

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE-ALGER
المدرسة الوطنية العليا للبيطرة - الجزائر

MEMOIRE DE MAGISTERE EN SCIENCES VETERINAIRES

OPTION : CONTROLE QUALITE ET ANALYSES ALIMENTAIRES

Thème

Contribution à l'étude de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses bovines au niveau de l'abattoir de Rouiba.

Présenté par : Dr Mohammedi Sarah.

Le jury

Président :	Pr AISSI M	(Professeur, ENSV)
Promoteur :	Dr BOUKHORS K	(Maître de Conférences, ENSV)
Examineurs :	Dr BENDEDDOUCHE B	(Maître de Conférences, EPSNV)
	Dr HARHOURA K	(Maître Assistant, ENSV)
	Dr AZZAG N	(Maître Assistant, ENSV)

Année universitaire : 2010/2011

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier **Mme BOUKHORS K** Qui m'a aidé et guidé tout au long de mon travail. Qu'elle trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance.

A Madame AISSI M, qui m'a fait l'honneur de présider le jury, j'ai eu le privilège de bénéficier de ses conseils précieux, de son écoute permanente et de sa gentillesse. Qu'elle trouve ici l'expression de ma respectueuse gratitude.

A Monsieur BENDEDOUCHE B, pour son enseignement enrichissant en post- graduation, ses encouragements permanents, qui m'ont donné envie de réaliser ce magistère, Qu'il reçoive ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A Madame AZZAG N, pour ses conseils, son enthousiasme et sa gentillesse. Qu'elle soit assurée de ma gratitude.

A Monsieur HARHOURA K, à qui j'exprime ma reconnaissance pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de faire parti du jury , je tiens à lui assurer tout mon respect.

Un travail scientifique ne saurait se réduire à une réalisation isolée. Que chacun d'entre vous soit ici très sincèrement remercié d'avoir contribué à l'aboutissement de ce projet de recherche.

DEDICACES

A mes parents, pour votre inébranlable soutien et surtout pour l'amour que vous me portez, je tenais à vous remercier du fond du cœur.

A la mémoire de mes grands parents.

A mes sœurs Lilia et Nesrine pour leur présence et leur amour.

A mes amies Sabrina, Esma ,Lili , Zineb , Mouna pour les bons moments passés ensemble et ceux à venir.

A Yacine mon fiancé pour son soutien permanent.

A Sara M, pour les longues journées de travail passées ensemble au laboratoire d'H.I.D.A.O.A, pour m'avoir aidé et supporté durant les moments difficiles.

A Asma B, vétérinaire à l'abattoir de Rouiba, pour toute l'attention qu'elle a eu à mon égard, sa gentillesse et son optimisme.

A Louiza, technicienne du laboratoire d'H.I.D.A.O.A., pour son aide et ses encouragements.

A tout le personnel de la bibliothèque de l'ENSV, pour leur gentillesse et leur disponibilité.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	2
I.GENERALITE SUR LA VIANDE	2
I. 1. Composition de la viande.....	2
I. 2. Microflore de la viande.....	3
I.3. Mécanismes d'adhésion des bactéries à la surface des carcasses.....	11
I.4. Contamination des carcasses bovines.....	12
I.5. Définition d'un abattoir.....	13
I.6. Etapes de transformation d'animaux de boucheries en viande.....	13
II.ORIGINE DE LA CONTAMINATION SUPERFICIELLE DES CARCASSES	14
II.1. Matière première.....	14
II. 2. Matériel et locaux.....	18
II.3. Milieu.....	21
II. 4. Méthodes	23
II. 5. Main-d'œuvre	24
III.METHODES DE PRELEVEMENT DES BACTERIES A LA SURFACE DES CARCASSES	25
III.1. Méthodes destructives ou techniques par excision.....	25
III.2. Méthodes non destructives.....	25
III.3. Méthode par contact.....	25
III.4. Bioluminescence ou ATP-métrie.....	26
III.5. Avantages et limites des principales méthodes de prélèvement.....	26
IV.MAITRISE DE LA CONTAMINATION BACTERIENNE PAR UNE APPROCHE PREVENTIVE	30
IV.1. Guide de bonnes pratiques d'hygiène.....	30
IV. 2. Méthode H.A.C.C.P (Hasard Analysis Critical Control Point).....	30
V.METHODES DE DECONTAMINATION DES CARCASSES BOVINES	34
V.1. Douchage à l'eau chaude.....	34
V. 2. Décontamination en cabine par vapeur sous pression « procédés SPS »....	35
V.3. Décontamination locale par combinaison « vapeur, eau chaude, aspiration »ou Steam vacuum.....	36
CONCLUSION PARTIELLE	36
<i>PARTIE EXPERIMENTALE</i>	
OBJECTIFS	39
I. MATERIEL ET METHODES	41

I.1. Analyse bactériologique.....	44
I.1.1. Matériel et milieux de culture.....	44
I.2.2. Echantillonnage des carcasses.....	44
I.1.3. Méthodes.....	46
I.1.3.1. Méthode de prélèvement.....	46
I.1.3.2. Méthodes d'ensemencement et de dénombrement bactérien.....	47
I.2 .Analyse fongique des carcasses.....	50
I.2.1. Matériel.....	50
I.2.2. Milieux de culture.....	50
I.2.3. Echantillonnage des carcasses.....	50
I.2.2. Méthodes.....	51
I.2.4.1. Méthode de prélèvement.....	51
I.2.4.2. Ensemencement des prélèvements.....	51
II. RESULTATS.....	55
II.1. Résultats de l'analyse bactériologique.....	55
II.2. Résultats de la partie fongique.....	63
III.DISCUSSION.....	67
III.1.Discussion de l'analyse bactériologique.....	67
III.2.Discussion de l'analyse fongique.....	77
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	81

Références bibliographiques

Annexes

Résumés

LISTE DES TABLEAUX

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau 01 : composition du muscle bovin	page 2
Tableau 02 : Genres bactériens les plus fréquents dans la viande	Page 4
Tableau 03 : Genres de moisissures et de levures les plus présentes dans la viande fraîche	page 6
Tableau 04 : Effet de l'épilation chimique du cuir de bœuf sur la moyenne des dénombrements bactériens des carcasses	page 16
Tableau 05 : Avantages et limites des trois méthodes de prélèvement les plus utilisés	page 29
Tableau 06 : Les 12 étapes de la mise en œuvre de l'HACCP	page 32
Tableau 07 : Exemples des CCP génériques dans un système HACCP pour les opérations d'abattage des bovins et des ovins	page 33

PARTIE EXPERIMENTALE

Tableau 08 : Résultats du dénombrement des différentes flores recherchées	page56
Tableau 09 : Répartition des résultats de la FAMT retenus et non retenus par rapport aux nombre total d'échantillons	page 59
Tableau 10 : Répartition des résultats des ENT retenus et non retenus par rapport au nombre total d'échantillons	page 60
Tableau 11 : Répartition des résultats des CT retenus et non retenus par rapport au nombre total d'échantillons	page 60
Tableau 12 : Répartition des résultats des CF retenus et non retenus par rapport au nombre total d'échantillons	page 61
Tableau 12 : Critère microbiologique d'hygiène des procédés pour le processus d'abattage des bovins, Méthodes d'échantillonnage non destructives	page 61
Tableau 13 : Interprétation des résultats obtenus dans l'abattoir de Rouiba (FAMT et ENT)	page 62
Tableau 14 : fréquence des moisissures isolées sur les carcasses bovines par site de prélèvement	page 63
Tableau 15 : Fréquence des levures isolées sur les carcasses bovines	page66

LISTE DES PHOTOS ET DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

Photo 01 :Décontamination des carcasses bovines par Steam vacuum	page 38
Photo 02 : Chargement des carcasses	page 43
Photo 03 : Système de rail aérien (salle d'abattage de bovins)	page 43
Photo 04 : Dépouillement manuelle des carcasses	page 43
Photo 05 : Eviscération manuelle des carcasses	page 43
Photo 06 : écouvillonnage « humide –sec » de la cuisse d'une carcasse bovine	page 47
Photo 07 : écouvillonnage « humide-sec » du collier d'une carcasse bovine	page 47

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Schématisation de la décontamination des carcasses par Steam vacuum	page38
Figure 02 : Système « SPS » de décontamination des carcasses à la vapeur	page 38
Figure03 : zones de prélèvements sur les carcasses de bovins pour les examens bactériologiques selon la Décision 2001/471/C.E	page45

LISTE DES ABREVIATIONS

C °: Degrés Celsius.

ATP : Adénosine Triphosphate.

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

AFSSA : Agence Française de la Sécurité Sanitaire des Aliments.

C.E : Communauté Européenne.

C F : Coliformes Fécaux.

cm : Centimètre.

cm² : Centimètre carré.

CCP : Critical Control Point.

CPRCM : Centre de Promotion et de Recherche De la Chambre des Métiers.

DGAL : Direction Générale de l'Alimentation.

E. coli : *Escherichia coli*.

EFSA : European Food Safety Authority.

ENT : Entérobactéries.

ENSV : Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire.

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FSIS: Food Safety and Inspection Service.

h : heure.

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Points

ISO: International Organization for Standardization.

JO/CE: Journal officiel de la Communauté Européenne.

Log₁₀ : Logarithme décimale.

ml : millilitre.

Moy : Moyenne.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

OFV : Office Vétérinaire Fédérale.

PCA: Plate Count Agar.

SPS : Steam Pasteurization System.

TSE: Tryptone Sel Eau.

UFC: Unité Formant Colonie.

USDA : United States Département of Agriculture.

VRBG : Violet Red Bile Glucose Agar.

VRBL : Violet Red Bile Lactose Agar.

INTRODUCTION

La viande a été traditionnellement considérée comme responsable d'un nombre conséquent de toxi-infections alimentaires. Bien que le tableau de morbidité des maladies liées à la viande ayant un impact sur la santé publique ait changé avec l'évolution des systèmes de production et de traitement, la permanence du problème a été largement démontrée ces dernières années par les études de surveillances effectuées chez l'homme concernant des agents présents dans la viande tels que *Escherichia coli* 0₁₅₇ H₇, *Salmonella spp*, *Campylobacter spp* et *Yersinia enterocolitica* (FAO, 2006).

L'abattage constitue dans la filière de transformation de la viande une étape importante au cours de laquelle vont se dérouler de nombreuses modifications. Sa contribution dans la contamination des carcasses apparaît prépondérante, l'abattoir joue un rôle d'apport et de dissémination de microorganismes (CARTIER, 2007).

Les microorganismes de la viande ont des origines diverses, ils peuvent soit contaminer *in vivo* le muscle lui-même, soit pénétrer au cours de la mort de l'animal, soit être apportés par les manipulations que subissent les carcasses au cours des différentes étapes d'abattage. Les germes se multiplient par la suite provoquant éventuellement des altérations ou rendant la viande dangereuse pour le consommateur. L'essentiel des germes est apporté au cours de l'abattage et au cours de la préparation des carcasses par l'environnement : matières fécales, peau, instruments, manipulateur (BOURGEOIS et *al.*, 1996). La contamination bactérienne de la viande peut influencer sur le maintien de sa qualité et peut être dangereuse pour la santé publique si la chaîne alimentaire est sans un contrôle hygiénique suffisant (HATHAWAY et MCKENZIE, 1991). Cette contamination peut être évitée ou du moins réduite par l'application rigoureuse des bonnes pratiques d'hygiène d'abattage afin de garantir à la fois la protection de la santé publique et la qualité de la viande (ZWEIFEL et *al.*, 2005).

Une étude récente a montré que la pratique régulière d'examen microbiologiques des carcasses a permis de tirer des conclusions fiables en ce qui concerne les conditions d'hygiène dans les abattoirs à long terme (ZWEIFEL et STEPHAN, 2003). Notre étude qui s'inscrit dans ce cadre a pour but d'évaluer la charge microbienne (bactéries, levures et moisissures) des carcasses bovines abattues dans l'abattoir de Rouiba afin d'estimer le niveau d'hygiène de cet abattoir. En Algérie, des études préliminaires ont été effectuées sur la contamination superficielle des carcasses bovines ou ovines dans les abattoirs d'El Harrach (NOUICHI, 2007 ; BELAID, 2007), tueries de Koléa et de Staoueli (DAHMANI, 2009).

