de la flore pathogène, le ralentissement du développement de la flore de contamination et la sélection des espèces psychrophiles.

- Inhibition de la flore pathogène : au fur et à mesure que la température s'abaisse, la croissance des germes pathogènes est progressivement réduite, voire complètement inhibée. La toxinogénèse est également concernée par cette action du froid.

- Ralentissement du développement de la flore de contamination : la croissance des bactéries est considérablement réduite quand la température diminue. Lorsqu'elle atteint celle de la réfrigération, le temps de latence devient élevé.

- Sélection des espèces psychrotrophes et des espèces psychrophiles : ce sont les espèces bactériennes les plus résistantes aux basses températures. Ainsi, aux températures de réfrigération, elles peuvent encore se multiplier alors que les autres, notamment les espèces mésophiles et thermophiles, sont complètement inhibées.

Il est donc certain que les températures de réfrigération constituent un moyen de conservation efficace des denrées contre les altérations bactériennes. Cependant, leur effet bactéricide est nul. Cet effet est obtenu aux températures négatives lors de la congélation (Rosier *et al.*, 1985).

3.5.3. Effets de la congélation sur les bactéries

La congélation a une action beaucoup plus efficace vis-à-vis des bactéries : arrêt total de leur développement, forte réduction de l'activité de leurs enzymes, effet létal qui est lié à la formation de la glace (Rosier *et al.*, 1985).

Néanmoins, cet effet bactéricide n'est jamais complet. Il est fonction de la nature et du stade évolutif des germes. Ainsi, les spores bactériennes résistent parfaitement aux températures de congélation.

Parmi les formes végétatives, les espèces psychrophiles et psychrotrophes sont beaucoup moins sensibles que les espèces mésophiles et thermophiles. Il est donc tout à fait possible de retrouver ces germes dans les denrées alimentaires stockées à des températures négatives.

C'est pourquoi l'examen bactériologique est nécessaire pour ces produits et permet de mettre en évidence les bactéries ayant résisté au froid (Rosset, 1997).

3.6. Germes responsables des contaminations

3.6.1. Flore aérobie mésophile totale

La flore aérobie mésophile totale (FAMT) est constituée d'un ensemble de micro-organismes variés, correspondant aux germes banals de contamination. Ces germes n'agissent pas sur l'aliment et n'ont de répercussion, du point de vue qualitatif (altération du produit) et hygiénique (santé du consommateur), qu'au-delà d'une certaine quantité.

Cette flore est un indicateur d'hygiène important ; en effet, elle permet d'évaluer la charge bactérienne globale présente dans un produit ou sur une surface. Ce dénombrement se fait à 30°C, ce qui permet de dénombrer trois grands types :

- Flore thermophile : température optimale de croissance à 45°C.
- Flore mésophile : température optimale de croissance à 20 - 40°C.
- Flore psychrophile : température optimale de croissance à 20°C.

Bien que pour la plupart des espèces, ces bactéries ne soient pas dangereuses pour la santé, leur détection dans les aliments traduit une altération, ce qui amoindrit la qualité intrinsèque de la denrée : goût, odeur, aspect (Bouhaya et Cheraf, 2009).

3.6.2. Coliformes thermotolérants

On appelle "coliformes thermotolérants" les coliformes capables de se développer à 44°C. Cette catégorie inclut essentiellement *E. coli*, ce qui se traduit parfois par l'appellation "*Escherichia coli* présomptifs". Cette flore est plus spécifique de la contamination fécale.

Escherichia coli fait partie de la famille des *Enterobacteriaceae*. Il s'agit de courts bâtonnets mobiles au moyen de flagelles péritriches, à Gram négatif, anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase négative, mesurant 2 à 4 µm de long et d'un diamètre d'environ 0,6 µm.

La présence d'*E. coli* dans les aliments et l'eau est considérée comme une indication de contamination fécale (Nahdi, 2016).

3.6.3. Anaérobies sulfite-réducteurs à 46°C

Les germes anaérobies sulfite-réducteurs, ou *Clostridium* sulfite-réducteurs, tel que *Clostridium perfringens*, ont tous des points communs : ils sont classiquement définis comme des bactéries de la famille des *Bacillaceae*, à Gram positif, de forme bacillaire (gros bacilles), se présentant seules ou en paires, anaérobies stricts, sporulées, immobiles, catalase négative, réduisant les nitrates en nitrites et fermentant le lactose avec production de gaz.

Leur aptitude à sporuler leur confère une grande thermorésistance. Ce sont des bactéries mésophiles, avec une température optimale de croissance à 45°C, à activité de l'eau (a_w) minimale d'environ 0,94.

Les *Clostridium* sulfite-réducteurs sont des bactéries ubiquitaires, présentes dans le sol mais aussi dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Les contaminations des aliments sont donc fréquentes (Bouhaya et Cheraf, 2009).

3.6.4. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est un germe de la famille des *Micrococcaceae*. Il s'agit de cocci à coloration de Gram positive, souvent disposés en grappes, non sporulés, coagulase positive. Capable de produire une toxine, ce germe est présent en faible nombre sur l'animal vivant. Mais par la suite, il est disséminé sur l'ensemble de la carcasse, notamment lors de l'habillage. Au total, il est non sporulé, immobile, catalase positif, oxydase positif et avec un métabolisme respiratoire fermentatif.

Cette espèce fait partie des bactéries aéro-anaérobies facultatives, mais préférant le métabolisme aérobie. C'est un germe mésophile, capable de se multiplier entre 4 et 46°C, de manière optimale à 37°C, à un pH allant de 5 à 9, avec un optimum de 7,2 à 7,6 et un aw de 0,86 en aérobiose et 0,90 en anaérobiose (Nahdi, 2016).

3.6.5. *Salmonella* spp

Les bactéries du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce genre regroupe de petits bacilles, Gram négatif, habituellement mobiles par des cils péritriches, mais des mutants immobiles peuvent exister : *S. Gallinarum* est toujours immobile. Ces bactéries mesurent 0,7 à 1,5 µm de diamètre pour 2 à 5 µm de longueur et sont aéro-anaérobies facultatives, oxydase négatives et nitrate réductase positives. Elles sont mésophiles, capables de se développer à des températures comprises entre 5,2 et 47°C, et de manière optimale entre 35 et 37°C, à des pH compris entre 4,5 et 9 et un aw supérieur à 0,93.

Les caractéristiques spécifiques sont :

- L'absence de fermentation du lactose et du saccharose.
- L'absence d'uréase et de tryptophane désaminase
- L'absence de production d'indole et d'acétoïne

Les salmonelles peuvent être d'origine animale, notamment les volailles, ou d'origine humaine. Elles prolifèrent dans le tube digestif des animaux ou des sujets atteints et sont éliminées dans les matières fécales (Nahdi, 2016).

3.7. Conséquences de la contamination microbienne

La contamination microbienne de la viande peut avoir deux conséquences : l'une due à l'ingestion de microorganismes pathogènes et leurs toxines, avec un effet sanitaire, en provoquant des toxi- infections alimentaires. Les germes mis en cause sont surtout *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens* et *Clostridium botulinum*. L'autre conséquence, d'ordre économique, est due à l'altération des viandes entraînant la diminution de leur vie commerciale et de leur valeur marchande (Cartier, 2007).

3.7.1. Toxi-infections alimentaires

On parle de TIAC lorsqu'il y a apparition d'au moins deux cas groupés similaires d'une symptomatologie en général digestive et dont on peut rapporter la cause à une même origine alimentaire. Elles sont caractérisées par des vomissements, des diarrhées et des coliques survenant quelque temps après l'ingestion de l'aliment.

Les TIAC représentent ainsi un problème majeur de santé publique et sont à déclaration obligatoire dans beaucoup de pays.

On distingue :

- Les toxi-infections ou gastro-entérites aiguës.
- Les intoxications alimentaires à staphylocoques.
- Les intoxications alimentaires (Guy, 2000).

3.7.2. Conséquences économiques

Les modifications apportées peuvent influencer défavorablement les possibilités de commercialisation des produits, dans la mesure où les changements enregistrés altèrent la qualité naturelle du produit (Dumont, 1982).

4. Chapitre IV : Décontamination par l'hypochlorite de sodium

Les produits à base de chlore (eau de Javel ou hypochlorite de sodium, chloramine, dioxyde de chlore) représentent les oxydants les plus largement utilisés pour la désinfection de l'eau, de surfaces inertes ou encore de végétaux (salades de quatrième gamme). L'action de ces désinfectants résulte de l'oxydation des structures membranaires des microorganismes. En fonction de la dose appliquée, le traitement entraîne soit des lésions réversibles, soit des lésions irréversibles entraînant la mort cellulaire. Il faut noter que le projet de règlement européen Sanco/2006/0048 vise à autoriser le recours à deux substances chlorées (dioxyde de chlore et chlorite de sodium acidifié) pour la décontamination des carcasses de poulet (Garry, 2008).

4.1. Définition de l'eau de Javel

L'eau de Javel est une solution aqueuse d'hypochlorite et de chlorure de sodium, en présence d'un excès d'hydroxyde de sodium. Sa composition varie en fonction du pH d'utilisation et du temps écoulé depuis sa fabrication. En fonction de sa concentration, elle se présente sous forme de concentré de Javel ou d'eau de Javel proprement dite. Son principe actif est, selon le pH, l'ion hypochlorite ClO^- , l'acide hypochloreux HClO ou le dichlore Cl_2 en solution (Internet 1). On entend par "chlore actif" la somme des ions ClO^- et des gaz HOCl et Cl_2 dissous dans l'eau. On entend par "chlore total" l'ensemble des atomes de chlore en solution dans les eaux et concentrés de Javel sous forme :

- D'acide hypochloreux : HOCl
- D'hypochlorite : ClO^-
- De chlorure : Cl^-
- De chlorite : ClO_2
- De chlorate : ClO_3 (Housecroft et Sharpe, 2010).

4.2. Chlore résiduel

Le chlore résiduel est la fraction de chlore disponible dans la solution. Quand l'hypochlorite de sodium est utilisé, la mesure du chlore résiduel est la somme de la concentration de l'acide hypochloreux (HOCl) et de l'ion hypochlorite (OCl^-).

L'efficacité de l'hypochlorite de sodium en tant que désinfectant est influencée par plusieurs facteurs, parmi lesquels :

- Le potentiel hydrogène (pH).
- La concentration.
- La charge organique (Zouambi, 2020).

4.3. Mode d'action germicide du chlore

L'acide hypochloreux est la principale molécule à activité antimicrobienne, non ionisé à pH acide. Il pénètre à travers la membrane dans différents microorganismes et se dissocie à l'intérieur en acidifiant le cytoplasme.

L'acide hypochloreux détruit les cellules bactériennes par inhibition de certaines enzymes importantes du métabolisme du glucose (Eiffert et Sanglay, 2002).

D'autres modes d'action sont proposés pour le chlore, incluant :

1. La perturbation de la synthèse protéique.
2. La décarboxylation oxydative des acides animés en nitrites et en aldéhydes.
3. Des réactions avec les acides nucléiques, spécialement les purines et pyrimidines, entraînant des lésions de l'ADN.
4. L'inhibition de la captation de l'oxygène et de la phosphorylation oxydative.
5. La formation de dérivés chlorés de cytosine toxiques pour la cellule microbienne.
6. Et l'apparition d'aberrations chromosomales, rendant impossible toute réparation ultérieure. Tous les points énumérés ci-dessus font que les bactéries ne peuvent développer de résistance vis-à-vis de l'acide hypochloreux (Mariott, 2006).

4.4. Risques liés à la consommation de produits traités par le chlore

L'addition du chlore à l'eau et aux aliments, en plus de son effet bactéricide, conduit à la formation de plusieurs dérivés chlorés tels que le Trihalométhane (THM). Plusieurs recherches ont évalué la toxicité de ces dérivés chlorés et leurs impacts sur la santé publique.

Quelques études ont suggéré une possible relation entre ces dérivés chlorés (THM) et certains cancers. Toutefois, cette évidence d'association n'est pas concluante concernant les niveaux de chlore utilisés dans les traitements de l'eau et dans les process alimentaires.

Le refroidissement des carcasses de poulet dans de l'eau chlorée assure une réduction importante des microbes pathogènes. Cependant, les résidus chlorés détectés dans les produits aviaires s'évaporent au moment de la cuisson.