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I.GENERALITES SUR LA VIANDE

I .1.Composition de la viande

Le muscle strié est le constituant principal des carcasses d'animaux de boucherie. Il est composé d'eau, de protéines, de lipides, de minéraux et de substances azotées non protéiques (créatine et acides aminés libres) La composition du muscle est très variable, ainsi la teneur en collagène et la quantité de graisse intramusculaire diffèrent (**Tableau 01**).

Tableau 01 : composition du muscle bovin (FERRANDO *et al.*, 1962).

Composition du muscle des bovins	Pourcentages
Eau	75%
Protéines	18%
Lipides	3%
Substances azotées non protéiques	1,5%
Glucides et catabolites	1%
Composés minéraux	1%

Les protéines constituent après l'eau la fraction pondérale la plus importante. La composition en acides aminés des protéines de la viande est remarquablement équilibrée, elles sont riches en acides aminés indispensables en particulier en acides aminés soufrés (TOURAILLE ,1994).

I .2.Microflore de la viande

Il est généralement admis que les muscles des animaux qui vont donner la viande que nous consommons sont stériles ou éventuellement faiblement contaminés, mais à des proportions très minimales (LABADIE, 2006). La viande fraîche du fait de sa richesse en nutriments, de son pH (proche de 7) et de son humidité élevée constitue un excellent milieu de culture pour la plupart des microorganismes (LEYRAL et VIERLING, 1997).

La flore de contamination « normale » résultant de l'abattage, provient d'abord de la peau et des muqueuses, elle est principalement bactérienne « *Pseudomonas putrefasciens*, *Acinetobacter*, *Staphylococcus* et *Lactobacillus* » (voir **Tableau 02**), on trouve aussi les moisissures du genre « *Penicillium*, *Sporotrichum*, *Mucor* ». Cette flore provient aussi du tube digestif, les bactéries les plus fréquentes sont : « *Enterobacteries*, *Streptocoques fécaux*, *Clostridium* », les moisissures sont peu représentées et parmi les levures le genre « *Candida* » est le plus fréquent (voir **Tableau 03**) (JEAN LOUIS, 2007).

I .2.1.Microorganismes pathogènes dans la filière viande

Les animaux malades sont systématiquement éliminés par les services vétérinaires lors des contrôles *ante* et *post mortem*, mais il arrive que des animaux apparemment sains hébergent dans leur tube digestif des germes dangereux en particulier des salmonelles qui lors d'agressions (mauvaises conditions d'abattage, accident, traumatisme.....) passent dans le muscle (BOURGEOIS et al ., 1996).

Parmi les bactéries pathogènes présentes dans les viandes et susceptibles de provoquer une maladie chez les consommateurs, il faut signaler «*Brucella*, *Mycobacterium tuberculosis* et *Bacillus anthracis* ». D'autres bactéries sont responsables de toxi-infection alimentaires comme « *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* producteurs de Shiga toxines, *Shigella*, *Yersinia enterocolitica* et *Listeria monocytogenes* » (SOFOS,2008). En Europe, les principaux microorganismes responsables de toxi-infection d'origine alimentaire sont les *Campylobacter* et les *Salmonelles* (EFSA, 2006).

Tableau 02 : Genres bactériens les plus fréquents dans la viande (JAY et al ,2005).

Genres	Gram (+)	Viandes fraîches réfrigérées	Genres	Gram (-)	Viandes fraîches réfrigérées
<i>Bacillus</i>	+	X	<i>Acinetobacter</i>	-	XX
<i>Brochotrix</i>	+	X	<i>Aeromonas</i>	-	XX
<i>Carnobacterium</i>	+	X	<i>Alcaligenes</i>	-	X
<i>Caseobacter</i>	+	X	<i>Arcobacter</i>	-	X
<i>Clostridium</i>	+	X	<i>Campylobacter</i>	-	
<i>Corynebacterium</i>	+	X	<i>Citrobacter</i>	-	X
<i>Entérocoques</i>	+	XX	<i>Enterobacter</i>	-	X
<i>Erysipelothrix</i>	+	X	<i>Escherichia</i>	-	X
<i>Kocuria</i>	+	X	<i>Flavobacterium</i>	-	X
<i>Kurthia</i>	+	X	<i>Hafnia</i>	-	X
<i>Lactobacillus</i>	+	X	<i>Moraxella</i>	-	XX
<i>Lactococcus</i>	+	X	<i>Pantoea</i>	-	X
<i>Leuconostoc</i>	+	X	<i>Proteus</i>	-	X
<i>Listeria</i>	+	X	<i>Pseudomonas</i>	-	XX
<i>Microbacterium</i>	+	X	<i>Psychrobacter</i>	-	XX
<i>Micrococcus</i>	+	X	<i>Salmonella</i>	-	X
<i>Peanibacillus</i>	+	X	<i>Serratia</i>	-	X
<i>Pediococcus</i>	+	X	<i>Shewanella</i>	-	X
<i>Staphylococcus</i>	+	X	<i>Yersinia</i>	-	X

<i>Vagococcus</i>	+				
<i>Weissella</i>	+	X			

Remarque : X=présent.

XX=Fréquemment isolé.

Tableau 03 : Genres de moisissures et de levures les plus présentes dans la viande fraîche (JAY et al., 2005).

Genre	Viandes fraîches réfrigérées	Genre	Viandes fraîches réfrigérées
<i>Moisissures</i>		<i>Levures</i>	
<i>Alternaria</i>	X	<i>Candida</i>	XX
<i>Aspergillus</i>	X	<i>Cryptococcus</i>	X
<i>Aureobasidium</i>	X	<i>Debaryomyces</i>	X
<i>Cladosporidium</i>	XX	<i>Hansenula</i>	X
<i>Eurotium</i>	X	<i>Pichia</i>	X
<i>Fusarium</i>	X	<i>Rhodotorula</i>	X
<i>Geotricum</i>	XX	<i>Saccharomyces</i>	
<i>Monascus</i>	X	<i>Torulopsis</i>	XX
<i>Monilia</i>	X	<i>Trichosporon</i>	X
<i>Mucor</i>	XX	<i>Yarrowia</i>	
<i>Neurospora</i>	X		
<i>Penicillium</i>	X		
<i>Rhizopus</i>	XX		
<i>Sporotrichum</i>	XX		
<i>Thamnidium</i>	XX		

Remarque : X=présent.

XX=fréquemment isolé.

I .2.2.microorganismes indicateurs d'hygiène dans la filière viande

Les indicateurs de groupes bactériens sont largement utilisés comme une mesure des caractéristiques hygiéniques des aliments. Leur dénombrement est peu coûteux, aussi ils ont l'avantage d'être facilement énumérés pour quantifier la performance d'un processus de production, alors que la détection de la plupart des agents pathogènes ou organismes d'altération particuliers pourrait être difficile (JORDAN *et al.*, 2006).

Le nombre et le type de microorganismes présents sur et dans la denrée alimentaire peuvent être utilisés pour juger ou décider de la qualité et de la sécurité microbiologique de ce produit, le dépassement d'un seuil donné de ces germes peut avoir de multiples origines et significations (le non respect des mesures d'hygiène, mauvaises conditions de stockage) (GHAFIR et DAUBE, 2007).

Les principales bactéries indicatrices sont décrites ci-dessous.

I .2.2.1.Flore aérobie mésophile totale

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre +20 et +45°C, les germes aérobies totaux ne constituent pas une famille bactérienne particulière. Il s'agit du plus ancien critère microbiologique utilisé, cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'homme et l'animal, il peut s'agir d'*Entérobactéries*, de *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas* ou bactéries lactiques (GHAFIR, 2008). Toutefois, ce dénombrement ne doit pas être interprété comme donnant une indication sur la sécurité des produits ; des valeurs élevées n'indiquent pas nécessairement la présence de pathogènes ou, surtout, des valeurs encore basses peuvent accompagner la présence de pathogènes à des niveaux dangereux (FEDERIGHI, 2005).

La présence abondante de cette flore peut indiquer un processus de dégradation en cours, il n'y a cependant pas de relation étroite entre le nombre total de microorganismes et le temps d'apparition des altérations. Le dénombrement de cette flore est un indicateur d'hygiène des procédés d'abattage (ZWEILFEL *et al.* , 2005), ce dénombrement est utilisé comme méthode de contrôle de la qualité hygiénique des carcasses (CARTIER ,1993 cité par DENNAÏ *et al.*, 2001).

Dénombrés seuls, les germes aérobies totaux sont des agents indicateurs qui donnent peu d'information, seul un dénombrement de germes indicateurs plus spécifiques permet de déterminer l'origine de la contamination (GHAFIR, 2008).

I.2.2.2. Entérobactéries

Les Entérobactéries sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, se développent aisément sur milieux ordinaires, font fermenter le glucose avec ou sans gaz, ne possèdent pas d'oxydase, réduisent les nitrates en nitrites (DELARRAS, 2007 ; LARPENT, 1998). L'origine de ces bactéries est le plus souvent le tube digestif de l'homme et des animaux, cette famille inclut plusieurs germes et espèces de bactéries pathogènes intestinales « *Shigella*, *Salmonella*, les souches pathogènes de *Yersinia* et d '*E. coli* ».

Les bactéries indicatrices peuvent signifier une contamination fécale, un défaut d'hygiène du matériel utilisé (RAY, 2001). Dans certains cas le dénombrement des entérobactéries se substitue au dénombrement des coliformes thermotolérants ce ci peut s'expliquer par le fait que les entérobactéries pathogènes sont le plus souvent lactose négatives or les coliformes sont lactose positives (BONNEFOY et al., 2002).

I.2.2.3. Coliformes totaux et thermotolérants

On entend par coliformes totaux, des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 h à une température comprise entre 35-37 ° C (DELARRAS, 2007). Le groupe des coliformes est défini administrativement et non sur des bases taxonomiques, plusieurs genres d'Entérobactéries entrent dans la définition des coliformes « *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, etc. » (BONNEFOY et al., 2002).

Les coliformes totaux sont encore considérés comme un indice de la contamination fécale, mais ils peuvent être retrouvés dans l'environnement (hôtes habituels du sol et des eaux comme *Citrobacter*, *Enterobacter*), l'intérêt de leur dénombrement est donc limité comme indice de contamination fécale par le manque de spécificité, il est cependant intéressant parce qu'ils témoignent de toutes les façons les mauvaises conditions d'hygiène,

les opérations de nettoyage et désinfection non efficaces. Ces germes renseignent sur l'état de fraîcheur de la viande (CARTIER, 1990 cité par DENNAÏ et *al.*, 2001). Aux Etats Unis, les coliformes totaux et parfois les Entérobactéries sont dénombrés sur les carcasses de bœuf et de porc à l'abattoir (SOFOS et *al.*, 1999).

Les coliformes thermotolérants « fécaux » ont les mêmes propriétés que les coliformes totaux mais ils poussent à $42^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, une température plus élevée permet de sélectionner les souches d'origine fécale par rapport aux bactéries issues de l'environnement (DELARRAS, 2007).

La présence de coliformes fécaux sur un aliment indique les mauvaises conditions hygiéniques pendant ou après la transformation de l'aliment (FEDERIGHI, 2005), ces germes sont considérés comme un bon indice de contamination des carcasses à partir des matières fécales de l'homme et des animaux (JEAN LOUIS, 2007).

Les coliformes thermotolérants renseignent aussi sur les conditions d'abattage (CARTIER, 1990), leur présence traduirait de mauvaises conditions au cours des opérations d'abattage (DENNAÏ et *al.*, 2001). Bien que la majorité de ces germes soient considérés comme non pathogènes, ils peuvent dans certains cas entraîner des gastro-entérites chez l'homme, comme celles causées par *E. Coli* O157 H7 (LEVINE et *al.*, 1991).

Le dénombrement des coliformes thermotolérants est parfois complété par la recherche d'*E. coli*, ainsi United-States Department of Agriculture (USDA) a choisit *E. coli* comme indicateur de contamination fécale, le dénombrement de ce microorganisme est obligatoire pour toutes les industries commercialisant de la viande aux Etats-Unis d'Amérique (GHAFIR, 2002 ; DGAL, 2007). Les coliformes fécaux et *E. coli* sont considérés comme la principale source de contamination dans les filières de production carnée (RAY, 2001), leur présence correspond à un défaut de la technique d'abattage, ou une contamination croisée entre les carcasses (GHAFIR et DAUBE, 2007).