L'exposition humaine aux dérivés chlorés à travers la consommation de poulet est minime ; en effet, des analyses sur l'exposition quotidienne aux dérivés chlorés (chloroforme, principal THM) ont révélé que l'eau est la source prédominante à l'exposition quotidienne des dérivés chlorés et y contribue pour 99%, comparativement à 0,3 - 1% dans le poulet traité au chlore.

Le poulet refroidi par l'eau chlorée à 50 ppm contribue, en effet, seulement pour 0,3 à 1% à l'exposition quotidienne des dérivés chlorés. Il est clair qu'à ce niveau d'exposition, la consommation du poulet traité avec des eaux chlorées (50 ppm) ne constitue pas un risque significatif de cancer ou d'autres pathologies (Zouambi, 2020).

Il est important de signaler que la santé publique gagnerait beaucoup en réduisant les pathogènes de l'eau et des aliments en utilisant de l'eau chlorée par rapport au risque de cancer encouru.

Le chloroforme est connu comme THM, qui a des effets potentiellement dangereux pour la santé humaine. Il est intéressant de noter que la présence du chloroforme n'est pas limitée seulement à l'eau de boisson et au poulet traité au chlore (Zouambi, 2020) : une étude a examiné et évalué la concentration d'une grande variété de produits alimentaires renfermant du chloroforme :

- Fromage cheddar (80 µg/kg)
- Beurre de cacahuètes (29 µg/kg)
- Café (80 µg/kg).
- Muscle de poulet (17 µg/kg) (Heikes, 1987)..

Il est démontré que l'immersion d'une carcasse de poulet pendant 20 minutes dans l'eau chlorée à 50 ppm à une température de 2,5°C conduit à l'accumulation 46 ppb de chloroforme dans la graisse de poulet. Cette quantité est relativement faible comparée aux 300 ppb retrouvées dans l'eau de boisson (Zouambi, 2020). Le blanc de poulet ne contient que 17 ppb. Des études ont montré que les niveaux de chloroforme diminuent fortement après cuisson du poulet, puisque le chloroforme se transforme en gaz à haute température (point d'ébullition 62°C) (FSIS, 2019).

4.5. Avantages et inconvénients de l'utilisation de l'hypochlorite de sodium dans le traitement des volailles

Les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'hypochlorite de sodium dans le traitement de la volaille sont repris dans le tableau 5 (Mariott, 2006) :

Tableau 5 : Avantages et inconvénients liés à l'utilisation de l'hypochlorite de sodium dans le traitement de la volaille (Mariott, 2006)

Avantages	Inconvénients
Faible coût	Activité fortement influencée par le pH
Familier : a fait ses preuves en industrie	Agent irritant
Relativement non toxique	Inactivé par la matière organique
Large activité germicide	Moins actif à basse température
Efficace à faible concentration	Sous-produits présumés cancérigènes
Les bactéries ne peuvent pas devenir résistantes	Corrosivité élevée
Tue les bactéries de plus d'une façon	Non accepté au Canada et en Europe

PARTIE EXPERIMENTALE

OBJECTIFS

Parte expérimentale

1. Objectifs de l'étude

Les analyses microbiologiques ont pour but de rechercher les germes responsables de toute éventuelle altération des produits étudiés et assurer la qualité microbiologique afin de satisfaire les besoins du consommateur. Ainsi, les objectifs de cette étude expérimentale sont :

- Apprécier, par une mesure quantitative de la flore de contamination superficielle d'origine bactérienne, la qualité hygiénique des carcasses de poulet ; et l'impact éventuel qu'ils pourraient engendrer sur la santé publique.
- Estimer la qualité de l'hygiène de l'abattoir avicole dont sont issues les carcasses de poulets de chair.
- Étudier l'évolution de cette flore de contamination à l'état frais, et lors de la conservation des carcasses à températures de réfrigération et de congélation.
- Évaluer l'efficacité du rinçage des carcasses à l'hypochlorite de sodium dilué dans de l'eau dans la décontamination des carcasses de poulets de chair.

LIEUX ET PERIODE D'ETUDE

2. Lieu et période d'étude

2.1. Présentation de l'abattoir

Les poulets sont abattus dans un abattoir appartenant à une société spécialisée dans l'abattage, la découpe et la commercialisation de volailles, Akfa-Volaille, située à El-Hamiz (figure 4), commune de Bordj El-Kiffan, wilaya d'Alger. Sa capacité d'abattage est de 1.000 poulets par heure et sa surface totale de 1.800 m². Cet abattoir est doté d'une chaîne d'abattage automatique. Les abattages s'effectuent en fonction de l'arrivage des lots, entre 6h et 9h du matin. À chaque fin de travail, un nettoyage quotidien est réalisé à l'aide de désinfectants à pH 5. Par ailleurs, le personnel est composé d'une équipe d'environ 12 personnes, en plus des propriétaires, qui se partagent les tâches.

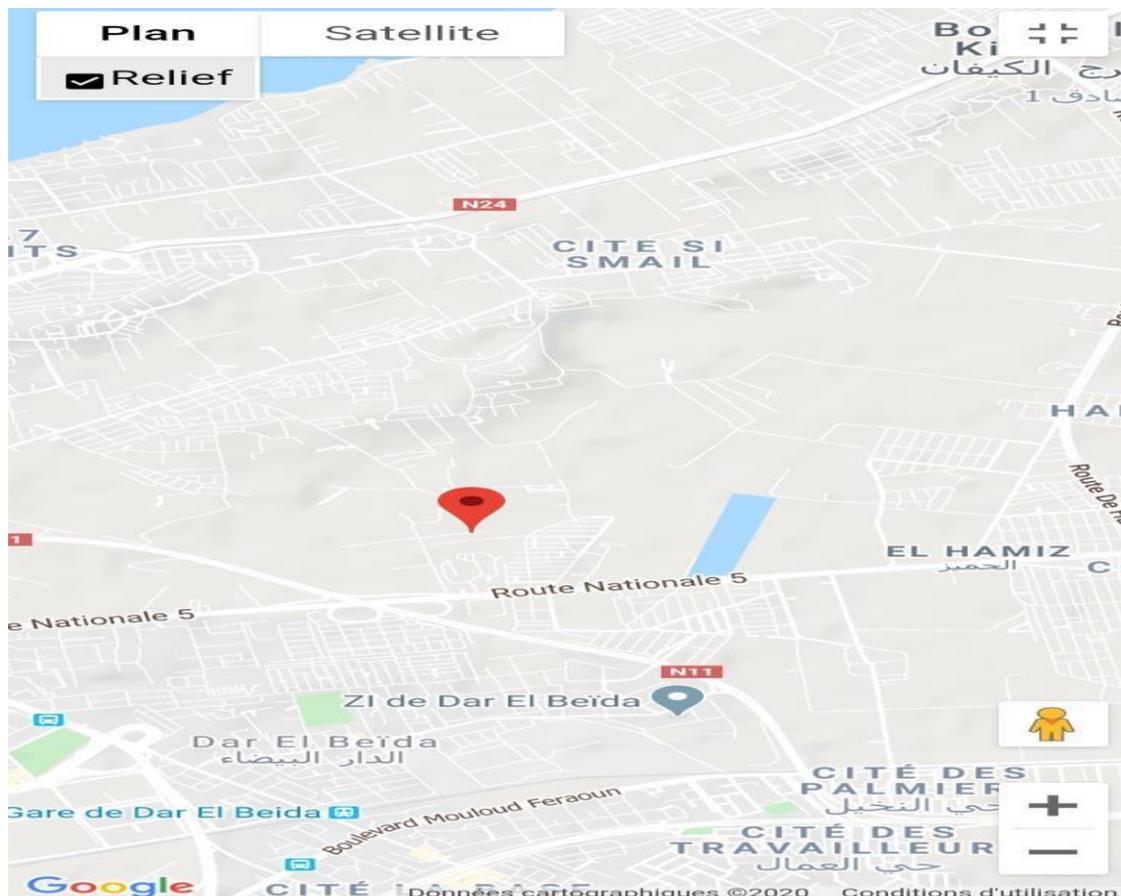


Figure 4 : Localisation de l'abattoir Akfa-Volaill (internet2)

En plus de la chambre froide et de la salle d'abattage, l'abattoir est divisé en plusieurs zones où se déroulent les différentes opérations :

- Zone sale
- Zone d'éviscération
- Zone de finition

- Équipements du froid :
 - Trois chambres à froid positif
 - Une chambre à froid négatif
 - Un tunnel de ressuage
 - Un tunnel de surgélation.

2.2. Présentation du laboratoire

Le travail expérimental est effectué dans le laboratoire d'Hygiène et Inspection des Denrées Alimentaires d'Origine Animale (HIDAOA) de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.

2.3. Période d'étude

Les prélèvements sont effectués dans l'abattoir d'El Hamiz et traités au laboratoire de l'ENSV pendant la période entre le 29 février 2020 et le 12 mars 2020.

MATERIELS ET METHODES

3. Matériels et méthodes

3.1. Matériels

3.1.1. Matériel animal

Après la fin du suivi d'élevage effectué lors de l'étude précédente (Suivi d'un élevage de poulets de chair dans la région d'Ouled Haddadj), 22 poulets sont achetés et ramenés à l'abattoir Akfa-Volaille pour suivre les étapes d'abattage (figure 5) et faire des prélèvements de cœurs de poulets munis de leur peau pour faire des analyses bactériologiques au laboratoire d'HIDAOA à l'ENSV.



Figure 5 : Abattage des poulets : accrochage et saignée (photos personnelles)

3.1.2. Matériel de prélèvement

Afin de faire des prélèvements (figure 8), le matériel suivant est utilisé :

- Alcool chirurgical (figure 6)
- Bassines
- Boîtes stériles (figure 7)
- Coton (figure 6)
- Cutter (figure 7)
- Eau de Javel (figure 9)
- Étiquettes (figure 7)
- Gants en latex (figure 6)
- Glacière avec carboglace.



Figure 6 : Alcool chirurgical, coton, gants (photos personnelles)



Figure 7 : Boîte stérile, étiquettes, stylo, cutter (photos personnelles)



Figure 8 : Prélèvement des cous dans des boîtes stériles étiquetées



Figure 9 : Eau de javel

(Photos personnelles).

3.13. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire employé est celui nécessaire afin de réaliser une analyse microbiologique des aliments :

- Alcool (figure 6)
- Baguettes pour sacs Stomacher
- Balance électrique (figure 13)
- Bec Bunsen (figure 13)
- Boîtes de Pétri (figure 16)
- Bouillon TSE (Tryptone Sel Eau) (figure 12)
- Broyeur type Stomacher (figure 19)
- Compteur de colonies (figure 11)
- Congélateur
- Eau de Javel (figure 9)
- Embouts paille stériles (figure 14)
- Étiquettes (figure 7)
- Gélose PCA (figure 17)
- Incubateurs réglés à 30°C et à 37°C (figure 20)
- Lames de bistouri
- Lampes UV-A
- Marqueurs
- Micropipettes (figure 18)
- Milieu VRBG (figure 22)
- Pincés
- Porte-tubes (portoirs) (figure 15)
- Réfrigérateur
- Sacs Stomacher (figure 13)
- Seringues (figure 10).
- Support sac Stomacher
- Tubes à essai stériles (figure 15)
- Vortex (figure 21)



Figure 10 : Seringue



Figure 11 : Compteur de colonies



Figure 12 : Bouillon TSE



Figure 13: Sac Stomacher, balance électrique et bec Bunsen



Figure 14: Embouts paille stériles



Figure 15 : Tubes stériles sur portoir



Figure 16 : Boîtes de Pétri



Figure 17 : Gélose PCA



Figure 18 : Micropipette



Figure 19 : Broyeur type Stomacher



Figure 20 : Incubateur



Figure 21 : Vortex



Figure 22 : Milieu VRBG

(Photos personnelles)

3.2. Méthodes

3.2.1. Échantillonnage

À l'aide d'une lame de bistouri, les cous des carcasses (lavés et non lavés avec l'eau de Javel), munis de leur peau, sont découpés à 1 cm au-dessus de la clavicule, puis placés dans des boîtes stériles individuelles. Avant chaque prélèvement, la lame de bistouri est nettoyée avec du coton imbibé d'alcool chirurgical, et ce afin d'éviter toute contamination croisée. Une fois l'échantillonnage effectué de façon aseptique, tous les prélèvements sont transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire d'HIDAOA (annexe 1).