I.2.2.4. Levures et moisissures

Les moisissures sont des eucaryotes avec des noyaux typiques entourés d'une membrane et contenant des chromosomes, elles sont hétérotrophes et doivent donc puiser dans le milieu ambiant l'eau, les substances nutritives et les minéraux nécessaires à leur

survie. Toutes les moisissures sont saprophytes se développant sur et au détriment de matériaux inertes très variés (ROQUEBERT, 1999).

La surface des viandes est d'autant plusensemencée en bactéries, levures et moisissures que les conditions d'hygiène de leur préparation ont laissées à désirer. Indépendamment des bactéries, la surface des viandes est toujours contaminée par des levures et des spores de moisissures, surtout si le ressuage des carcasses se fait à température ambiante, la viande réfrigérée finit toujours par se couvrir de moisissures provenant de la germination des spores qui ont souillé la carcasse au moment de l'habillage, le moment de l'apparition des taches de moisissures est très variable en fonction des conditions de réfrigération ;une atmosphère confinée avec une humidité élevée peut permettre l'apparition des premières taches au bout de trois semaines (FERRANDO et al, 1962).

Lorsque la surface d'une viande réfrigérée est sèche, les conditions sont favorables au développement des moisissures, apparaissent alors des taches blanches (*Sporotrichum canis*), vertes (*Penicillium*) ou noires (*Cladosporum herbarum*), des odeurs et une saveur anormale (LEYRAL et VIERLING, 2007).

I.3.mécanismes d'adhésion des bactéries à la surface des carcasses

La fixation des bactéries est la première étape de la contamination des surfaces solides (HUMPHREY et al .,1984) une meilleure compréhension de forces impliquées dans l'attachement des bactéries à la surface des viandes pourrait être utile dans la conception de techniques qui permettent la réduction de la contamination bactérienne des viandes à l'abattoir. Il est généralement admis que la fixation des bactéries se fait en deux étapes : (SOLGAS et al 1995).

- Une première étape : fixation réversible, cette phase intervient très précocement, les bactéries sont liées via un film d'eau à la viande, cette adhésion est la résultante d'interaction de types forces de Van Der Waals ou électrostatiques, elle est due aux interactions existantes entre les appendices externes (flagelles, fimbriae, polysaccharides externes) des cellules bactérienne et les récepteurs de la surface considérée (ici la viande).

- Une deuxième étape : fixation irréversible, met en jeu le métabolisme bactérien par la production d'une matrice d'exopolimères (glycocalyx) qui protège la bactérie des attaques extérieures et lui confère un environnement favorable pour son développement et également pour l'adhésion d'autres bactéries, des interactions fortes s'établissent entre la bactérie et la surface (viande) avec des liaisons de type hydrophobe.

L'adhésion des bactéries à la surface des carcasses peut se produire au bout de 30 mn à quelques heures. Plusieurs travaux cités par DICKSON et ANDERSON (1992) ont observé l'attachement des cellules bactériennes sur les tissus (bœuf, peau du poulet, porc) en utilisant le microscope électronique, ces chercheurs ont expliqué que l'attachement des cellules bactériennes au tissu est probablement le résultat d'une fixation physique des bactéries à la surface des carcasses et du piégeage des cellules bactériennes par les myofibrilles du tissu. D'autres études ont rapporté que les bactéries s'attachaient aux fibres du tissu conjonctif et non aux myofibrilles (BENEDICT et *al.*, 1991 cité par DICKSON et ANDERSON, 1992).

L'adhésion des bactéries sur les surfaces est influencée par la charge de la surface cellulaire, l'hydrophobicité, la présence de structures de surface particulières tels que : les flagelles-polysaccharides extracellulaires-fimbriae, la nature des surfaces impliquées dans l'attachement : surface de la viande. D'autres facteurs comme la température, le pH, le temps de contact peuvent être impliqués (VIMONT, 2007).

I .4.Contamination des carcasses bovines

I .4.1. Contamination profonde

Dans les conditions normales, les muscles des animaux sont stériles et ne contiennent pas de microorganismes, c'est seulement dans le cas de maladies infectieuses avec septicémie qu'ils peuvent en héberger. L'invasion des tissus par des microorganismes dépend de plusieurs facteurs tels que : l'état de santé de l'animal avant abattage. Le stress lors du transport et de la stabulation peut aussi avoir une influence sur la qualité microbiologique de la viande (HO THI NGUYET, 2008).

La contamination profonde est généralement moins de 10^{-1} microorganismes /gr en conditions d'abattage et d'éviscération satisfaisantes (AFSSA, 2001). Une contamination non négligeable des carcasses par les bactéries intestinales peut prendre place plusieurs heures après la mort, lorsque la paroi intestinale fragilisée permet l'entrée de ces bactéries (le stress de l'abattage favorise ce passage) d'où le danger d'une éviscération tardive (BOURGEOIS et *al.*, 1996).

I .4.2.Contamination superficielle

Les principaux contaminants de surface de la viande proviennent des conditions d'abattage (environnement de l'abattoir, conditions d'éviscération), La flore contaminante peut provenir de l'animal lui-même ou du personnel. Le cuir et le tractus digestif constituent les deux principales sources de contamination des carcasses (CARTIER, 2007; GRAU, 1987 cité par MCEVOY et *al.*, 2000).

En ce qui concerne la source animale, les contaminations sont essentiellement bactérienne parmi les germes provenant de l'air, du sol, des manipulateurs et éventuellement des eaux de lavage, les *Pseudomonas* sont les plus importants, suivi des autres germes Gram négatif comme les coliformes et les entérobactéries, on retrouve également des bactéries Gram positif, comme *Bacillus*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Listeria*, des bactéries corynéformes comme *Brochotrix*(JAY et *al.*.,2000) .

I .5.Définition d'un abattoir

Les abattoirs sont des établissements spécialisés, immatriculés, homologués et/ou enregistrés par l'autorité compétente, utilisés pour l'abattage et l'habillage d'animaux spécifiés, destinés à la consommation humaine (CODEX ALIMENTARIUS, 2005).

I .6.Etapes de transformation d'animaux de boucheries en viande

De l'animal vivant à la carcasse, figurent les différentes opérations réalisées de la prise en charge de l'animal à la ferme jusqu'à sa mort, ces opérations sont appelées « **pré-abattage** » et comprennent (CARTIER, 2007) :

- Le chargement des animaux.
- Le transport.
- Le déchargement et la réception à l'abattoir.
- Le relevé d'identification.
- L'attente en bouverie.
- L'inspection ante mortem.
- L'amené vers le poste d'abattage.
- La saignée (mort de l'animal).

L'abattage regroupe les multiples opérations qui se succèdent du départ des animaux de la ferme jusqu'à la séparation des carcasses en 4 quartiers. Une fois saigné, l'animal est dirigé vers les postes de préparation externes : « dépouillement », il s'agit de l'enlèvement du cuir, la section des membres et l'ablation de la mamelle.

Les opérations d'abattage se poursuivent par la préparation interne des carcasses. Les viscères thoraciques sont retirés ainsi que les viscères abdominaux, l'éviscération doit être faite de manière à maintenir une bonne qualité microbiologique des carcasses. Les carcasses sont ensuite fendues et subissent les opérations de finition avec l'émoissage et le parage, qui consistent à éliminer le gras superficiel et les souillures visibles à l'œil nu, sans mettre à nu les masses musculaires ni déprécier la valeur marchande des carcasses (CARTIER, 2007).

II .ORIGINE DE LA CONTAMINATION SUPERFICIELLE DES CARCASSES

II .1.Matière première « l'animal »

L'animal aussi bien vivant que mort constitue par la flore qu'il héberge un réservoir naturel de germes, source potentielle de contamination de surface des carcasses. Les bactéries sont introduites dans la chaîne de transformation des viandes par les animaux eux-mêmes qui les véhiculent au niveau de leur tube digestif et de leur peau (ROSSET et LIGER, 1982 cité par CARTIER, 2004), ces deux éléments constituent les principales sources de contamination des carcasses au moment de l'abattage (BELL, 1997).

Chez l'animal vivant et en bonne santé, le passage de bactéries dans les tissus ou la circulation sanguine est contrôlé par la muqueuse du tractus digestif, les anticorps et les cellules phagocytaires présents dans le sang et les nœuds lymphatiques. Ainsi les germes restent confinés dans la lumière du tube digestif et les tissus sont normalement stériles. Cependant, il arrive que des animaux apparemment sains hébergent dans leur tube digestif des germes dangereux qui lors de stress (mauvaises conditions d'abattage, de transport, accident et traumatisme) peuvent passer dans le sang puis dans les muscles, ce phénomène est appelé bactériémie d'abattage et ne s'accompagne d'aucune lésion macroscopique sur la carcasse (BOURGEOIS *et al*, 1996)

Le cuir et le tractus digestif constituent la principale source de contamination des carcasses, à hauteur d'environ 60% pour le cuir et 10% pour le tractus digestif (CARTIER, 1997 cité par CARTIER, 2004).

II.1.1.La flore du cuir

La flore cutanée chez les bovins est essentiellement constituée par des Staphylocoques, des Streptocoques, des Enterobacteries (*Escherichia coli* O157 H7 et *Salmonella enteritidis*), ces germes de la peau peuvent provenir de l'animal (flore saprophyte ou pathogène) mais aussi du sol ou des matières fécales (BACON *et al.*, 2000). Ainsi, *Escherichia coli* O157 H7 présente sur le cuir des animaux peut contaminer les carcasses de bœuf (MCEVOY *et al.*, 2003).

Le cuir présente environ 10^3 germes /cm², les plus fortes contaminations du cuir sont observées au niveau de la zone de couchage « ventre » probablement parce que le sol est la

principale source de contamination des cuirs (CARTIER, 1994 cité par CARTIER, 2004). L'étude de BRICHTA-HARHAY et al. (2008) a montré qu'il y avait une corrélation entre la prévalence de *Salmonella sp* et d'*E. coli* O₁₅₇ H₇ sur les cuirs des bovins présentés à l'abattage et sur les carcasses habillées, un examen plus approfondi des données a établi qu'il y avait une contamination croisée entre les carcasses d'animaux entrant dans la ligne de traitement avec des niveaux d'agents pathogènes énumérable sur leur cuirs et les carcasses d'animaux où aucun agent pathogène n'a été détecté sur leur cuir. Les prévalences élevées des ces agents pathogènes sur le cuir trouvées dans cette études qui était de 89,6% pour salmonella et de 46,9% pour *E. coli* O₁₅₇ H₇ sont probablement dues aux conditions de transport et de stabulation.

Les germes présents sur la peau peuvent contaminer la surface des carcasses par contact direct entre le cuir et la carcasse (retournement du cuir au moment de l'habillage) ou de façon indirecte c'est à dire par le transfert des mains des travailleurs, des vêtements, des outils ou des équipements d'usine, qui ont eu des contact précédents avec la cuir (BELL,1997).

L'état de propreté des animaux à l'abattoir reste un axe majeur d'amélioration et de prévention de la contamination des carcasses (ROBERTS, 1980 cité par SHERIDAN, 1998). En reconnaissance des problèmes liés à la présentation d'animaux avec des cuirs sales à l'abattoir, les autorités réglementaires dans un certain nombre de pays ont instaurées des règlements conçus pour empêcher l'abattage du bétail excessivement sale. Des Règlements spéciaux pour les cuirs ont été mis en place en Finlande depuis 1982. Le Programme d'amélioration de la salubrité des viandes australiennes restreint l'abattage des bovins excessivement sales et sensibilise les producteurs sur l'importance de la propreté du bétail par son programme sur le bétail propre «CATTLECARE». Au Royaume-Uni, le Service d'hygiène des viandes a une politique de rejet des bovins excessivement sale, en Irlande le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation a mis en place des règlements autorisant les vétérinaires inspecteurs à rejeter les animaux de l'abattage après l'examen ante mortem ou d'exiger l'abattage dans des conditions particulières. Ces conditions particulières comprennent : une vitesse de ligne réduite, un espace accru entre les animaux et l'augmentation d'hygiène en poste de travail (MCEVOY et al., 2000).

Enfin, en matière de décontamination des animaux vivants, l'épilation du bétail a été tentée dans le passé, SCHNELL et al. (1995) cité par HUFFMAN (2002) ; SOFOS et SMITH,

(1998) ont étudié les effets de la décontamination chimique sur les carcasses de bœuf, cette décontamination a été effectuée par l'application local «sur le cuir» du sulfure de sodium. Les numérations bactériennes n'ont pas été affectés par ce processus, bien que l'aspect visuel de la viande a été amélioré par la suite, avec moins poils sur la carcasse (LORETZ et *al.*, 2011) . Les données du **tableau 04** montrent que ces approches n'ont pas eu de succès dans la réduction de la contamination superficielle des carcasses de bœuf. Une autre approche a été testé ; le douchage des animaux à l'abattoir , ceci a fait l'objet de quelques travaux, il présente plusieurs avantages sur le plan hygiénique en réduisant la contamination de la chaîne d'abattage (VANDENBERGHE et CHEVILLON, 2001), cependant cette méthode a des inconvénients du fait de l'augmentation du stress qui conduit à un défaut de maturation des viandes, rendant son application difficile dans les conditions commerciales (CARTIER,2004).

D'autres études se sont intéressées à une nouvelle méthode de traitement du cuir de bovin, cette technique consiste à l'application sur le cuir d'une résine alimentaire diluée dans de l'éthanol, l'effet de cette méthode a été évalué en comparant la quantité de bactéries récupérées sur le cuir avant et après application de la résine. Les résultats obtenus ont montré une diminution de 6 log₁₀ en flore totale et de 3 log₁₀ en *E. coli*. Globalement les résultats de cette nouvelle approche pour réduire la transmission des bactéries des cuirs de bovins vers la viande sont prometteurs, il reste toutefois à confirmer ces résultats directement sur les carcasses (VIGIE VIANDE, 2010).

Tableau 04 : Effet de l'épilation chimique du cuir de bœuf sur la moyenne des dénombrements bactériens des carcasses (SCHNELL et *al.*, 1995 cité par SHERIDAN, 1998).

Traitement	Bovins (log ₁₀ UFC/cm ²)		
	Flore aérobie totale	coliformes	<i>E. coli</i>
Epilés	4,00 _a	1,96 _a	1,14 _a
Témoins	4,14 _a	1,64 _b	1,21 _b

Les moyennes dans la même colonne avec la même lettre ne sont pas significatives (p <0,05)

II .1.2.La flore du tube digestif

La flore intestinale est représentée essentiellement par les *Salmonelles*, *Listeria monocytogenes*, certaines souches d'*E. coli* pathogènes (CARTIER, 2004). Un certain nombre de facteurs influence la qualité et la quantité de l'excrétion fécale (le transport des animaux, le mélange d'animaux, l'attente en stabulation, les combats et les chevauchements...). L'animal se met à excréter abondamment les germes pathogènes lorsqu'il en est porteur (SIONNEAU, 1993). Afin de minimiser le transfert des entérobactéries pathogènes à d'autres phases de traitement de la chaîne alimentaire, il est nécessaire de comprendre l'épidémiologie des agents pathogènes au niveau des exploitations et à leur arrivée dans les abattoirs (MCEVOY et al., 2003). Plusieurs auteurs cités par NORRUNG et BUNCIC (2008) revendiquent que certains types de régimes alimentaires peuvent influencer sur l'apparition et/ou les niveaux d'excrétion des pathogènes par les animaux, cependant la pertinence de ces études est toujours incertaine, Par exemple, le débat de longue durée sur le fait que l'excrétion d'*E. coli* O157 soit plus élevée avec un régime à base de grain ou de foin des bovins à l'engraissement n'est toujours pas résolu. Le stress chez les animaux d'élevage peut perturber l'équilibre de la microflore intestinale et affaiblir les défenses immunitaires, ainsi la gestion du stress est un aspect pertinent de contrôle des pathogènes entériques. SOFOS et al. (1999) ont rapporté une incidence plus élevée de *Salmonella sp* dans les fèces d'animaux âgés (vaches, bœuf) que dans les matières fécales des animaux jeunes (veaux, génisses), ces animaux ont été prélevés dans différents abattoirs au Etats-Unis. Dans l'environnement d'abattage des agents pathogènes peuvent survivre pendant des périodes prolongées sur différents substrats : matières fécales, sol, bâtiments, de ce fait, l'application des bonnes pratiques d'hygiène, y compris un nettoyage et une désinfection efficace, reste un outil indispensable dans le contrôle des pathogènes (HUTCHISON et al., 2000 cité par NORRUNG et BUNCIC, 2008).

Le transport à l'abattoir et la stabulation des animaux augmentent l'apparition et/ou les niveaux de porteurs sains de pathogènes, lorsqu'ils sont présentés à l'abattage (LAVAL et al., 1997 cité par CARTIER, 2004). Les animaux porteurs asymptomatiques peuvent être composés de: (a) animaux initialement infectés à la ferme et qui sont excréteurs fécaux de pathogènes. (b) ceux qui sont devenus au cours de la phase de transport et de stabulation des excréteurs fécaux ceci est dû à la réactivation d'une infection latente; (c) excréteurs nouvellement infectés; et (d) ceux dont le cuir a subi une contamination croisée soit des excréteurs fécaux ou des non excréteurs. Les principaux facteurs contribuant à l'augmentation des agents pathogènes chez les animaux pendant le transport et la stabulation à l'abattoir

comprennent : le mélange d'animaux de différentes origines, le stress, la durée de la phase de transport et de stabulation, la saleté des véhicules de transport et des enclos de stabulation (NORRUNG et BUNCIC, 2008). WARRINER et *al.* (2002) ont montré qu'il existait une contamination croisée des carcasses de porc à l'abattoir dans toutes les étapes de transformation des carcasses, cette contamination avait tendance à diminuer le long du processus d'abattage.

Les germes du contenu digestif peuvent contaminer la surface des carcasses de façon indirecte « fèces souillant les cuirs » ou directe « fèces aux marges de l'anus ou perforation d'un réservoir digestif lors d'une mauvaise éviscération » (VALLONTTON, 2004).

II .1.3.La flore des voies respiratoires et des mamelles

Les poumons sont normalement dépourvus de germes, les germes des voies respiratoires « Pasteurelles » concernent essentiellement le rhino-pharynx.

La mamelle est normalement stérile, sauf dans le cas de mammites « *Staphylocoques, streptocoques, entérobactéries* », des écoulements de lait contaminé par pression ou incision de la mamelle peuvent augmenter la charge bactérienne de la peau au moment de l'ablation de la mamelle (VALLONTTON, 2004).

II.2.Matériel et locaux

II.2.1.Locaux : conception des locaux :

Un abattoir est une usine alimentaire et les éléments fondamentaux d'hygiène alimentaire s'y appliquent. L'étude de PRENDERGAST et *al.* (2004) sur deux abattoirs de bœufs irlandais (abattoir A et B) a montré que dans l'abattoir A avec un système de rail en ligne linéaire, une réduction progressive de l'étendue de la contamination aéroportée a été obtenue, avec des dénombrements de la flore aérobie mésophile totale et des entérobactéries plus faibles en « zones propres » qu'en « zones sales ». Contrairement à l'abattoir B conçu en deux étages où les niveaux de contamination aéroportée ont été similaires dans le poste de la saignée et dans la zone du lavage des carcasses.

Les risques de contamination doivent être minimisés et cela dès la conception des bâtiments, des installations et de l'équipement. Le concept de « zones propres » et de « zones

sales » doit être respecté, l'objectif est de les séparer le mieux possible. Un système de rails linéaires avec des moyens efficaces pour séparer les zones sales et propres comme un mur entre le plancher et le plafond, serait efficace dans la réduction de la contamination des carcasses. Cependant il existera toujours une zone « mixte » où la viande comestible est exposée en présence de composants sales (tube digestif, cuir, fèces...) ce risque de contamination peut être réduit grâce à de bonnes pratiques d'hygiène (CODEX ALIMENTARIUS, 2005 ; CONSEIL FEDERALE SUISSE, 2005).

Un abattoir doit avoir 3 zones : une aire de stabulation, une aire de saignée et une aire d'habillage.

II.2.1.1. Aire de stabulation

La stabulation assure le logement provisoire des animaux avant abattage, sa conception devrait prendre en compte les exigences suivantes : le bien-être des animaux, le maintien de la propreté et l'isolement des animaux malades ou suspects. Le bien-être des animaux dans la stabulation a des conséquences importantes sur l'hygiène des carcasses, car les animaux stressés abritent d'avantage de bactéries y compris les bactéries pathogènes (HATHAWAY, 2006). Une séparation physique doit exister entre les locaux de stabulation et les zones de l'abattoir (FAO/OMS, 2004).

II.2.1.2. Aire de saignée

La zone de saignée devrait avoir une zone de drainage réservée à la collecte du sang, les sols devraient être maintenus aussi propres que possible, un sol ou des murs fissurés sont des refuges de microorganisme difficilement nettoyable (FAO/OMS, 2004).

II.2.1.3. Aire d'habillage

C'est dans cette zone que se pratique la dépouille, l'éviscération et les phases finales de préparation des carcasses bovines et ovines. Après le dépeçage, les carcasses sont mises à nu, il faut donc éviter la contamination venant de l'extérieur et minimiser autant que possible la contamination croisée, au cours de ces phases de traitement (CODEX ALIMENTARIUS, 2005). L'abattoir doit disposer d'un local spécifique pour la vidange et le nettoyage des estomacs et intestins (AFSCA, 2008).

Selon le Codex Alimentarius (2005), les éléments clés dans la conception de cette zone sont les suivants :

- Les murs et les surfaces doivent être lisses et imperméables pour faciliter le nettoyage.
- Les sols doivent avoir une pente suffisante permettant un drainage permanent.
- La disposition des lignes d'abattage doit éviter la contamination croisée : les itinéraires des carcasses habillées ne doivent pas entrer en contact avec les produits sales (peau, sous-produits non comestibles).
- Les angles entre les murs et le sol devraient être arrondis.
- Les structures et l'équipement qui entrent directement en contact avec la viande doivent être faciles à nettoyer.

L'enlèvement du cuir constitue l'opération la plus complexe de la chaîne d'abattage mais durant toutes les étapes les opérateurs doivent maintenir une bonne qualité microbiologique des carcasses. L'éviscération est une étape très délicate, le tube digestif est susceptible de contenir des germes pathogènes pour l'homme, son contenu ne doit pas venir en contact des masses musculaires, pour cela il faut éviter de percer les panses et les boyaux lors de leur enlèvement (CARTIER, 2007).

La ligature du tube digestif en ses deux extrémités « rectum, œsophage », l'ensachage du rectum dans un sac plastique permet de diminuer la contamination des carcasses par le contenu des viscères (CERTIVIANDE, 2004 ; SHERIDAN *et al.*, 1997).

A l'abattoir plusieurs mesures préventives peuvent être appliquées afin d'éviter la contamination par des agents pathogènes tels que *Escherichia coli* O₁₅₇ H₇ comme : la technicité du personnel, bonnes conditions de travail, nettoyage et désinfection du matériel et la formation du personnel (BRUGERE, 2009).

II.2.2. Le matériel

Le matériel qui rassemble les machines, les outils et les supports de travail pouvant rentrer en contact avec les carcasses représente une source potentielle de contamination. Les couteaux peuvent contaminer les carcasses à la saignée, à la dépouille et lors d'éviscération, les scies, les crochets, les fusils, peuvent servir de vecteurs de germes et être responsable d'apport secondaire de bactéries (MOCHO, 2005). Une structure poreuse des matières utilisées et un mauvais entretien augmentent le risque de foyer de microorganismes. GILL et

al. (1998) ont mis en évidence les contaminations consécutives à la présence de résidus dans les mécanismes de scies et cela malgré un lavage et une désinfection à l'aide d'ammoniums quaternaires

Les équipements utilisés lors des opérations d'abattage et d'habillage des carcasses tel que les couteaux ,scies, devraient être nettoyés et désinfectés par immersion dans de l'eau chaude, pendant et entre les phases de travail (MCEVOY et *al.*,2000).