Au laboratoire les prélèvements sont séparés :

- 10 prélèvements (5 lavés et 5 non lavés avec l'eau de Javel) sont analysés le jour même afin de déterminer l'état de contamination des carcasses à l'état frais.
- 6 prélèvements (3 lavés et 3 non lavés avec l'eau de Javel) sont conservés 3 jours au réfrigérateur à +4°C afin d'évaluer l'évolution de la contamination superficielle des carcasses à l'état réfrigéré.
- 6 autres (3 lavés et 3 non lavés avec l'eau de Javel) sont conservés 10 jours au congélateur à 0°C afin d'évaluer l'évolution de la contamination superficielle des carcasses à l'état congelé.

Toutes les boîtes sont étiquetées et numérotées comme suit, afin de faciliter le travail (tableau 6) :

Tableau 6 : Numérotation des boîtes de prélèvements

	Prélèvements analysés à l'état frais	Prélèvements analysés à l'état réfrigéré	Prélèvements analysés à l'état congelé
Lavés avec l'eau de Javel	16, 17, 18, 19, 20	11, 12, 13	14, 15, 15'
Non lavés	6, 7, 8, 9, 10	1, 2, 3	4, 5, 5'

3.2.2. Préparation de la suspension-mère et des dilutions décimales

3.2.2.1. Solution-mère

Dans un champ stérile, à l'aide d'une lame de bistouri et d'une pince stériles nettoyées et passées préalablement à la flamme avant chaque utilisation, 10 g de peau de chaque cou sont prélevés, pesés et déposés dans un sac Stomacher (figure 23) auquel 90 ml de TSE sont rajoutés. Le tout est homogénéisé pendant 2 mn à l'aide d'un broyeur homogénéisateur pour obtenir la solution-mère (dilution à 10⁻¹).



Figure 23 : Préparation de la solution-mère (photos personnelles)

3.2.2.2. Dilutions décimales

Dans un champ stérile et à l'aide d'une micropipette, 1 ml de la solution-mère est introduit aseptiquement dans un tube à essai stérile et étiqueté contenant au préalable 9 ml de TSE (figure 24) de manière à obtenir la dilution à 10^{-2} . La même opération (figure 25) est effectuée pour obtenir les dilutions successives 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} et 10^{-6} pour les analyses des prélèvements à l'état frais et à l'état réfrigéré et congelé.



Figure 24 : Préparation des dilutions décimales (photos personnelles)

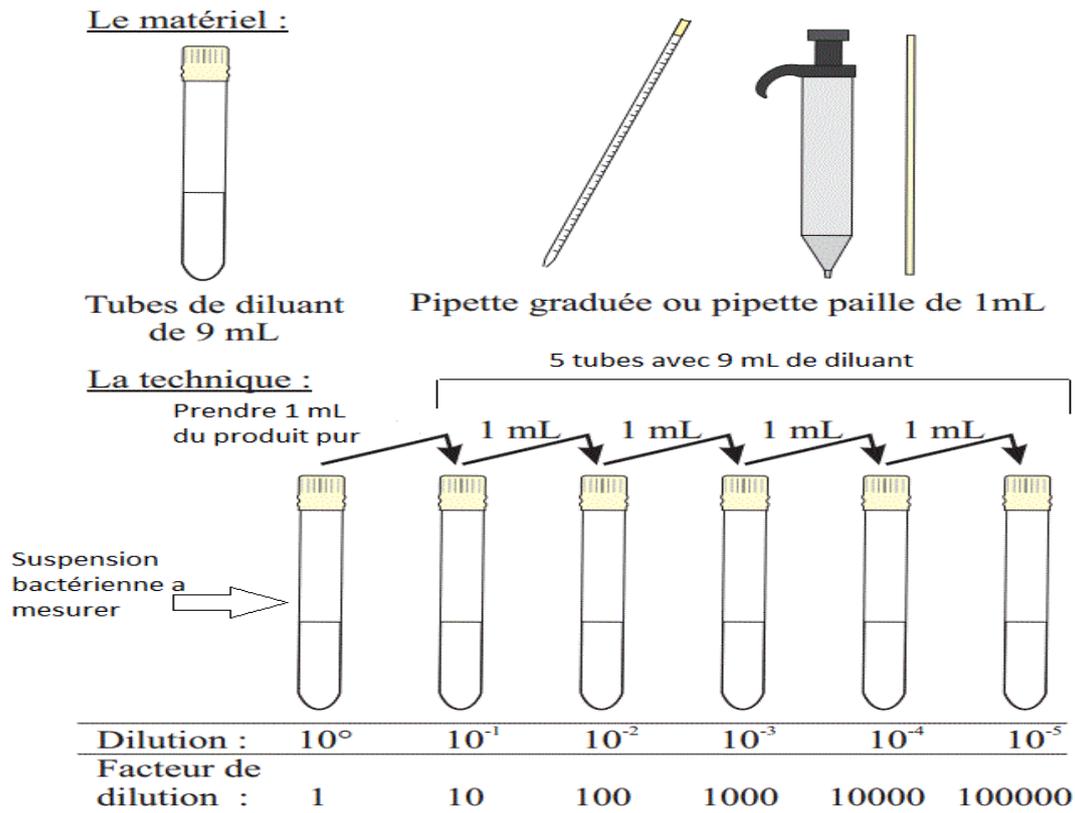


Figure 25 : Mode de préparation des dilutions décimales (internet 3)

3.2.3. Bactéries étudiées

Selon l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 du Journal Officiel de la République Algérienne relatif aux normes microbiologiques auxquelles doivent répondre les denrées alimentaires (Jora, 1998), les micro-organismes devant être recherchés à partir des échantillons testés sont :

- La flore aérobie mésophile totale (FAMT) à 30°C
- Les coliformes totaux à 37°C.

3.2.4. Recherche et dénombrement de la FAMT à 30°C (FAMT)

Ce sont des microorganismes aptes à se multiplier entre 25 et 40°C, avec un optimum à 30°C à l'air. Le dénombrement de la FAMT est effectué selon la norme AFNOR-V-08-051-1992.

Le milieu de culture utilisé est la gélose standard pour dénombrement ou Plate Count Agar (PCA).

3.2.4.1. Protocole

- Transférer aseptiquement, à l'aide d'une micropipette, 1 ml de la suspension-mère de l'échantillon, dans une boîte de Pétri stérile, préalablement préparée et numérotée pour cet usage (annexe 2).
- Procéder de la même façon pour les dilutions décimales successives.

- Couler, dans chacune des boîtes de Pétri, environ 15 ml de gélose PCA préalablement refroidie (environ 45°C) (annexe 2). Puis mélanger soigneusement le milieu et l'inoculum, en réalisant des mouvements circulaires et en 8.
- Laisser le mélange se solidifier sur une paille.

3.2.4.2. Incubation

Après solidification des milieux, les boîtes sont incubées en aérobiose, couvercle en bas, pendant 24 à 48 heures à température de 30°C.

3.2.4.3. Lecture et interprétation

Après incubation, toutes les boîtes contenant plus de 300 colonies sont rejetées et les boîtes contenant moins de 30 colonies sont elles aussi écartées. Les colonies de FAMT se présentent sous forme lenticulaire, en masse, avec une couleur blanchâtre (figure 26). La formule mathématique suivante est utilisée pour le dénombrement des boîtes contenant un nombre de colonies de 30 à 300 et le résultat obtenu est rendu en UFC/ml :

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \cdot d}$$

- $\sum C$: Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues.
- d : Taux de dilution de la première dilution.
- N : Nombre de germes par gramme de produit.
- 1,1 : Constante mathématique.



Figure 26 : Colonies de FAMT sur PCA (photo personnelle)

3.2.5. Recherche et dénombrement des coliformes totaux à 37°C

Ce sont des microorganismes aptes à se multiplier entre 30 et 44°C, avec un optimum à 37°C à l'air. Le dénombrement des coliformes totaux est effectué selon la norme AFNOR-V-08-051-1992.

Le milieu de culture utilisé est le VRBG (cristal violet red bile glucose agar).

3.2.5.1. Protocole

- Transférer aseptiquement, à l'aide d'une micropipette, 1 ml de la suspension-mère de l'échantillon dans une boîte de Pétri stérile, préalablement préparée et numérotée pour cet usage (annexe 2).
- Procéder de la même façon pour les dilutions décimales successives.
- Couler, dans chacune des boîtes de Pétri, environ 15 ml de gélose VRBG préalablement refroidie (environ 45°C) (annexe 2). Puis mélanger soigneusement le milieu et l'inoculum, en réalisant des mouvements circulaires et en 8.
- Laisser le mélange se solidifier sur une paille.

3.2.5.2. Incubation

Après solidification des milieux, les boîtes sont incubées en aérobiose, couvercle en bas, pendant 24 à 48 heures, à température de 30°C.

3.2.5.3. Lecture et interprétation

Après incubation, toutes les boîtes contenant plus de 150 colonies sont rejetées et les boîtes contenant moins de 15 colonies sont elles aussi écartées. Les colonies de coliformes totaux se présentent sous forme lenticulaire, en masse, avec une couleur violette (figure 27). La même formule mathématique que précédemment est utilisée pour le dénombrement des boîtes contenant un nombre de colonies de 15 à 150 et le résultat obtenu est rendu en UFC/ml :

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \cdot d}$$

- $\sum C$: Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues.
- d : Taux de dilution de la première dilution.
- N : Nombre de germes par gramme de produit.
- $1,1$: Constante mathématique.



Figure 27 : Colonies de coliformes sur VRBG (photo personnelle)

L'interprétation des résultats s'effectue selon les recommandations de l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 du Journal Officiel de la République Algérienne (Jora, 1998). Les critères microbiologiques de ces micro-organismes sont rapportés dans le tableau 7 :

Tableau 7 : Concentrations acceptables de microorganismes/gramme (Jora, 1998).

Microorganismes	Plan d'échantillonnage		Limites	
	n	C	m	M
FAMT à 30°C	5	2	5.10^5	5.10^6

n : nombre d'échantillons à prélever à partir de chaque lot.

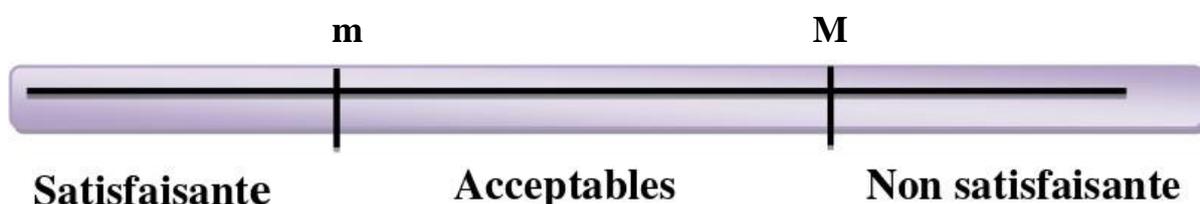
C : nombre maximal permis d'unités d'échantillonnage de qualité médiocre.

m : seuil en dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante ; tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés comme satisfaisants.

M : seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants.

Ce plan à trois classes est ainsi désigné parce que les résultats des examens interprétés sur cette base permettent de fixer trois classes de contamination, à savoir :

- Celle inférieure ou égale au critère m ;
- Celle comprise entre le critère m et le seuil M ;
- Celle supérieure au seuil M (Jora, 1998).



RESULTATS ET DISCUSSION

4. Résultats et discussion

Tous les échantillons analysés (22/22) sont contaminés par la FAMT et les coliformes totaux. Les résultats des analyses microbiologiques portant sur les 22 échantillons de cous de poulets sont rapportés en annexe 3.

4.1. À l'état frais

4.1.1. Flore aérobie mésophile totale

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale, avec une moyenne de contamination de $1,62.10^7$ UFC/g, parvient aux conclusions suivantes : 20% (2/10) des échantillons présentent des résultats indénombrables, donc non interprétables, alors que 80% (8/10) présentent des résultats dénombrables, pouvant faire l'objet d'une interprétation (figure 28).

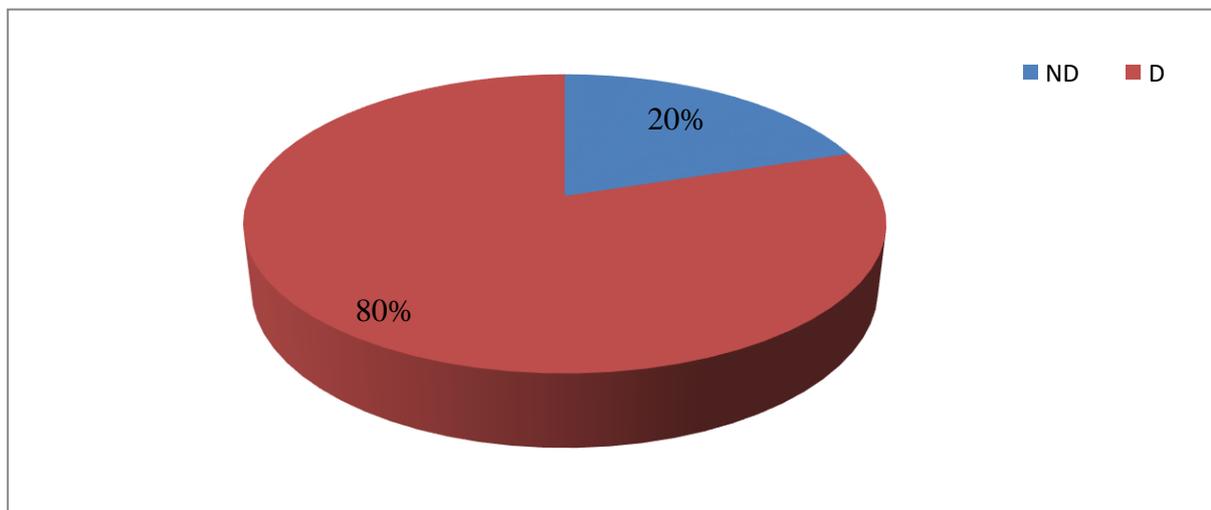


Figure 28 : Résultats du dénombrement de la FAMT à l'état frais.
(ND : indénombrable ; N : dénombrable)

Les résultats du dénombrement sont interprétés selon le plan à trois classes défini par le Journal Officiel de la République Algérienne (Jora, 1998) relatif aux critères microbiologiques des volailles et de leurs dérivés pour l'interprétation des résultats de dénombrement des FAMT.

Lors de cette étude, les résultats de la qualité bactériologique des échantillons testés sont variables :

- ❖ Aucun des échantillons testés (0/8) ne présente des résultats d'analyses inférieurs à m ; ce qui signifie qu'aucun de ces échantillons ne présente une qualité bactériologique satisfaisante.
- ❖ 50% (4/8) des échantillons testés présentent des résultats d'analyses compris entre m et M ; ce qui signifie que la qualité bactériologique de ces échantillons est acceptable.
- ❖ 50% (4/8) des échantillons testés présentent des résultats d'analyses supérieurs à M ; ce qui signifie que la qualité bactériologique de ces échantillons est non satisfaisante.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 8 et la figure 29.

Tableau 8 : Résultats et interprétation de l'analyse microbiologique de la FAMT à l'état frais.

N	Résultat (UFC/g) (X)	Interprétation		
		$X \leq m$	$m < X < M$	$X \geq M$
6	ND	/	/	/
7	$2,88.10^7$	-	-	+
8	ND	/	/	/
9	$2,08.10^7$	-	-	+
10	$1,84.10^7$	-	-	+
16	$2,48.10^6$	-	+	-
17	$2,17.10^7$	-	-	+
18	$3,77.10^6$	-	+	-
19	$1,74.10^6$	-	+	-
20	$4,65.10^6$	-	+	-

N : numéro de l'échantillon ; UFC : unité formant colonie ; g : gramme ; X : résultat ;
 / : Résultat non interprétable ; + : résultat positif ; - : résultat négatif
 ND : résultat indénombrable (UFC/g supérieurs à 300)

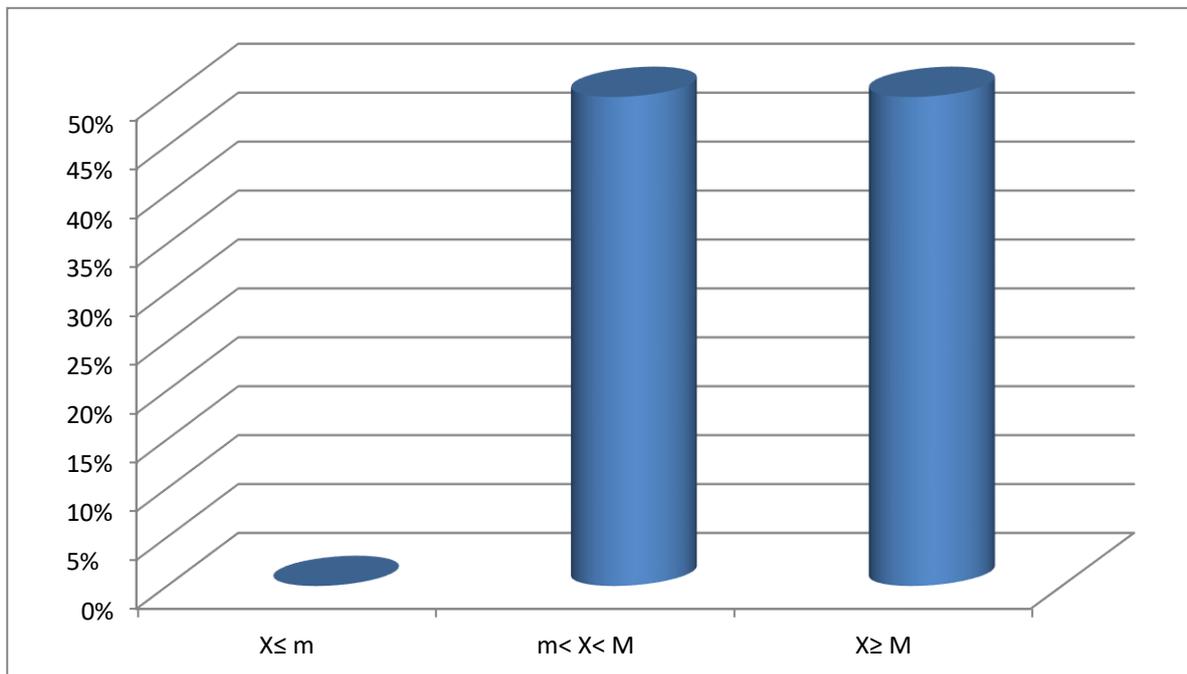


Figure 29 : Histogramme empilé représentant l'interprétation des analyses microbiologiques de la FAMT à l'état frais

La FAMT renseigne sur la propreté des manipulations, sur l'efficacité des procédés de préparation, sur les conditions de conservation et la fraîcheur des produits. Durant cette étude, il est à constater

que parmi les 80% (8/10) des échantillons dénombrables, 50% (4/8) sont de qualité bactériologique acceptable et 50% (4/8) sont de qualité bactériologique non satisfaisante.

Aucun échantillon n'est de qualité bactériologique satisfaisante, ce qui indique, d'une part, une hygiène générale défectueuse des carcasses, impliquant leur non-conformité, et d'autre part l'efficacité des mesures d'hygiène qui paraissent non satisfaisantes et non respectées dans l'abattoir.

4.1.2 Coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes totaux, avec une contamination moyenne de $2,68.10^7$ montre que 80% (8/10) présentent des résultats indénombrables, donc non interprétables, alors que 20% (2/10) présentent des résultats dénombrables, pouvant faire l'objet d'une interprétation.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 9 et la figure 30 :

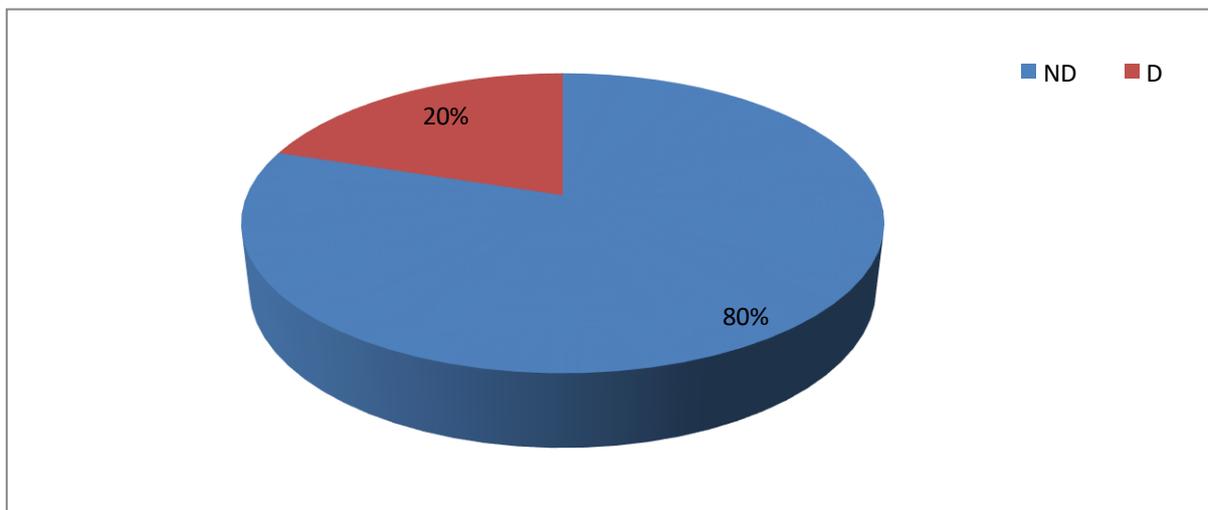


Figure 30 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état frais
(ND : indénombrable ; N : dénombrable)

Tableau 9 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état frais

N	Résultat (UFC/g)	N	Résultat (UFC/g)
6	ND	16	ND
7	ND	17	ND
8	$1,38.10^7$	18	ND
9	$1,45.10^7$	19	ND
10	ND	20	ND

N : numéro de l'échantillon ; UFC : unité formant colonie ; g : gramme ; ND : résultat indénombrable (UFC/g supérieurs à 300)

Les coliformes totaux et fécaux sont des bactéries qui renseignent respectivement sur l'état de fraîcheur de la viande et sur les conditions d'abattage.

Les résultats de cette étude indiquent que les coliformes totaux sont bel et bien présents à des taux extrêmement élevés. Cela indique que les manipulateurs ne respectent pas les bonnes pratiques de fabrication pendant les étapes d'abattage, notamment durant l'étape d'éviscération.

4.1.3. Relation entre flore aérobique mésophile totale et coliformes totaux

La relation entre le dénombrement des FAMT et des coliformes totaux révèle qu'il n'y a aucune relation entre l'augmentation des taux de contamination de ces deux groupes de microorganismes car le coefficient de corrélation (r) est de 0,4 (régression moyenne) (figure 31).

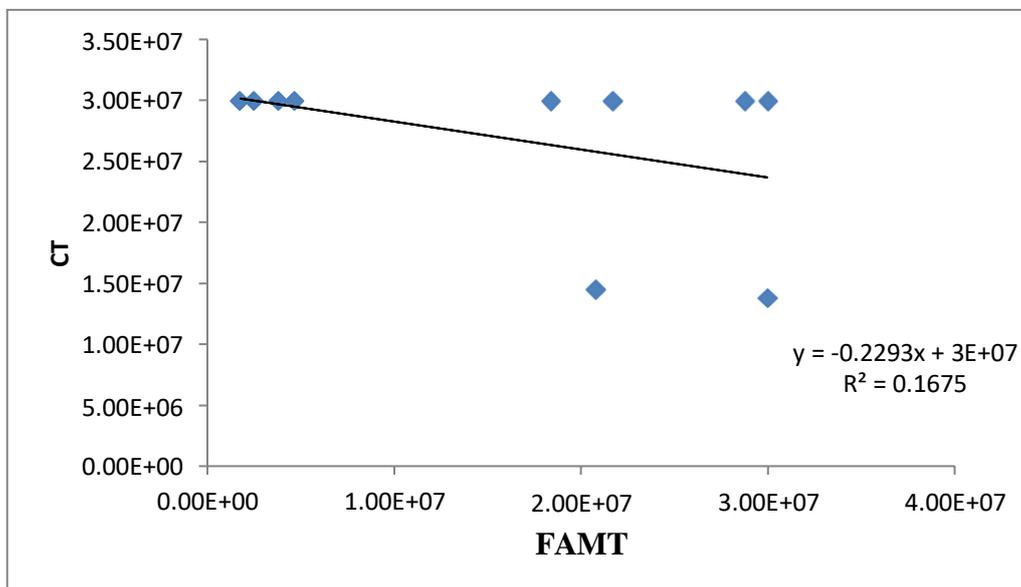


Figure 31 : Corrélation entre FAMT et coliformes totaux à l'état frais

Le dénombrement de la FAMT montre que seulement 20% présentent des résultats indénombrables, tandis que le dénombrement des coliformes totaux dévoile 80% de résultats indénombrables. Cela pourrait signifier que la majorité des contaminations des carcasses de volailles serait d'origine fécale. En effet, le coefficient de corrélation assure qu'il y a une corrélation négative et l'augmentation du nombre des coliformes totaux ne dépend pas de celui de la FAMT.