II .3.Milieu

II .3.1.Air

L'air a longtemps été reconnu comme une source de contamination bactérienne dans les usines agroalimentaires y compris les établissements d'abattage. L'air a un rôle important en tant que véhicule pour la transmission d'agents pathogènes dans l'environnement de production et de transformation de la viande (PRENDERGAST et *al.*, 2004) Les micro-organismes existent dans l'air de l'abattoir sous différentes formes : (WORFEL et *al.*, 1996 cité par PRENDERGAST et *al.*, 2004)

- Sous formes « de passagers » sur des particules solides de poussières, de la peau, des cheveux et des vêtements, suspendues dans l'air de l'abattoir lors des activités d'abattage et d'habillage des carcasses qui nécessitent une grande force physique.
- Dans des « gouttelettes » formées par l'aérosolisation lors de la pulvérisation d'eau, éclaboussures lors de l'abattage et les procédés de nettoyage.
- Sous forme « d'organismes uniques ou de petites colonies » restant en suspension après la dissipation ou l'évaporation des particules solides ou des gouttelettes.

L'air pollué (germes, poussières...) peut servir de vecteur et permettre le dépôt de souillures et de germes sur les carcasses. L'étude de RAHKIO et KORKEALA (1997) cité par VALLONTTON (2004) a montré qu'il existait une corrélation importante entre le niveau de contamination de l'air par les bactéries et la contamination superficielle des carcasses. D'autres études ont essayées de reproduire ce lien sans beaucoup de succès, ces travaux ont

conclut que l'utilisation de méthodes actuellement disponibles pour déterminer la relation entre la contamination aérienne et la contamination des carcasses doit être reconsidérée (PRENDERGAST et *al.*, 2004). Contrairement à STEIN et MCEVOY (2002) où les données indiquaient que l'augmentation du temps d'exposition de 5 à 10-15 minutes n'a eu aucun effet sur les niveaux de contamination des morceaux de viandes, SIRAMI (1989), a mis en évidence une relation entre la contamination superficielle des carcasses, son temps de présence dans le hall d'abattage et la contamination de l'air.

La flore microbienne de l'air se compose de deux types de microorganismes : une microflore prépondérante composée surtout de champignons microscopiques, de moisissures, et de quelques bactéries saprophytes. Les spores de moisissures à paroi sèche « xérospores » sont facilement dissociables et légères, elles peuvent être en suspension dans l'air et se disperser aisément par les courants d'air comme : *Penicillium*, *Cladosporium* (HEINEMANN, 1994).

L'arrachage du cuir induit une remise en suspension des particules et des bactéries dans l'environnement et favorise ainsi leur dépôt sur les masses musculaires dénudées (CARTIER, 2007). Pour limiter la diffusion des germes, il faut lutter contre les courants d'air tout en assurant une ventilation suffisante ; l'air prélevé à l'extérieur doit être filtré pour éviter l'apport extérieur de poussières et de germes, ce flux d'air doit être dirigé des secteurs les plus propres (pesée) vers les secteurs les plus sales (éviscération, habillage) (PRENDERGAST et *al.*, 2004).

L'humidité relative minimale qui permet le développement de certaines moisissures « xérophile » est de 65-70% (*Aspergillus*), la seule façon d'éviter le développement de contaminants fongiques est donc de bien maintenir une hygrométrie faible de l'environnement (ROQUEBERT, 1997).

II .3.2.Eau

L'eau utilisée en cours d'abattage et pour le nettoyage des locaux et du matériel doit-être potable, celle-ci doit-être régulièrement analysée. La qualité microbiologique de l'eau a un effet direct sur le nombre de germes portés par la carcasse (SIONNEAU ,1993).L'eau utilisée dans l'abattoir peut être un vecteur de contamination important, CARLIER et *al.*

(1985) cité par MOCHO (2005) expliquent que la concentration en *Pseudomonas* peut passer de $2 \log_{10}/\text{ml}$ avant le stockage en citerne à $6 \log_{10}/\text{ml}$ au moment de l'utilisation.

Un système de traitement de l'eau doit être prévu soit par des procédés physiques (irradiation, microfiltration) soit par des procédés chimiques (produits chlorés) (SIONNEAU, 1993).

II .3.3.Nuisibles

Les insectes et les rongeurs par les germes qu'ils hébergent sont des sources de contamination à la fois primaires et secondaires (AFSCA, 2008), les mouches sont porteuses d'agents pathogènes « *Staphylocoques*, Entérobactéries, *Clostridium perfringens* », les rongeurs sont porteurs de *Salmonelles*. L'absence de plan de lutte contre les insectes et les rongeurs est préjudiciable à la maîtrise de la qualité sanitaire de l'environnement (SIONNEAU, 1993).

Une procédure de lutte contre les animaux nuisibles doit être mise en œuvre aussi l'efficacité de plan de lutte doit être régulièrement contrôlée (AFSCA ,2008).

II .4.Méthodes

Une méthode de travail mal réfléchi peut augmenter le risque de contamination. Le croisement des carcasses dépouillées et non dépouillées, des cadences de chaîne trop élevées, des charges de travail importantes sont des facteurs qui vont à l'encontre des mesures d'hygiène adoptées (SIONNEAU, 1993). Selon ROBERTS (1980) cité par SHERIDAN (1998) la vitesse de la ligne peut avoir de graves conséquences en relation avec la contamination des carcasses. Plus la ligne est rapide plus elle fonctionne à une grande vitesse et les possibilités pour que les erreurs soient commises augmentent et par conséquent la contamination peut se produire. BELL (1997) a étudié les effets de l'habillage des carcasses sur la contamination superficielle à des vitesses de lignes différentes (très lente 160 têtes/jour et très rapide 800 tête/jour). Les données obtenues de cette étude suggèrent que la moyenne de la flore totale aérobie augmentait avec la vitesse de la ligne d'abattage.

Des techniques de travail prédéfinies permettent de limiter les risques de contamination (CERTIVIANDE, 2004) :

- La spécialisation des mains et des outils « une main affectée au maniement du cuir, l'autre à la manipulation de la carcasse »
- Jeu de deux couteaux, un pour les opérations sales et un pour les propres.
- Lavage des mains et des couteaux avant la mise en œuvre d'une opération propre .
- Respect de la marche en avant : les opérateurs ne doivent pas se déplacer d'un secteur sale vers un secteur propre.
- Nettoyage et la désinfection des salles de travail, l'utilisation d'un désinfectant est obligatoirement suivie d'un rinçage à l'eau potable.

II .5.Main d'œuvre

Le personnel peut être porteur intestinal, cutané ou bucco-pharyngé de germes pathogènes exemple : contamination par *Staphylococcus aureus* lors de sécrétion nasale ou de lésion cutanée suppurée, portage de *Streptococcus pyogenes* et de Pneumocoques au niveau de la gorge, porteurs sains de salmonelles. Le tube digestif humain héberge 10^{14} bactéries essentiellement dans le côlon (LEYRAL et VIERLING, 1997). Plusieurs travaux cités par DICKSON et ANDERSON (1992) ont rapportés que le personnel d'abattoir peut être une source de contamination, *Escherichia coli* et *Salmonella sp* ont été isolées des mains des travailleurs même après un lavage minutieux des mains.

La main d'œuvre est le maillon majeur et le plus fragile de la maîtrise de l'hygiène, en effet, le personnel est la source de contamination la plus incontournable puisque c'est lui qui réalise le contrôle des matières premières, qui s'occupe du nettoyage et de la désinfection des locaux, du matériel et qui respecte les consignes de travail. Un plan de formation du personnel inexistant ou insuffisant, non approprié, inadapté aux réalités du terrain (installations d'hygiène non disponibles), ne prévoyant pas des séances de recyclage, ne peut donner au personnel les possibilités d'agir correctement. L'information et la sensibilisation de toutes les catégories du personnel est nécessaire à l'amélioration de la qualité microbiologique des carcasses (SIONNEAU, 1993). Pour éviter les éventuelles contaminations par les opérateurs, il faudra que ceux-ci soient qualifiés, formés, sensibilisés et impliqués dans le respect de l'hygiène, des dépistages des porteurs sains devront être effectués (VALLONTTON, 2004).

III .METHODES DE PRELEVEMENT DES BACTERIES EN SURFACE DES CARCASSES

Les principales méthodes de prélèvement pour le contrôle microbiologique des carcasses de bovin sont : méthodes destructives, méthodes non destructives, méthodes par contact et la bioluminescence : ATP métrie.

III .1.Méthodes destructives ou technique par excision

III .1.1.Méthode de l'emporte pièce

Consiste à prélever à l'aide d'une pince emporte-pièce stérile un échantillon de tissu superficiel sur la carcasse (VIMONT, 2007). Les disques de peau ou de tissu (2mm d'épaisseur) sont ensuite découpés à l'aide d'un scalpel et de pinces stériles (ISO 17604, 2003).

III .1.2.Méthode de l'excision à l'aide d'un gabarit

Le gabarit stérile est placé sur les carcasses, des échantillons d'environ 2mm d'épaisseur sont découpés en utilisant des scalpels et des pinces stériles (ISO 17604, 2003).

III .2.Méthodes non destructives

Consiste à frotter un écouvillon (éponge, un tampon de gaz, chiffonnette, écouvillon stérile en coton hydrophile) sur une surface délimitée de la carcasse (ISO 17604, 2003).

III .3.Méthode par contact

Des boites de gélose contenant différents milieux selon le contrôle bactériologique souhaité sont appliquées à la limite de l'écrasement sur une zone de la carcasse (VIMONT, 2007).

III .4.Bioluminescence : ATP métrie

La bioluminescence est le phénomène par lequel une molécule excitée par absorption d'énergie, revient à son état fondamental en restituant cette énergie sous forme d'émission lumineuse. Quand l'énergie absorbée est issue d'une réaction biochimique on parle de bioluminescence (GRANT, 1983).

L'ATP métrie est une technique de dosage instantanée de l'ATP (Adénosine Triphosphate), molécule de stockage d'énergie présente dans les organismes vivants. La technique basée sur le principe de bioluminescence est une réaction enzymatique traduisant une quantité d'ATP en quantité de lumière (MINVIELLE et RUGRAFF, 1999).

Le dénombrement de la microflore superficielle des carcasses par ATP métrie est une méthode nouvelle et rapide. Elle permet de connaître directement une concentration bactérienne à partir d'une quantité d'URL (unité relative de lumière) et cela après avoir établi une courbe étalon. Cependant, pour les prélèvements effectués sur les carcasses, des variations existent en fonction du lieu d'écouvillonnage (prélèvements contenant des érythrocytes, des amas cellulaires....) (GRANT, 1983), ceci peut fausser les résultats puisque l'ATP métrie mesure l'ATP des microorganismes et d'autres matériels biologiques, en effet, cette méthode ne serait pas spécifique aux bactéries (JAY et *al.*, 2005).

III .5.Avantages et limites des principales méthodes de prélèvement

III .5.1.Méthode destructive ou technique par excision

L'atout majeur de l'excision est incontestablement son taux de récupération de bactéries qui est supérieur à celui des autres méthodes et permet même la récupération des bactéries fortement liées à la surface des carcasses (VIMONT, 2007), ceci se traduit par des dénombrements plus élevés que dans la méthode non destructive, une meilleure répétabilité et reproductibilité des résultats (GILL et JONES ,2000).

Cette méthode prend également beaucoup de temps et requiert une certaine habileté, ce qui la rend moins adéquate pour les tests de routine. Paradoxalement, le prélèvement d'un tissu excisé abîme quelque peu la carcasse qui perd donc de sa valeur commerciale, de ce fait, la surface échantillonnée ne peut être que faible (20 à 25 C cm²) (DORSA et *al.*, 1996), ce qui conduit d'une part dans le cas de dénombrement bactérien à des inexactitudes importantes

lorsque la contamination totale est faible et/ou répartie de façon hétérogène ou d'autre part, dans le cas de la recherche de pathogènes, l'absence de détection du pathogène cible lorsque sa présence sur la carcasse est irrégulière (GILL et JONES ,2000).