4.2. À l'état réfrigéré

4.2.1. Flore aérobique mésophile totale

Le dénombrement de la FAMT, avec une moyenne de contamination de $5,73.10^7$ UFC/g, révèle qu'aucun échantillon ne présente des résultats indénombrables ; la totalité des résultats (6/6) sont dénombrables et peuvent donc faire l'objet d'une interprétation.

Les résultats de dénombrement obtenus sont interprétés selon le plan à trois classes qui est défini par le Journal Officiel de la République Algérienne (Jora, 1998) relatif aux Critères microbiologiques des volailles et de leurs dérivés pour l'interprétation des résultats de dénombrement des FAMT.

Lors de cette étude, les résultats déterminant la qualité bactériologique des échantillons analysés sont variables :

- ❖ 33,33% (2/6) des échantillons testés présentent des résultats d'analyses inférieurs à m ; ce qui signifie que la qualité bactériologique de ces échantillons est satisfaisante.
- ❖ 16,67% (1/6) des échantillons testés présentent des résultats d'analyses compris entre m et M ; ce qui signifie que la qualité bactériologique de ces échantillons est acceptable.
- ❖ 50% (3/6) des échantillons testés présentent des résultats d'analyses supérieurs à M ; ce qui signifie que la qualité bactériologique de ces échantillons est non satisfaisante.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 10 et la figure 32.

Tableau 10 : Résultats et interprétation d'analyse microbiologique de la FAMT à l'état réfrigéré

N	Résultat (UFC/g) (X)	Interprétation		
		$X \leq m$	$m < X < M$	$X \geq M$
1	$4,53.10^5$	+	-	-
2	$4,96.10^7$	-	-	+
3	$2,12.10^6$	-	+	-
11	$3,35.10^5$	+	-	-
12	$2,63.10^8$	-	-	+
13	$2,81.10^7$	-	-	+

N : numéro de l'échantillon ; UFC : unité formant colonie ; g : gramme ; X : résultat ; + : résultat positif ; - : résultat négatif

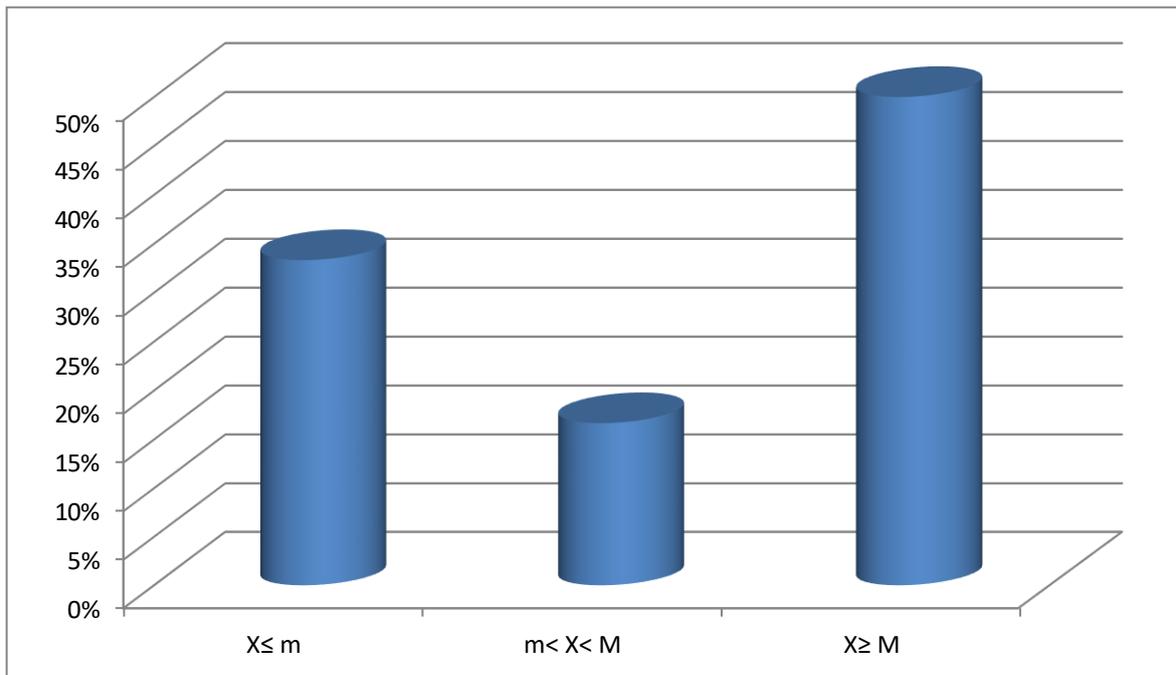


Figure 32 : Histogramme empilé représentant l'interprétation d'analyses microbiologiques de la FAMT à l'état réfrigéré

La FAMT renseigne sur la propreté des manipulations, sur l'efficacité des procédés de préparation, sur les conditions de conservation et la fraîcheur des produits ; durant cette étude, il est constaté que, parmi les échantillons testés :

- 33,33% (2/6) sont de qualité bactériologique satisfaisante. Cela indique que les échantillons 1 et 11 avaient une charge bactérienne faible avant le stockage, et que les conditions de stockage ont été respectées.
- 16,67% (1/6) sont de qualité bactériologique acceptable car la vitesse de développement de ces microorganismes est ralentie par le froid appliqué pendant une courte durée (3 jours).
- 50% (4/8) sont de qualité bactériologique non satisfaisante car les échantillons 2, 12 et 13 ont une charge bactérienne importante avant la réfrigération, due à une hygiène générale défectueuse, impliquant leur non-conformité et, d'autre part, l'efficacité des mesures d'hygiène qui paraissent non satisfaisantes et non respectées dans l'abattoir.

4.2.2 Coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes totaux, avec une contamination moyenne de $2,30 \cdot 10^7$, montre que 66,67% (4/6) présentent des résultats indénombrables, donc non interprétables, tandis que 33,33% (2/6) présentent des résultats dénombrables, pouvant faire l'objet d'une interprétation.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 11 et la figure 33 :

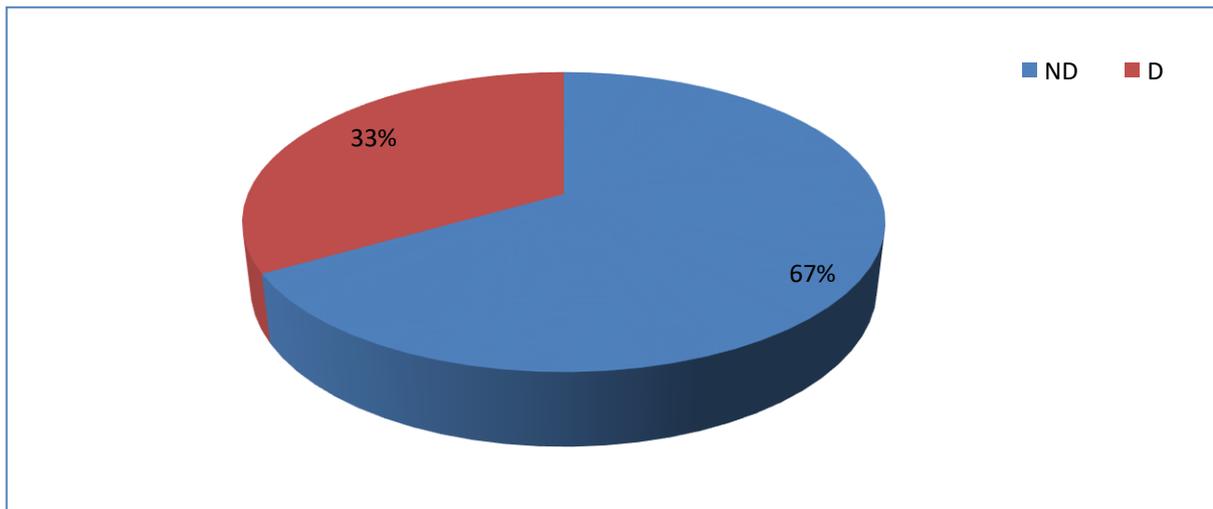


Figure 33 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état réfrigéré (ND : indénombrable, N : dénombrable)

Tableau 11 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état réfrigéré

N	Résultat (UFC/g)
1	$5,55.10^4$
2	ND
3	$1,82.10^7$
11	ND
12	ND
13	ND

N : numéro de l'échantillon ; UFC : unité formant colonie ; g : gramme ; ND : résultat indénombrable (UFC/g supérieurs à 300).

Les coliformes totaux et fécaux sont des bactéries qui renseignent respectivement sur l'état de fraîcheur de la viande et les conditions d'abattage.

Les résultats de cette étude indiquent que soit les coliformes totaux se multiplient durant la réfrigération, soit ils sont présents avant la réfrigération à des taux extrêmement élevés à cause du non respect des bonnes pratiques de fabrication par les manipulateurs pendant les étapes d'abattage, notamment durant l'étape d'éviscération.

4.2.3. Relation entre flore aérobique mésophile totale et coliformes totaux

La relation entre le dénombrement de la FAMT et des coliformes totaux révèle qu'il y a un lien entre l'augmentation des taux de contaminations de ces deux groupes de microorganismes car le coefficient de corrélation (r) est de 0,37 (régression moyenne) (figure 34).

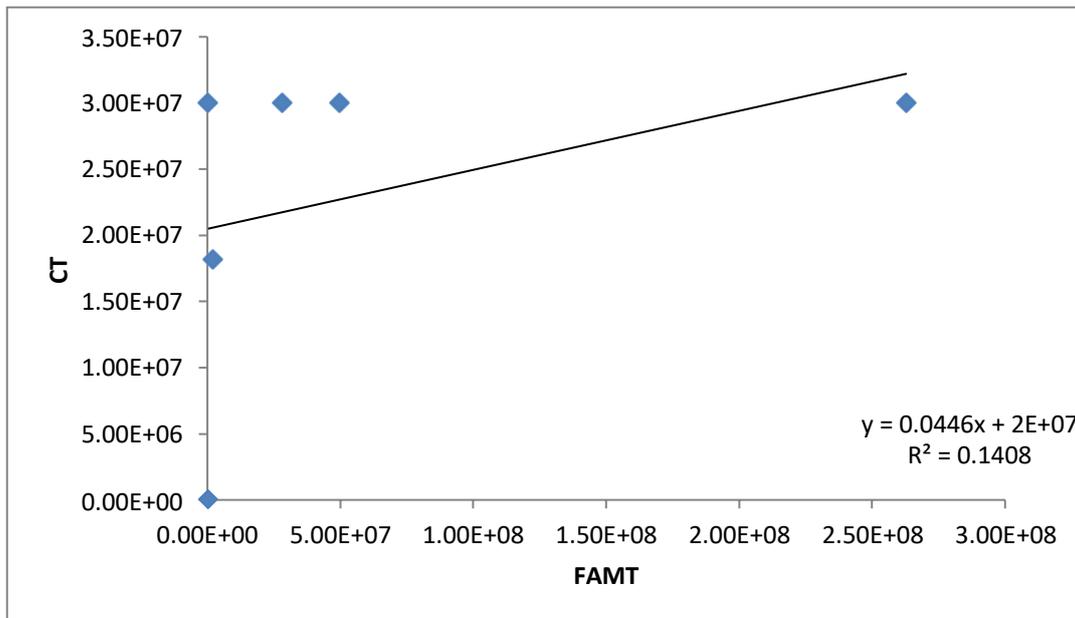


Figure 34 : Corrélation entre la FAMT et les coliformes totaux à l'état réfrigéré

Le dénombrement de la FAMT montre qu'aucun échantillon ne présente des résultats indénombrables, contrairement au dénombrement des coliformes totaux qui dévoile 66,67% de résultats indénombrables. Cela pourrait signifier que la majorité des contaminations des carcasses de volaille serait d'origine fécale.

En effet, le coefficient de corrélation assure qu'il y a une corrélation positive entre les deux résultats, et que l'augmentation du nombre des coliformes totaux est en relation avec celui de la FAMT. Cela peut être dû à l'action du froid sur ces deux groupes de microorganismes.

4.3. À l'état congelé

4.3.1. Flore aérobie mésophile totale

Le dénombrement de la FAMT, avec une moyenne de contamination de $1,83 \cdot 10^5$ UFC/g, montre qu'aucun des 6 échantillons ne présente des résultats indénombrables, donc non interprétables. L'ensemble des résultats, puisque dénombrables, peuvent donc faire l'objet d'une interprétation.

Les résultats obtenus sont interprétés selon le plan à trois classes défini par le Journal Officiel de la République Algérienne (Jora, 1998).

Les résultats concernant la qualité bactériologique de ces échantillons sont similaires car les 6 fragments testés présentent des résultats inférieurs à m ; ce qui signifie que leur qualité bactériologique est satisfaisante.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 12 et la figure 35.

Tableau 12 : Résultats et interprétation d'analyse microbiologique de la FAMT à l'état congelé

N	Résultat (UFC/g) (X)	Interprétation		
		$X \leq m$	$n < X < M$	$X \geq M$
4	$1,51.10^5$	+	-	-
5	$1,25.10^5$	+	-	-
5'	$2,68.10^5$	+	-	-
14	$2,15.10^5$	+	-	-
15	$1,80.10^5$	+	-	-
15'	$1,58.10^5$	+	-	-

N : numéro de l'échantillon ; UFC : unité formant colonie ; g : gramme ; X : résultat ; + : résultat positif ; - : résultat négatif

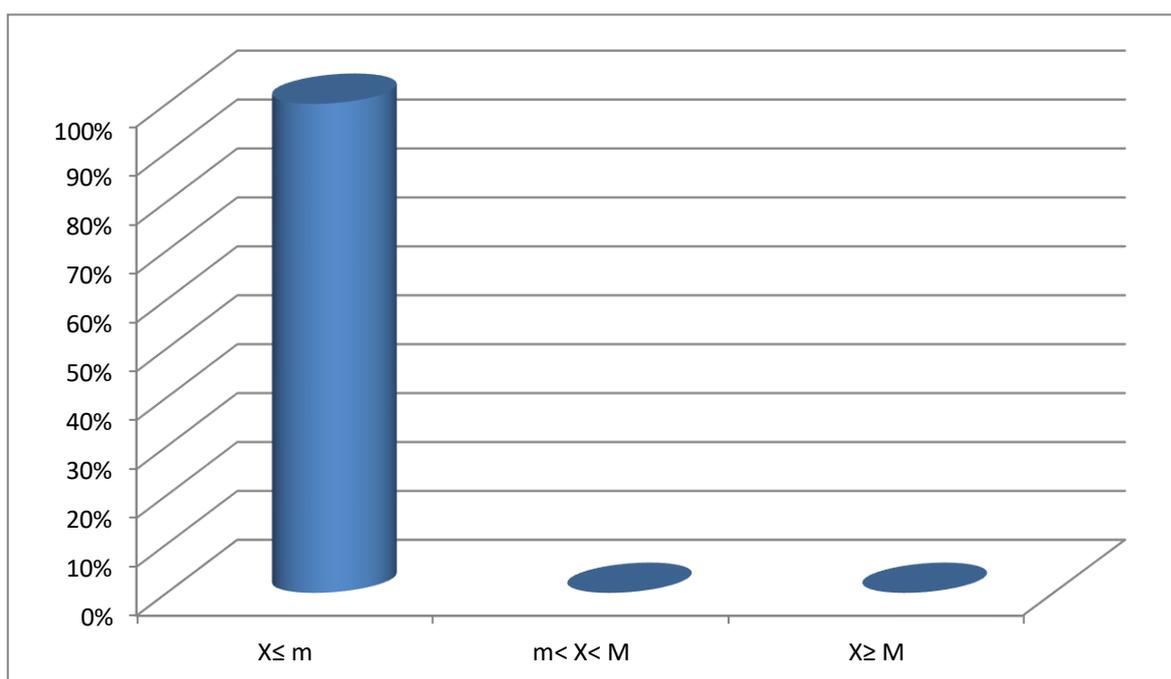


Figure 35 : Histogramme empilé représentant l'interprétation d'analyses microbiologiques de la FAMT à l'état congelé

La FAMT renseigne sur la propreté des manipulations, l'efficacité des procédés de préparation, les conditions de conservation et la fraîcheur des produits.

Parmi les 6 échantillons, tous sont de qualité bactériologique satisfaisante, ce qui indique que :

- Soit tous les échantillons avaient une charge bactérienne faible avant le stockage, et que les conditions de stockage sont respectées.
- Soit la congélation pendant 10 jours a ralenti, voire stoppé, le développement de ces microorganismes.

4.3.2 Coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes totaux (100%), avec une contamination moyenne de $3,60.10^4$, révèle qu'aucun des 6 échantillons ne présente des résultats indénombrables. Tous les résultats peuvent donc faire l'objet d'une interprétation.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 13 et la figure 36 :

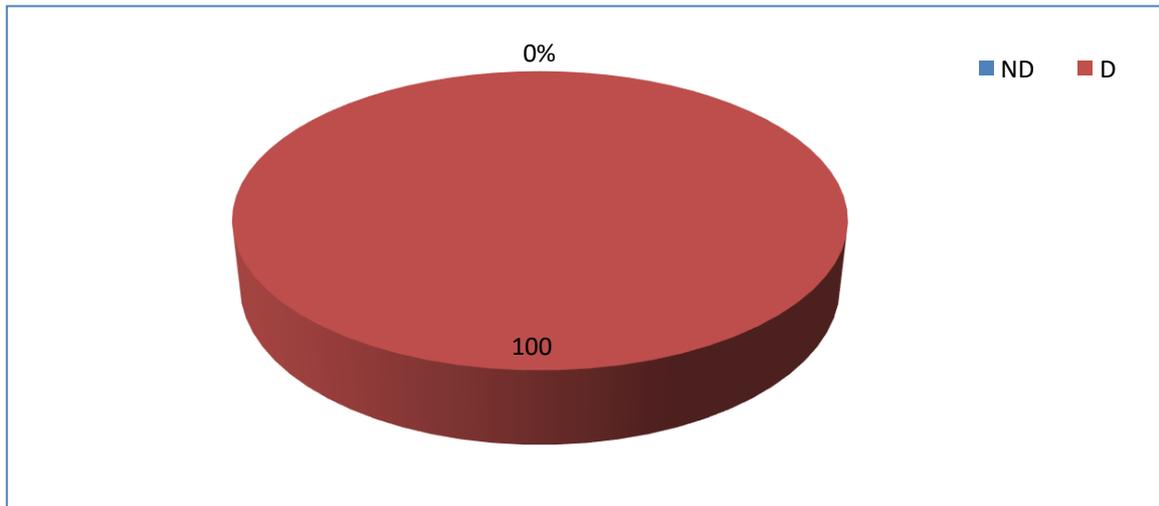


Figure 36 : résultats de dénombrement des coliformes totaux à l'état congelé (ND : indénombrable ; N : dénombrable)

Tableau 13 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux à l'état congelé

N	Résultats (UFC/g)
4	$3,18.10^4$
5	$9,50.10^3$
5'	$9,09.10^4$
14	$1,10.10^4$
15	$2,64.10^4$
15'	$4,64.10^4$

N : numéro de l'échantillon ; UFC : unité formant colonie ; g : gramme

Les coliformes totaux et fécaux sont des bactéries qui renseignent respectivement sur l'état de fraîcheur de la viande et sur les conditions d'abattage.

Les résultats de cette étude indiquent que 100% (6/6) des échantillons est dénombrable. Cela indique que la congélation à 0°C pendant 10 jours a ralenti, voire stoppé, la prolifération de ces microorganismes.

4.3.3. Relation entre flore aérobique mésophile totale et coliformes totaux

L'étude de la relation entre le dénombrement de la FAMT et des coliformes totaux révèle qu'il y a un lien entre l'augmentation des taux de contamination de ces deux groupes de microorganismes car le coefficient de corrélation (r) est de 0,7 (régression très bonne) (figure 37).

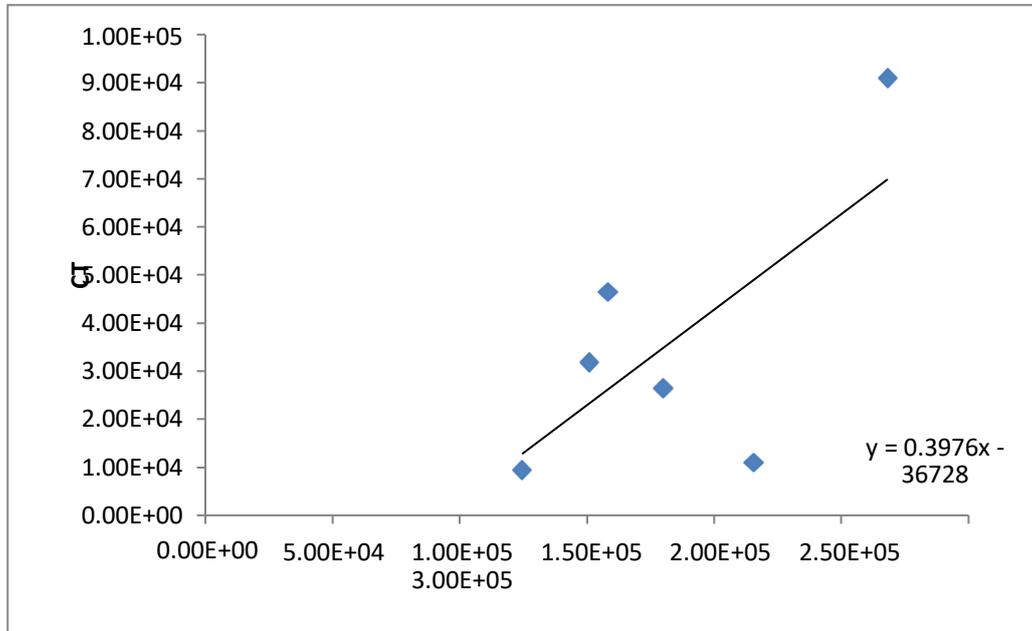


Figure 37 : Corrélation entre la FAMT et les coliformes totaux à l'état congelé

Le dénombrement de la FAMT, de même que celui des coliformes totaux, montre que tous les échantillons présentent des résultats dénombrables. De plus, le coefficient de corrélation assure qu'il y a un rapport positif entre les deux types de germes : l'augmentation du nombre des coliformes totaux dépend de celui de la FAMT. Cela peut être dû à l'action de la congélation à température de 0°C pendant 10 jours sur ces deux groupes de microorganismes.

4.4. Analyse générale

La peau des animaux possède une flore commensale bien établie et stable. Elle véhicule également un grand nombre de contaminants, particulièrement sur les pattes, les poils et les plumes. Ces contaminants proviennent du sol, des matières fécales, de l'eau, de l'air, de la nourriture, des insectes et des rongeurs.

La composition de la microflore change durant le stockage, seuls quelques contaminants présents dans la denrée alimentaire vont survivre et se multiplier. Les conditions de stockage influencent les types de microbes qui vont se multiplier et déterminent la rapidité de cette prolifération.