III .5.2.Méthode non destructive ou technique par écouvillonnage

La méthode non destructive présente quelques avantages intéressants comme l'absence de « détérioration » des carcasses suite aux prélèvements, la simplicité et la praticité de l'échantillonnage (PEARCE et BOLTON,2005) et surtout la possibilité d'échantillonner une surface importante, ce point est intéressant dans la recherche de bactéries pathogènes ne figurant qu'en faibles nombres réparties de façon non homogène sur la carcasse (tel que *E. coli* O157 H7, *Salmonella sp*) (VIMONT, 2007)(voir **Tableau 05**).

L'inconvénient de cette technique est que seulement une fraction de bactéries présente à la surface de la carcasse est récupérée. Ceci se traduit par des dénombrements plus faibles et plus variables, car seules les bactéries adhérant le moins bien à la surface sont récupérées (CAPITA et al, 2004). Les résultats obtenus avec ces méthodes sont souvent peu reproductibles et peu répétables étant donné la variabilité liée à l'opérateur (différence de pression exercée, temps d'application pour réaliser le prélèvement) et au matériel utilisé. Cependant, BYRNE et al. (2005) ont conclut que lorsque des facteurs comme les différences de pression liées à l'opérateur, les espèces animales, les matériaux d'écouvillonnage, les sites d'échantillonnages, sont maîtrisés il n'y avait pas de différences significatives entre l'excision et l'écouvillonnage.

Différentes études se sont penchées sur les performances des méthodes non destructives nous citeront l'étude de CAPITA et al. (2005) qui montre que seulement 50% de cellules bactériennes sont récupérées avec la technique d'écouvillonnage humide/sec, GILL et JONES (2000) dans une étude sur les carcasses de bovins et de porcs ont utilisé quatre méthodes : l'excision, le frottis à l'aide de gaze, d'une éponge et à l'aide de ouate (écouvillonnage humide et sec), l'analyse statistiques des résultats a montré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre le nombre de bactéries récupérées par excision par l'éponge ou par gaze. Les dénombrements de bactéries obtenues avec l'ouate se sont dans certains cas avérés être plus faibles que ceux obtenus avec les trois autres méthodes, et dans les autres cas, ils étaient tout au plus comparables aux nombres les plus faibles obtenus avec les trois autres méthodes. La différence entre le log₁₀ moyen pour l'ouate et les log₁₀ moyens pour les autres

méthodes ne dépassait généralement pas 0,5. Cette importante variabilité est liée à de nombreux facteurs comme : l'état de la carcasse « réfrigération » ; WARE et *al.* (1999) ont montrés une grande variabilité entre le nombre de bactéries récupérées avant et après réfrigération, en effet il n'y avait pas de différences significatives dans les dénombrements bactériens avec la technique d'excision et d'écouvillonnage une demi heure après prélèvement tandis que 24h après (carcasses réfrigérées) le niveau de récupération avec la méthode non destructive était nettement plus bas que celui obtenu avec la méthode destructive. L'espèce bactérienne, le niveau de contamination et le type de matériel utilisé pour réaliser le prélèvement contribuent aussi. Les matières les plus abrasives favorisent la récupération des bactéries, en effet, certaines études comme celle de GILL et JONES (2000) ; DORSA et *al.* (1996) s'accordent sur le fait que l'efficacité de l'excision est proche de celle de la méthode d'écouvillonnage avec des matières abrasives.

GILL et JONES (2000) ont montré que le nombre d'échantillons positifs en coliformes et *E. coli* augmente lorsque la taille de la surface échantillonnée s'accroît (10 à 1000 cm²), en effet, pour les bactéries pathogènes en faible nombre et réparties de manière non homogène sur la surface de la carcasse (*E. coli* O157 H7 et les autres STEC), l'accroissement de la surface échantillonnée permet un meilleur recouvrement.

III .5.3.Méthode par contact

Les méthodes de prélèvement par contact présentent quelques avantages comme la simplicité et la praticité au niveau du prélèvement et de son analyse au laboratoire, elles permettent aussi de préserver l'intégrité de la carcasse en évitant toute détérioration liée à l'échantillonnage. Ces méthodes ont un taux de récupération de bactéries souvent faible et deviennent inappropriées lorsque la surface prélevée n'est pas plane (surface rugueuse). La surface échantillonnée reste faible ce qui induit à des inexactitudes dans les niveaux du dénombrement obtenu ou à l'absence de détection de bactéries cibles (VIMONT, 2007).

Tableau 05 : Avantages et limites des trois méthodes de prélèvement les plus utilisés (CAPITA et *al.*, 2004).

Méthode	Avantages	Limites
Destructive : excision	<ul style="list-style-type: none"> - Exactitude des résultats - Faible variabilité des résultats - Récupération de la quasi-totalité des bactéries (même celles fortement liée à la surface de la carcasse) 	<ul style="list-style-type: none"> - Détérioration de la carcasse - Faible surface échantillonnée
Non destructive : (chiffonnage)	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune détérioration de la carcasse - Surface échantillonnée importante - Praticité élevée - Appropriée pour la recherche de bactérie(s) répartie(s) de façon non homogène sur la carcasse 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible reproductibilité et répétabilité des résultats - Taux de récupération faible
Par contact	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune détérioration de la carcasse - Praticité élevée (au niveau du prélèvement et de l'analyse au laboratoire) 	<ul style="list-style-type: none"> - Taux de récupération faible - Surface plane uniquement - Faible surface échantillonnée

IV .MAITRISE DE LA CONTAMINATION BACTERIENNE PAR UNE APPROCHE PREVENTIVE

IV .1.Guide de bonnes pratiques d'hygiène

De nos jours dans les établissements producteurs de viande, la qualité des produits constitue une des clés de la réussite. L'hygiène est donc un facteur prioritaire, il constitue une préoccupation permanente pour les entreprises agroalimentaires.

Les guides de bonnes pratiques d'hygiène décrivent le processus de fabrication d'une denrée et proposent des mesures permettant de garantir l'hygiène et la salubrité des aliments, concernant l'abattage ils proposent des mesures d'hygiène non spécifiques à un danger mais diminuant le risque général de la contamination. Nous citons qu'ils mentionnent l'hygiène et le suivi médical du personnel, les modalités du nettoyage et de la désinfection, la séparation des secteurs propres et des secteurs souillés et le plan de lutte contre les nuisibles (JAY *et al.*, 2005). Les bonnes pratiques d'hygiène dans les abattoirs doivent porter une attention particulière pour les étapes de dépouillement et d'éviscération de la carcasse ainsi les contaminations entre la carcasse, la peau et le contenu intestinal doivent être prévenues (ligature de l'œsophage et du rectum avant éviscération) (VIMONT, 2007).

Les guides de bonnes pratiques d'hygiène sont établis pour aider les professionnels dans le cadre de leur démarche qualité, il s'agit d'un outil d'aide aux professionnels pour répondre aux attentes de la réglementation (CPRCM, 1999), ces guides s'appuient sur l'identification des causes de contamination dans les abattoirs à partir de la méthode classiquement utilisée en hygiène alimentaire, la méthode des 5 M (Matériel, Méthodes, Main d'œuvre, Milieu, Matière) (ECOCERT,2010). Les bonnes pratiques d'hygiène sont des pré-requis indispensables pour la mise en place de méthode HACCP (JAY *et al.*, 2005).

IV.2.Méthode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points)

L'utilisation de la méthode HACCP (analyse des dangers points critiques pour leur maîtrise) dans les abattoirs de l'Union Européenne a été rendue obligatoire le 8 juin 2001 par la décision 2001/471/CE (JO/CE, 2001).

La mise en place de la méthode HACCP en abattoir devrait permettre d'assurer la maîtrise des dangers pouvant apparaître à tous les niveaux de la chaîne d'abattage. Cette

méthode s'appuie sur sept principes définis par le *Codex Alimentarius* (NOTERMANS et al., 1995) (Voir annexe 1).

Chaque plan HACCP est hautement spécifique de l'atelier dans lequel il est réalisé, il sera donc différent d'un abattoir à un autre (JAY et al., 2000), en effet, il n'existe pas de plan HACCP « prêt à l'emploi » et toute étude doit prendre en considération les contraintes spécifiques de l'atelier de production dans lequel elle est réalisée (taille et organisation des locaux, nombre d'opérateurs, espèces animales traitées.....) (MERLE, 2005). Seules les étapes qui causent une contamination importante des carcasses des animaux de boucherie peuvent être communes pour différents établissements d'abattage à savoir « le dépouillement et l'éviscération » (NORRUNG et BUNCIC, 2008) (voir **Tableau 07**).

La mise en œuvre du HACCP dans un abattoir en respectant ces sept principes se décompose en douze étapes successives groupables en quatre phases (JAY et al., 2000 ; MERLE, 2005) (**Tableau 06**).

Les CCP ou points de maîtrise essentiels sont des étapes indispensables à contrôler pour assurer la sécurité du produit fini. On détermine pour ces étapes des limites critiques, séparant l'acceptable de l'inacceptable et des actions correctives (MERLE, 2005).

En abattoir le bon déroulement de la production repose sur un travail humain qualifié et constant, et non du réglage correct des machines comme dans d'autres types de production. La surveillance par l'opérateur de son propre travail est la base de la démarche et, par conséquent, la sensibilisation à l'importance de leur rôle aux règles d'hygiène est fondamentale (MERLE, 2005).

Tableau 06: les 12 étapes de la mise en œuvre de l'HACCP (MERLE, 2005).

<p>Première phase : description des paramètres de la production</p>	1. Construire une équipe HACCP
	2. Décrire le produit
	3. Identifier l'utilisation attendue
	4. Construire un diagramme de fabrication
	5. Vérifier sur place le diagramme de fabrication
<p>Deuxième phase : analyse des dangers et identification des points critiques</p>	6. Lister tous les dangers potentiels -Effectuer une analyse des risques et des causes -Déterminer les mesures préventives
	7. Déterminer les CCP (Critical Control Point)
<p>Troisième phase : surveillance des points critiques et actions correctives</p>	8. Etablir les limites critiques pour chaque CCP
	9. Etablir un système de surveillance pour chaque CCP
	10. Etablir des actions correctives pour les déviations qui peuvent survenir
<p>Quatrième phase : vérification du système HACCP</p>	11. Etablir des procédures de vérification
	12. Etablir un système d'enregistrement et de documentation

Tableau 07 : Exemples des CCP génériques dans un système HACCP pour les opérations d'abattage des bovins et des ovins (adapté de BUNCIC et AVERY, 2004).

Points de maîtrise essentiels (CCP)	Limites critiques	Surveillance	Actions correctives
Acceptation des animaux	Définition du score de propreté	Visuelle, pour chaque animale	Rejet ; nettoyage
Dépouillement	Pas de contamination visible ; ou Taux de contamination(%) Stérilisation 82°C	Visuelle, pour chaque carcasse Informatisé bouton-poussoir	Parage, recyclage, remplacement des équipements
Eviscération	Même chose que pour le dépouillement	Même chose que pour le dépouillement	Même chose que pour le dépouillement
Ablation de la moelle épinière	Pas de tissu résiduel	Visuelle, pour chaque carcasse	Même chose que pour le dépouillement
Réfrigération	≥ 7°C hygrométrie, vitesse, espacement entre les carcasses	Instrumentale Visuelle	Rejet, recyclage Remplacement des équipements

V.METHODES DE DECONTAMINATION DES CARCASSES BOVINES

Les moyens de maîtrise de la contamination préconisés en Europe sont principalement préventifs, les mesures correctives de « décontamination » se sont développées outre-Atlantique. Les mesures de décontamination des carcasses par différents traitements visent à limiter, inactiver, détruire les bactéries et empêcher leur multiplication (JAY ,2009).

Ces pratiques couramment utilisées en Amérique du nord, alimentent un intense débat entre les consommateurs, les experts scientifiques et les politiques. Au Etats-Unis l'USDA/FSIS autorise également l'utilisation des méthodes de décontamination chimiques (acides acétique, peroxyacides, chlorite de sodium), plusieurs études ont été réalisées dans ce sens (KING et *al.*, 2005 ; PIPEK et *al.* , 2005 ; HAJMEER et *al.* , 2004) L'utilisation de ces méthodes rompt d'une part avec la politique européenne de prévention « de la fourche à la fourchette » et soulève des interrogations quant aux risques que ces procédés vont entraîner (acquisition de résistance chez les bactéries) (AFSSA, 2007). Les différentes méthodes de décontamination sont décrites ci-dessous.