L'analyse bactériologique effectuée met en valeur les résultats suivants (figure 38) :

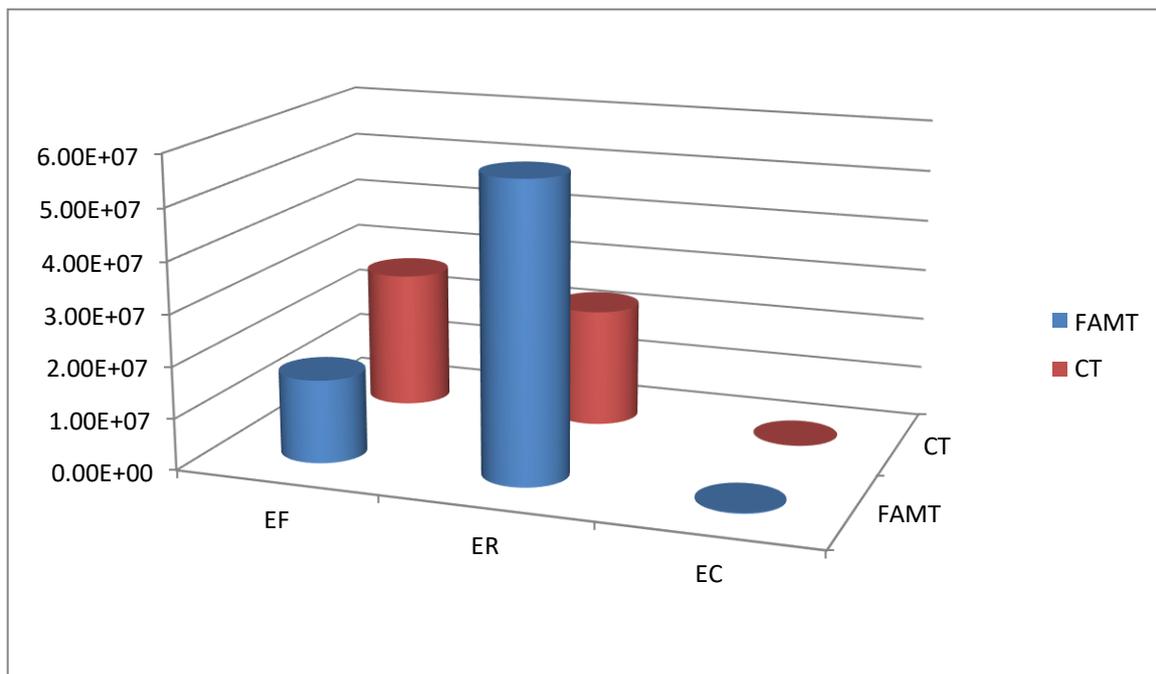


Figure 38 : Histogramme représentant l'interprétation générale des analyses microbiologiques de la FAMT et des coliformes totaux à l'état frais, réfrigéré et congelé
 EF : état frais ; ER : état réfrigéré ; EC : état congelé ; CT : coliformes totaux ; FAMT : flore aérobique mésophile totale

L'histogramme montre clairement la différence de charge des coliformes totaux à l'état frais à cause de l'importante contamination fécale des échantillons, Cette forte contamination s'explique par le fait qu'on assiste souvent à une rupture des intestins au moment de l'éviscération qui se fait avec peu de précaution ; le couteau servant à l'éviscération n'est pas régulièrement nettoyé et les carcasses éviscérées dans des fûts sont en contact permanent avec les viscères. Le personnel peut aussi contaminer les carcasses par l'intermédiaire des mains souillées non nettoyées, en manipulant plusieurs lots (inter-contamination).

Par contre, à l'état réfrigéré, la moyenne des résultats du dénombrement de tous les échantillons contaminés par la FAMT est plus importante que celle des coliformes totaux. Cela peut être dû à l'effet du froid qui a inhibé la prolifération des coliformes.

Par ailleurs, à l'état congelé, les moyennes de dénombrement des échantillons contaminés par les deux types de micro-organismes sont presque nulles, et la qualité bactériologique de ces derniers est satisfaisante. Cela est dû soit à la stabilisation de ces bactéries par les températures basses de congélation, soit à la charge bactérienne initiale de ces échantillons qui était faible au départ.

On peut expliquer ces résultats par la conclusion suivante :

Le stockage des carcasses de poulets au froid, à des températures basses telles que la réfrigération ou la congélation, sur des durées différentes, peut améliorer la qualité bactériologique de la viande de poulet et prolonger sa durée de conservation, car le froid agit sur la qualité bactériologique des

denrées alimentaires en diminuant leur charge bactérienne initiale, inhibant leur prolifération et rendant leur qualité sanitaire plus satisfaisante.

D'après les résultats obtenus lors de l'étude, aucune différence n'est constatée entre les échantillons lavés à l'eau de Javel diluée et ceux non lavés, probablement à cause de la concentration insuffisante de l'eau de Javel ou bien l'insuffisance de la durée d'immersion des carcasses.

CONCLUSION

Conclusion

Les viandes blanches sont des denrées alimentaires consommées quotidiennement dans notre pays. Ces denrées peuvent présenter un risque pour la santé humaine vu leur contamination possible par des germes pathogènes dans les élevages, à l'abattoir ou bien durant les étapes de préparation et de conservation.

Les conditions d'abattage des poulets ont un impact direct sur la présentation et la durée de conservation des produits. Une attention particulière doit être portée sur les conditions d'hygiène du personnel et de la chaîne d'abattage. Tous les stades d'abattage présentent des dangers et sont des étapes critiques au vu du fonctionnement de l'abattoir.

La présente étude a permis de suivre l'évolution de la contamination superficielle de poulets de chair par la FAMT et les coliformes totaux à l'état frais, réfrigéré et congelé.

L'évaluation chiffrée des analyses bactériologique effectuées sur 22 cous de poulet de chair révèle une contamination plus importante par les coliformes totaux que par la FAMT à l'état frais, ce qui indique l'origine probablement fécale de cette contamination, à cause des pratiques de fabrication qui sont défectueuses, notamment lors de la préparation et de la manipulation des carcasses durant l'éviscération.

À l'état réfrigéré, le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale indique des taux plus importants d'une part, à cause de la contamination antérieure apportée par les mains du personnel de l'abattoir et des outils de travail pendant les opérations d'abattage et de découpe, et d'autre part de l'inhibition de la prolifération des coliformes totaux par le froid, tandis que, au fur et à mesure que la température de conservation s'abaisse, la croissance des deux micro-organismes est progressivement réduite.

Le contrôle de la filière peut contribuer à la diminution des risques de contamination des carcasses. Il s'agira alors de respecter l'hygiène dans les élevages, la prophylaxie médicale et le contrôle de la qualité des aliments. Les autorités devraient jouer un rôle pivot par le financement de centres d'abattage équipés, et favoriser la promotion de la formation des intervenants.

RECOMMENDATIONS

Recommandations

Afin de contribuer à l'amélioration des bonnes pratiques d'hygiène et les bonnes pratiques de fabrication, et prolonger la durée de conservation des viandes de poulet, les recommandations suivantes sont à prendre en considération :

➤ Concernant l'animal :

- Respect de la diète et du délai d'attente avant l'abattage, pour éviter le stress.
- Effectuer toutes les opérations sur animaux suspendus.
- Éviscération complète, rapide et hygiénique. Si la rupture du tube digestif provoque une souillure, prévoir un lavage de l'intérieur de la carcasse.
- La plumaison doit être réalisée avec le plus grand soin : les plumes souillées restantes sont autant de facteurs de contamination.
- Diminuer les contaminations croisées, surtout lors des étapes de lavage et de refroidissement, en ajoutant du chlore dans l'eau
- Contrôle de la température des carcasses à la sortie du ressuyage.
- Respect de la chaîne du froid et de la température de conservation.

➤ Matériel et locaux :

- Contrôle des températures de l'échaudoir (53 à 56°C). La durée d'échaudage est de 2 à 3 minutes.
- Renouvellement complet de l'eau dans l'échaudoir après passage d'environ 450 poulets.
- Éviter l'éviscération sur les tables.
- Tremper régulièrement les couteaux en rotation dans un stérilisateur.
- Les opérations de nettoyage et de désinfection doivent être effectuées chaque jour, à la fin des opérations d'abattage, par un personnel qualifié et bien formé.
- Utiliser un détergent autorisé en agro-alimentaire et un désinfectant homologué.

➤ Pour le personnel :

- Sensibilisation et formation des personnels sur les bonnes pratiques d'hygiène.
- Personnel en nombre suffisant et chacun affecté à une opération précise.
- Le personnel doit porter des tenues spécifiques, des gants, des masques et des coiffes. Ces derniers doivent être nettoyés et désinfectés par un procédé efficace.
- Insister sur l'hygiène des mains. Pour cela il faut avoir des lave-mains à commande non manuelle à proximité immédiate du poste de travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- AEU** Abattoir - Encyclopédie universelle : www.encyclopedie-universelle.com consulté en 2008. In Kheiri I et Sadeddine B, 2009. L'abattage du poulet de chair et conduites à tenir. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire. École nationale supérieure vétérinaire. Alger. 51 p.
- AFSSA (ANSES) - Saisine-SA-0056, 2009.** Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Avis sur la mise en place d'un plan de surveillance des carcasses de volailles portant sur les critères indicateurs d'hygiène du procédé d'abattage. 15 p.
- AFNOR-V-08-051-1992.** Microbiologie alimentaire - Méthode de routine pour le dénombrement des micro-organismes - Méthode par comptage des colonies obtenues à 30 °C, Paris: AFNOR N.F. V 08-051, 1992.
- Andjongo EGC, 2006.** Étude de la contamination des surfaces dans les industries de transformation des produits de la pêche au Sénégal : cas de la pirogue bleue. Mémoire de Magister en médecine vétérinaire. 29-30.
- Anonyme, 1997.** Guide de bonnes pratiques d'abattage et de découpe du poulet label rouge, version 02. Synalaf, 18-24-35.
- Anonyme, 2011.** Regards et perspectives. Agricultures et territoires. Chambre d'agriculture de Dordogne. 1.
- Bolder NM et Mulder R, 1983.** Contamination des carcasses de poulets par les salmonelles : Le rôle des caisses de transport. Courier Avicole. 39, 23-25.
- Bornert G, 2000.** Importance des bactéries psychrotrophes en hygiène des denrées alimentaires. Revue de Médecine Vétérinaire, 2000. 11-151.
- Bouhaya L et Cheraf F, 2009.** Analyse microbiologique de la viande rouge congelée dans la wilaya de Blida, Mémoire de master en microbiologie, Université Saad Dahleb, Blida, faculté des sciences agrovétérinaires et biologiques. 23.
- Bourgeois CM et Leveau JY, 1991.** Techniques d'analyse et contrôle dans les industries agro-alimentaires. 2ème Ed. Lavoisier. 454.
- Bourgeois CM, Mesle JF et Zucca J, 1996.** Microbiologie alimentaire Tome 1 : aspects microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments, Paris : Tec et Doc. 314-326.
- Burdette RF et Abbott JC, 1960.** Commercialisation du bétail et de la viande, Rome. Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. FAO, commercialisation, cahier N° 3, 48-67.
- Cabre O, Ganthier A et Davoust B, 2006.** Risque sanitaire alimentaire : inspection sanitaire des volailles. Med Trop 2006. 443-448.
- CAC/RCO 14-1974.** Code d'usage en matière d'hygiène pour le traitement de la volaille. Codex Alimentarius. Volume 1.1994
- Carlier V et Lagrange P, 2001.** *Salmonella*, service d'information alimentaire, H.C.S. International. Paris. 84.
- Cartier P, 2007.** Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins, compte rendu finale n° 17 05 32 022 ; Service qualité des viandes, Département techniques d'élevage et qualité. 12-58.
- Chama M et Zerouali A, 2007.** Contribution à l'évaluation microbiologique de la galantine à base de volailles au niveau de l'unité SAC.SPA. Mémoire de technicien supérieur en agro-alimentaire. Institut national spécialisé de formation professionnel en industrie agro-alimentaire. Blida. 6-7-8.
- Cisse M, 1996.** Thèse d'obtention de grade de docteur vétérinaire. Qualité bactériologique des carcasses de volailles préparées dans un abattoir moderne au Sénégal. Université Cheikh Anta Diop Dakar. 24.

Références bibliographiques

- Clinquart A, Fabry J et Casteels M, 1999.** Chapitre : La viande et les produits de viande dans notre alimentation. Edition du CNRS. 76.
- Codex Alimentarius, 2005.** Glossaire des termes et définition 34^{ème} session.
- Cottin JH, Bizon C et Caebonelle B, 1985.** Study of *Listeria monocytogenes* in meat from 415 cattle. Sci. Aliment, 5 : Series IV, 145-149.
- Craplet C, 1966.** La viande de bovins. Tome I. Éditions Vignot frères, Paris. 74-86.
- Dahou F et Bouketita H, 2017.** Motifs de saisie des viandes blanches dans un abattoir avicole à Chlef. Projet de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de docteur vétérinaire. Institut des sciences vétérinaire, Blida. 35 p.
- Dumont BL, 1982.** Conséquences technologiques des flores microbiennes contaminant la viande fraîche. Hygiène et technologie de la viande fraîche. Ed. CNRS. 155-160.
- Eiffert J et Sangley G, 2002.** Chemistry of chlorine sanitizers in food processing dairy, food and environmental sanitation. 534-538.
- Émilie F, 2009.** Connaissance des aliments. Bases alimentaires et notionnelles de la diététique. 2^{ème} Edition Lavoisier. ISBN : 978-7430-1156-7.
- FAO /OMS 2005 :** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, commission de Codex Alimentarius. Vingt-huitième session. Rome, 4 - 9 juillet 2005. 128 p.
- FSIS Directive 7120, 10/1/191 Rev. 52 :** Safe and suitable ingredients used in the production of meat, poultry, and egg products. United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, Washington, DC
- Goudiaby ML, 2005.** Contribution à l'étude de la contamination superficielle des carcasses ovine aux abattoirs. Université cheik Anta Diop, Dakar. Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. 5.
- Guide de bonnes pratiques d'hygiène,** Version juin 2010. Ouvrage édité par la DILA. Direction de l'information légale et administrative. NOR ECOC0500094V (Journal officiel de la république française du 15 juin 2005).
- Guy SN, 2000.** Les points à risque de la contamination microbiologique de la viande de poulet de chair dans la région de Dakar. Thèse présenté le 25-07-2000 et soutenue publiquement de la faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie de Dakar pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire. 119 p.
- Heikes DL, 1987.** Pesticide and industrial chemical residues. Journal of the Association of Official Analytical Chemists. 70-215-226.
- Hobbs BC et Gilbert RJ, 1978.** Food poisoning and food hygiene, Fourth edition, Edward Arnold, 366 p.
- Housecroft CE et Sharpe AG, 2010.** Chimie inorganique. 3^{ème} édition. De Boeck. p.186.
http://parm.asso.fr/IMG/pdf_avis_AFSSA_abattage_volailles.pdf
- INRA(2007).** Rendre la viande de volaille plus sûre. Lien internet consulté le 25-06-2020 :
<http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2492/rendre-la-viande-de-volaille-plus-sure/>
- Internet 1.** Lien consulté le 30-06-2020 : <https://www.lelementarium.fr/product/eau-de-javel/>
- Internet 2 :** Lien consulté le 04-07-2020 : <http://www.akfavolailles.com/contacts.php>
- Internet 3 :** Lien consulté le 07-07-2020 :
https://www.google.com/search?q=pr%C3%A9paration+des+dilution+d%C3%A9cimale&sxsrf=ALeKk01h-XZmY3P8a3i1LS_YTJBXfVqEQQ:1594090324559&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahU

Références bibliographiques

- Salvat G, Allo JC et Colin P, 1993.** Evolution of microbiological contamination of poultry carcasses during slaughtering : a survey on 12 French abattoirs. In "Qualité des produits avicoles", 11ème Symposium européen sur la qualité de la viande de volailles ; Tours, France, 4-8 Octobre 1993. 562-568.
- Salvat G, Toquin MT, Michel Y et Colin P, 1995.** Control of *Listeria monocytogenes* in the delicatessen industries : the lessons of a listeriosis outbreak in France. International Journal of Food Microbiology. 25-75-81.
- Silliker JH et Cole MB, 1980.** Food commodities, vol. 2. Londres, New York. Academic Press, 1980. 997 p.
- Silvio R, 2009.** L'hygiène reine, du bon usage des aliments et de leur conservation. Coop société coopérative.
- Wray C, 1975.** Survival and spread of pathogenic bacteria of veterinary importance with the environment. The veterinary bull. 45-543-550. Lien internet : www.codexalimentarius.net/vetdrugs/data/référence/glossary.html
- Zouambi RA, 2020.** Comparaison de l'efficacité entre l'hypochlorite de sodium acidifié et le mélange acide peracétique/péroxyde d'hydrogène (P3 - Oxonia) sur la décontamination superficielle des carcasses de volailles. Mémoire de master en vue de l'obtention du diplôme de master en sciences vétérinaires. ENSV. 51.

ANNEXES

Annexe 1 : Échantillonnage (photos personnelles).



Annexe 2 : Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale et des coliformes totaux (photos personnelles).



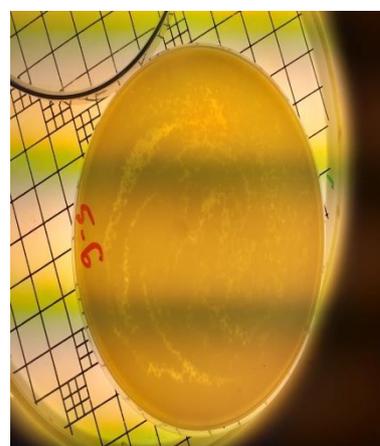
Annexes 3 : Résultats de la contamination superficielle des carcasses de poulets de chair.**I. Résultats de la contamination superficielle des carcasses à l'état frais :**

Analyse de 10 prélèvements le 01/03/2020. Lecture des résultats et dénombrement des boîtes ensemencées le 03/03/2020, après 48 heures d'incubation.

- Les boîtes 16, 17, 18, 19 et 20 sont lavées avec l'eau de Javel diluée.
- Les boîtes 6, 7, 8, 9 et 10 ne sont pas lavées.

ND : indénombrable.

	FAMT Milieu : PCA Incubation à 30°C				Coliforme totaux Milieu : VRBG Incubation à 37°C			
	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
6	ND	ND	ND	424	ND	ND	ND	392
7	ND	ND	ND	288	ND	ND	ND	384
8	ND	ND	ND	ND	ND	240	212	138
9	ND	ND	ND	208	ND	232	196	145
10	ND	ND	557	184	ND	ND	ND	348
16	ND	ND	189	84	ND	ND	428	267
17	ND	ND	346	217	ND	ND	328	187
18	ND	ND	266	149	ND	ND	512	210
19	ND	ND	112	79	ND	ND	298	176
20	ND	ND	284	228	ND	584	300	191



(Photos personnelles)

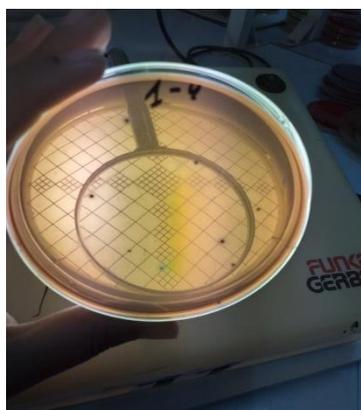
II. Résultats de la contamination superficielle des carcasses à l'état réfrigéré :

Analyse de 6 prélèvements après 3 jours de réfrigération le 03/03/2020. Lecture des résultats et dénombrement des boîtes ensemencées le 04/03/2020, après 24 heures d'incubation.

- Les boîtes 11, 12 et 13 sont lavées avec l'eau de Javel diluée.
- Les boîtes 1, 2 et 3 ne sont pas lavées.

ND : indénombrable.

	FAMT Milieu : PCA Incubation à 30°C				Coliforme totaux Milieu : VRBG Incubation à 37°C			
	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
1	274	224	95	71	52	9	1	0
2	ND	ND	298	248	ND	ND	ND	420
3	ND	218	15	9	220	190	118	82
11	268	101	36	0	ND	280	278	168
12	ND	ND	328	263	ND	ND	344	177
13	429	244	168	141	ND	ND	265	232



(Photos personnelles)

III. Résultats de la contamination superficielle des carcasses à l'état congelé :

Analyse de 6 prélèvements après 10 jours de réfrigération le 10/03/2020. Lecture des résultats et dénombrement des boîtesensemencées le 11/03/2020, après 24 heures d'incubation.

- Les boîtes 14, 15 et 15' sont lavées avec l'eau de Javel diluée.
- Les boîtes 4, 5 et 5' ne sont pas lavées.

ND : indénombrable.

	FAMT Milieu : PCA Incubation à 30°C				Coliforme totaux Milieu : VRBG Incubation à 37°C			
	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
4	119	47	22	12	20	15	7	4
5	122	15	1	0	18	1	0	0
5'	218	77	35	6	84	16	2	0
14	135	102	43	28	19	3	0	0
15	122	76	20	8	27	2	1	0
15'	133	41	23	1	44	7	0	0



(Photos personnelles)

Résumé

Le but de la présente étude est l'évaluation du taux de contamination par les germes responsables d'altération de la viande de poulet à l'état frais, et l'évolution de cette flore à l'état réfrigéré et congelé. Pour ce faire, 22 échantillons de peaux de cou de poulets sont prélevés dans l'abattoir avicole d'El Hamiz pour la recherche et le dénombrement de la flore aérobique mésophile totale et les coliformes totaux. Ces prélèvements font l'objet d'une analyse bactériologique au premier jour d'abattage, au 3^{ème} jour après réfrigération à +4°C et au 10^{ème} jour après congélation à 0°C. Les résultats obtenus indiquent qu'à l'état frais la charge bactérienne initiale est importante, surtout celle d'origine fécale ($1,62.10^7$ UFC/g FAMT ; $2,68.10^7$ UFC/g coliforme totaux). Après réfrigération, la charge de la FAMT est plus importante que celle des coliformes totaux à cause du froid qui a inhibé leur prolifération ($5,73.10^7$ UFC/g FAMT ; $2,30.10^7$ UFC/g coliformes). Par contre, après congélation, la qualité de ces échantillons est satisfaisante, avec une charge bactérienne quasi nulle, à cause du froid de congélation qui a inhibé la prolifération de ces microorganismes. Les résultats ne montrent pas de différence significative entre les échantillons lavés avec l'eau de Javel et les non lavés, probablement en raison de concentration insuffisante en eau de Javel ou d'une durée d'immersion trop courte des carcasses.

Mots-clés : FAMT, coliformes totaux, abattoir, frais, réfrigération, congélation.

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the contamination rate of germs responsible for spoilage of chicken meat in the fresh state, and the evolution of this flora in the refrigerated and frozen state. For this purpose, 22 samples of chicken neck skins are taken from the poultry slaughterhouse in El Hamiz for the investigation and enumeration of the mesophilic aerobic flora and total coliforms. These samples are subject to bacteriological analysis on the first day of slaughter, on the 3rd day after refrigeration at +4°C and on the 10th day after freezing at 0°C. The results obtained indicate that in the fresh state the initial bacterial load is significant, especially that of fecal origin ($1.62.10^7$ CFU/g AMTF; $2.68.10^7$ CFU/g total coliforms). After refrigeration, the AMTF load is greater than that of total coliforms because of the cold that inhibited their proliferation ($5.73.10^7$ CFU/g AMTF; $2.30.10^7$ CFU/g coliforms). On the other hand, after freezing, the quality of these samples is satisfactory, with an almost no bacterial load, because of the freezing cold, which inhibited the proliferation of these microorganisms. The results do not show any significant difference between the samples washed with bleach and the unwashed samples, probably due to insufficient bleach concentration or too short immersion time of the carcasses.

Keywords: AMTF, total coliforms, slaughterhouse, fresh, refrigeration.

المخلص

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم معدل التعفن من قبل الجراثيم المسؤولة عن تعفن لحوم الدجاج في الحالة الطازجة، وتطور هذه الجراثيم في حالة مبردة ومجمدة. ولهذا الغرض، أخذت 22 عينة من جلود عنق الدجاج من مذبح الدواجن في الحمير للبحث والتعداد عن الجراثيم الهوائية متعددة المراسم ومجموع القولونيات. تم اختبار هذه العينات من البكتيريا في اليوم الأول من الذبح وفي اليوم الثالث من التبريد في درجة حرارة تبلغ +4 درجة مئوية وفي اليوم العاشر من التجمد في درجة حرارة تبلغ 0 درجة مئوية وتشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن الحمولة البكتيرية الأولية في الحالة الطازجة كبيرة جدا وخاصة من أصل الجراثيم البرايا (مجموع القولونيات $2.68.10^7$ وت م/غ). الجراثيم الهوائية المتعددة المراسم $1.62.10^7$ وت م/غ). بعد التبريد، حمولة الجراثيم الهوائية المتعددة المراسم اكبر من الحمولة الاجمالية لمجموع القولونيات بسبب البرد الذي منع من انتشاره (مجموع القولونيات $2.30.10^7$ وت م/غ). الجراثيم الهوائية المتعددة المراسم $5.73.10^7$ وت م/غ). ومع ذلك بعد تجميد هذه العينات، كانت ذات جودة مرضية، دون أي حمولة بكتيرية تقريبا بسبب البرد القارس الذي حال دون نمو هذه الكائنات الدقيقة. لا تظهر النتائج أي فرق كبير بين العينات المغسولة بالكلور والعينات غير المغسولة، بسبب عدم كفاية الكلور أو وقت غمر الهيكل القصير جدا.

الكلمات المفتاحية : الجراثيم الهوائية متعددة المراسم ، مجموع القولونيات ، المذبح ، الطازج ، التبريد ، التجميد ، البرد.