V .1.Douchage à l'eau chaude

On compte sur la force cinétique de l'eau pour décrocher les souillures et germes présents sur les carcasses, cette méthode est très utilisée, elle ne présente que peu de contraintes. L'efficacité du traitement est conditionnée par le temps d'application, la température de l'eau et la pression (SMITH, 1992).

Plusieurs travaux ont porté sur le douchage des carcasses à l'eau chaude (DORSA, 1997 ; SOFOS et SMITH, 1998 ; KOICHEVAR et *al.*, 1997 ; SMITH, 1992 ; GILL et BRYANT,1997), ces travaux s'accordent sur le fait que les effets décontaminants des traitements ne sont réellement significatifs que si la température de l'eau est supérieure à 74°C. Pour des températures moindres, les traitements semblent induire avant tout une redistribution des germes en surface des carcasses, accompagnée ou non d'une diminution des niveaux de contamination.

DORSA (1997) a montré que l'application d'un traitement où la température de l'eau est supérieure à 74°C réduit la contamination de 2 à 3 log sur des carcasses préalablement inoculées.

Cette technologie est utilisée en routine dans certains abattoirs australiens, canadiens et américains. L'impact des traitements sur l'aspect des carcasses « couleur » n'est pas systématiquement évoqué, certains auteurs décrivent un blanchiment superficiel des carcasses bovines dès la fin du douchage, celui-ci est d'autant plus prononcé que la température et le temps de traitement augmentent, toutefois ce blanchiment disparaîtrait après 2 à 4h sauf si les conditions de douchage ont été drastiques (température de l'eau supérieure à 85°C, durée supérieure à 20 secondes). Peu d'éléments permettent de juger de l'impact du traitement sur les performances de conservation des viandes issues de carcasses ainsi traitées (SMITH, 1992).

V .2.Décontamination en cabine par vapeur sous pression (procédé SPS)

Destiné exclusivement au traitement des carcasses bovines (**Figure 02**), un système de décontamination basé sur l'emploi de vapeur sous-pression a été développé en 1995 (SOFOS et SMITH, 1998). En 1995, la FDA autorise l'utilisation de cette méthode sur toute ou sur une partie des carcasses (AYMERICH et *al.*, 2008). Ce procédé largement utilisé en Outre-Atlantique est situé en fin de chaîne d'abattage et est totalement automatisé. Le traitement des carcasses s'effectue en trois temps (PHEBUS et *al.*, 1997 ;) :

- Séchage de la carcasse par l'air pressurisé : l'importance de ce séchage est amplifiée dans les conditions d'abattage pratiquées aux Etats-Unis où les carcasses subissent généralement un douchage.
- Traitement vapeur : consiste à exposer la carcasse à de la vapeur sous pression à 105°C pendant 6 à 8 secondes dans une enceinte hermétique. La température en surface de la carcasse est portée à 91-94°C.
- Choc froid : la température superficielle de la carcasse est abaissée à une température inférieure à 20°C par aspersion d'eau glacée. Le but de ce refroidissement est d'éviter une cuisson superficielle de la viande.

PHEBUS et *al.* (1997) ont testé ce procédé sur des carcasses de bœufs fraîchement abattus, par inoculation de *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O₁₅₇ H₇ et *Salmonella thyphimurium*, ces auteurs ont obtenu des réductions allant de 2,5 à 3,7 log₁₀ UFC/cm² et ont conclu que la pasteurisation à la vapeur des carcasses de bœufs fraîchement abattus était une

méthode efficace pour la réduction de pathogènes. Cette technologie présente l'avantage de fournir un procédé de décontamination capable de traiter toute une carcasse en a temps record (AYMERICH *et al.*,2008).

V.3.Décontamination locale par combinaison « vapeur, eau chaude, aspiration » ou Steam vacuum

Des équipementiers américains ont mis sur le marché dans les années 93 à 95 des appareils portables, destinés à l'élimination des souillures visibles en surface des carcasses (.GILL et BRYANT, 1997). Ces équipements dits « Steam vacuum » (**Photo 01 ; Figure 01**) combinent deux principes à savoir l'aspiration mécanique des souillures et la destruction des microorganismes par un jet d'eau chaude ou de vapeur (CARTIER, 2010).En 1996 la FSIS valide l'utilisation d'un tel matériel en substitution au couteau (SOFOS et SMITH, 1998) .

Le pouvoir de décontamination de ce procédé a été testé sur des carcasses préalablement inoculées et dans les conditions industrielles, DORSA *et al.* (1996) rapportent une diminution de 3 à 4 log₁₀ pour la flore mésophile totale, les coliformes totaux et les *E. coli*. CARTIER *et al* (2010) ont étudié les performances de ce procédé sur 118 carcasses provenant du même abattoir , en fonction de leur état de propreté, de la présence ou non de souillures visibles, de la provenance digestive ou du cuir des souillures, ces carcasses ont été classées en 4 catégories, des prélèvements ont été réalisé en fin de chaine d'abattage avant et après application du Steam vacuum, une réduction d'un peu plus d'un log de la flore mésophile totale a été observée. Concernant les entérobactéries une prévalence de 37% a été observée avant application du traitement, celle-ci chute à 5% après son application, cette réduction est statistiquement significative. Ces essais montrent que ce traitement utilisé en cours d'abattage, permet de réduire la charge bactérienne présente en surface des carcasses bovines (CARTIER *et al* 2010 ; DORSA *et al* 1996 ; SOFOS et SMITH, 1998).

D'autres études citées par HUFFMAN *et al.* (2002) ont testé cette méthode dans un environnement commercial de transformation de bœuf, ces chercheurs ont trouvé d'importantes réductions dans les dénombrements de la flore totale aérobies et d'*E. coli*. D'autres rapports cités par HUFFMAN *et al.* (2002) indiquent que les surfaces des carcasses qui étaient antérieurement exposées à un traitement à la vapeur peuvent être plus sensibles à la fixation des bactéries si elles sont recontaminées. Bien que la pasteurisation à la vapeur représente une technologie efficace permettant de réduire la contamination microbienne et,

par conséquent, d'améliorer la qualité hygiénique des carcasses à l'abattoir, cette technique comporte l'inconvénient de favoriser la croissance de certaines bactéries pathogènes comme *Listeria monocytogenes* (CORANTIN.et *al.*, 2005).

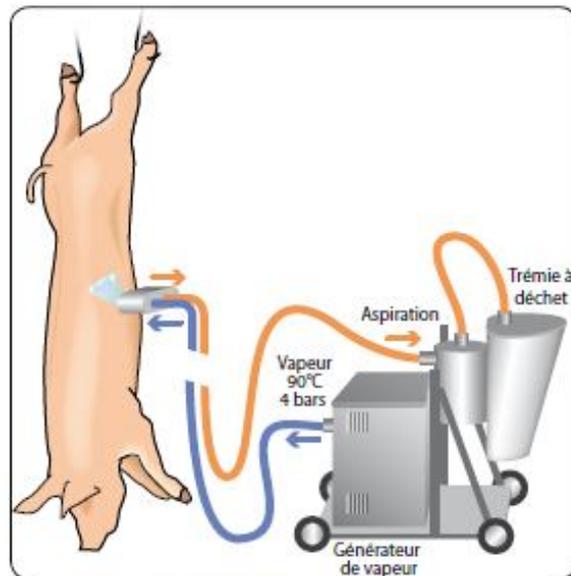
CONCLUSION PARTIELLE :

La contamination de surface des carcasses est inévitable. C'est pourquoi de nombreux procédés de décontamination ont été développés. Certains ont été testés au niveau expérimental et d'autres au niveau de l'abattoir mais rares sont ceux utilisés en routine (émoussage, lavage à l'eau).

En Algérie, seul le lavage à l'eau est utilisable à l'abattoir pour la décontamination des bovins.



Photo 01 :Décontamination des carcasses bovines par Steam vacuum(DANISH MEAT RESEARCH INSTITUTE,2010).



Procédé « Steam vacuum »

Figure 01 : Schématisation de la décontamination des carcasses par Steam vacuum (IFIP INSTITUT DU PORC, 2008).

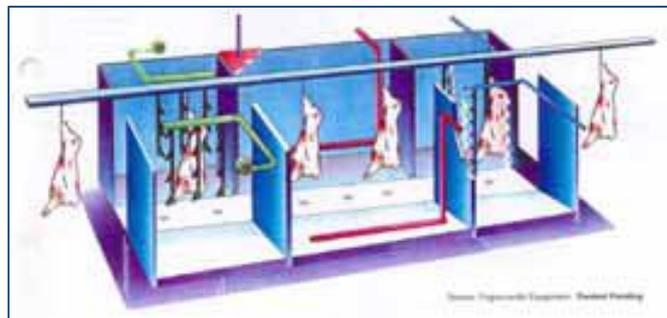


Figure 02 : Système « SPS » de décontamination des carcasses à la vapeur (CARTIER, 2007)

PARTIE EXPERIMENTALE

OBJECTIFS

Notre étude porte sur l'évaluation de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses bovines au niveau de l'abattoir de Rouïba situé dans la wilaya d'Alger.

L'objectif de notre travail est d'évaluer le niveau d'hygiène globale sur une chaîne d'abattage bovin à l'aide d'examen bactériologiques et fongiques de surfaces des carcasses jugées aptes à la consommation humaine par l'inspection vétérinaire, et la comparaison de nos résultats avec ceux obtenus en Algérie et à l'étranger. Nous avons procédé à une évaluation quantitative de flore bactérienne dans le respect des notes de service accompagnant la « **Décision 2001/471/C.E** », et une étude qualitative de la flore d'origine fongique.

Etude bactériologique

Pour effectuer l'analyse bactériologique, 60 échantillons provenant des carcasses bovines estampillées ont été prélevés au hasard. Un échantillon correspond aux écouvillons provenant des 4 zones anatomique d'une même demi carcasse (collier / gros bout de la poitrine « épaupe »/flanc/rumsteck « cuisse »).

Les différentes flores recherchées sont : la flore aérobie mésophile totale, les entérobactéries et les coliformes totaux et fécaux.

- La flore aérobie mésophile totale est considérée comme un indicateur d'hygiène globale des procédés d'abattage (ZWEIFEL, 2005), dénombrés seuls ces germes sont des indicateurs qui donnent peu d'information (GHAFIR, 2008).
- Les entérobactéries sont utilisées comme un indicateur de la contamination fécale des carcasses à l'abattoir (mauvaise éviscération lors de l'abattage d'un animal), elles indiquent la présence éventuelle de bactéries pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires (ZWEIFEL, 2005).
- Les coliformes totaux renseignent sur l'état de fraîcheur de la viande (CARTIER, 1990).
- La présence de coliformes fécaux correspond à un défaut de la technique d'abattage, elle indique la présence d'*E. Coli* potentiellement pathogènes (GHAFIR, 2002).

Notre étude sur la flore bactérienne a été réalisée au niveau du laboratoire d'Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale (HIDAOA) de l'Ecole Nationale

Supérieure Vétérinaire d'Alger (ENSV), sur une durée de 6 mois (du 8 Mars au 26 Mai 2010, et du 22 Septembre au 3 Janvier 2011).

Etude de la flore fongique

Les analyses mycologiques ont pour objectif de déterminer la présence de levures et de moisissures et d'identifier les espèces les plus fréquemment rencontrées sur les carcasses bovines.

70 échantillons provenant de 14 carcasses bovines ont été analysés, les échantillons ont été réalisés à partir de 5 sites anatomiques : encolure, épaule, dos, flanc, cuisse.

Les analyses fongiques ont été effectuées au laboratoire de mycologie et de parasitologie de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger sur une période d'un mois (du 10 Octobre au 27 Octobre 2010, et du 17 janvier au 3 Février 2011).

I. MATERIEL ET METHODES

Présentation de l'abattoir de Rouiba

L'abattoir de Rouiba est un établissement situé au milieu de l'agglomération urbaine. Il est bordé à l'ouest par la société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL), à l'est par une rue le séparant des habitations, au nord par des habitations et au sud par des bâtiments administratifs.

L'abattoir mesure 64 mètres de long sur 54 mètres de large et comprend :

- Deux bureaux : l'un pour l'inspection vétérinaire et l'autre pour le personnel gérant de l'abattoir.
- Une aire de réception des animaux vivants et des étables pour leurs repos.
- Des chambres pour loger une partie du personnel travaillant dans l'abattoir et habitant hors de la wilaya d'Alger.
- Une ancienne habitation utilisée par le service d'hygiène de la ville de Rouiba.
- Un quai pour le débarquement des animaux.
- Des sanitaires
- Deux salles d'abattage : l'une destinée pour l'abattage de l'espèce bovine et l'autre pour l'abattage de l'espèce ovine.

La salle d'abattage des ovins mesure 20 mètres de long sur 10 mètres de large, et possède un grand portail de 4m50, qui sert à la fois pour l'entrée des animaux et le chargement des carcasses ainsi qu'une petite porte pour le personnel. Cette salle est divisée en deux ; une grande salle pour l'abattage des animaux et une petite salle qui est utilisée pour la vidange et le nettoyage des boyaux.

Notre étude s'est déroulée dans la salle d'abattage des bovins, celle-ci mesure 20 mètres de long sur 10 mètres de large, avec deux grands portails de 4m50 de longueur chacun, un pour l'entrée des animaux vivants destinés à l'abattage et l'autre pour le chargement des carcasses jugées propres à la consommation (**Photo 02 et 03**), elle possède aussi un petit portail pour le personnel et une chambre froide qui ne fonctionnait pas pendant la durée de notre partie expérimentale. Cette salle est également divisée en deux parties, une grande partie

pour les opérations d'abattage habillage des carcasses et une petite partie pour le nettoyage des boyaux.

Description de technique d'abattage :

Les différentes opérations d'abattage se font de la manière suivante

- Les animaux qui arrivent à l'abattoir sont très souvent transportés dans des camions qui ne possèdent ni toiture ni bâches pour protéger les animaux du vent, du froid et de la pluie, ce qui peut stresser les animaux.
- L'inspection ante mortem est effectuée par l'inspecteur vétérinaire avant l'abattage des animaux, elle a pour but de repérer et d'éliminer de la chaîne d'abattage les animaux malades.
- Les opérations d'abattage se font en poste fixe, aucune séparation n'existe entre les zones sales (zones où sont effectués la saignée, le dépouillement, l'éviscération) et les zones propres (zones où sont effectués l'éviscération et la découpe) (**Photo 04**).
- Pendant les jours où il ya une grande cadence de travail (dimanche et lundi), les animaux vivants présentant des taches de souillures par des matières fécales sur leurs cuirs sont présents dans la salle d'abattage au même temps que les carcasses dépouillées.
- La saignée, le dépouillement et l'éviscération sont réalisés à l'aide du même couteau.
- Durant l'éviscération les organes digestifs sont souvent perforés par les ouvriers ce qui entraîne l'écoulement du réservoir gastrique sur le reste de la carcasse (**Photo 05**).



Photo 02 : Chargement des carcasses.

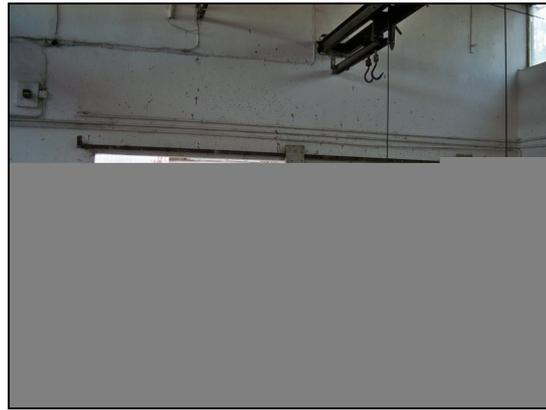


Photo 03 : Système de rail aérien (salle d'abattage de bovins).



Photo 04 : Dépouillement manuel des carcasses.



Photo 05 : Eviscération manuelle des carcasses.

Photos personnelles abattoir de Rouiba (2011).

I.1. Analyse bactériologique

I.1.1. Matériel et milieux de culture

I.1.1.1. Matériel

- Ecouvillons : disques de coton cosmétiques emballés individuellement dans du papier aluminium et stérilisés au poupinel à 130°C pendant 15 minutes.
- Sacs à Stomacher stériles.
- Refermes sacs.
- Gants stériles jetables.
- Glacière avec des réserves de froid.
- Stomacher péristaltique.
- Etuves réglées à 30°C, 37°C et 44°C.
- Matériel usuel de bactériologie (cité en annexe 2).

I.1.1.2. Milieux de cultures

- PCA (Plat Count Agar) (Institut Pasteur Algérie)
- VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar) (Institut Pasteur Algérie)
- VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar) (Institut Pasteur Algérie)
- TSE (Tryptone Sel Eau) (Institut Pasteur Algérie)
- Eau physiologique stérile (Institut Pasteur Algérie)

I.1.2. Echantillonnage des carcasses

60 carcasses bovines ont été écouvillonnées à la fin des opérations d'abattage après l'habillage. Au moment du prélèvement ces carcasses étaient déjà estampillées par l'inspection vétérinaire. Toutes les carcasses écouvillonnées ont été abattues en notre présence soit très tôt le matin soit dans l'après midi.

Les zones écouvillonnées (1600 cm²) ont été définies par la « la décision 2001/471/C.E », elles sont situées au niveau du collier, du gros bout de la poitrine « épaule », du flanc et de la cuisse (Figure 03).

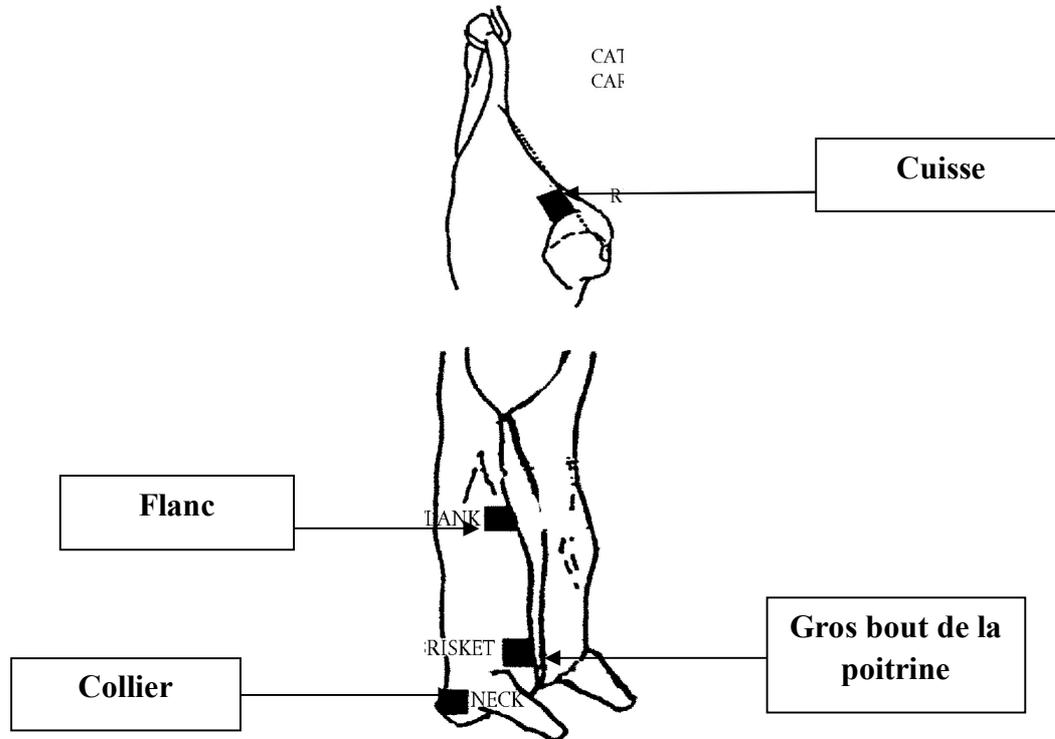


Figure03 : zones de prélèvements sur les carcasses de bovins pour les examens bactériologiques selon la **Décision 2001/471/C.E.**

A chaque visite de l'abattoir, 3 à 10 demi-carcasses obtenues de carcasses différentes sont échantillonnées, un échantillon est représenté par le prélèvement des 4 sites d'une même demi-carcasse. La surface écouvillonnée doit couvrir 400 cm² par site, donc la surface totale des 4 sites écouvillonnés est de 1600 cm².

Une carcasse= 1 échantillon regroupant 4 sites anatomiques.

I.1.3. Méthodes

I.1.3.1. Méthode de prélèvement

- **Choix de la méthode de prélèvement**

Nous avons opté pour une technique de prélèvement « non destructive » pour des raisons de simplicité, de praticité et parce qu'elle préserve l'intégrité marchande de la carcasse et qu'elle permet d'échantillonner une surface plus importante (voir bibliographie III.5.2). Cette technique du double écouvillonnage « humide et sec » est préconisée par la directive européenne « **Décision 2001/471/C.E** » et validée par la **Norme ISO 17604 : 2003**.

- **Technique d'écouvillonnage**

La technique d'écouvillonnage non destructive consiste à placer un gabarit stérile (20×20cm²) sur une surface déterminée d'une demi-carcasse, un écouvillon stérile humidifié avec 10ml d'une solution stérile de TSE, est frotté en exerçant une forte pression, d'abord verticalement puis horizontalement puis en diagonale pendant au moins 20 secondes. Après avoir utilisé l'écouvillon humide, la même procédure est répétée avec un écouvillon sec passé sur la même zone. La technique de prélèvement est appliquée avec cohérence et minutie afin d'obtenir des résultats comparables (**Photo 06 et 07**).

Les mains sont désinfectées à l'aide d'une solution hydro-alcoolique, des gants jetables sont utilisés avant chaque prélèvement. Les prélèvements sont effectués par le même opérateur formé à la technique et cela pendant toute la durée de l'étude.



Photo 06: écouvillonnage « humide –sec » de la cuisse d'une carcasse bovine.



Photo 07 : écouvillonnage « humide-sec » du collier d'une carcasse bovine.

Photos personnelles (2010)

abattoir de Rouiba.

Les écouvillons provenant d'une même demi-carcasse sont recueillis dans le même sac stomacher qui sera identifié à l'aide d'un feutre indélébile. Le sac stomacher est ensuite fermé à l'aide d'un referme sac. Un échantillon équivaut à 8 écouvillons secs et humides provenant d'une même demi-carcasse. Les échantillons sont entreposés dans une glacière, où ils seront ensuite acheminés au laboratoire pour être analysés. Les échantillons récoltés le matin sont analysés dans l'après midi du jour même, par contre ceux effectués l'après midi sont traités le lendemain matin.

I.1.3.2. Méthodes d'ensemencement et de dénombrement bactérien

I.1.3.2.1. Préparation des solutions mères et des dilutions décimales

100 ml d'eau physiologique stérile sont ajoutés aux écouvillons d'un même sac stomacher pour revivifier les bactéries, l'échantillon est ensuite homogénéisé pendant 2 minutes à l'aide d'un stomacher péristaltique. La suspension des écouvillons est considérée comme étant la solution mère, elle est prise en compte dans le calcul de la dilution 10^0 . Les dilutions 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} sont ensuite préparées à partir de la suspension mère, pour cela on

prélève 1ml de solution 10° que l'on dilue au dixième dans 9ml de TSE et ainsi de suite jusqu'à l'obtention des autres dilutions, selon la **norme ISO 6887-2 :2004**.

I.1.3.2.2. Recherche et dénombrement des différentes flores

Le choix des germes « flore aérobie mésophile totale, entérobactéries » a été effectué selon les recommandations de la **Décision Européenne 2001/471/C.E**. Notre étude est complétée par la recherche des coliformes totaux et fécaux pour mieux identifier l'origine de cette contamination. (Les photos seront jointes en annexe 3)

- **Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale selon la norme française NF V08-051**

Cette flore est isolée et dénombrée sur le milieu de culture gélosé PCA (Plat Count Agar), selon le protocole suivant :

Porter aseptiquement 1ml des dilutions décimales allant de 10⁻¹ à 10⁻³ dans des boites de pétri vides préparées et numérotées à cet usage. Compléter ensuite avec 15ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 47°C, homogénéiser le contenu en effectuant des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Laisser refroidir sur pailleuse puis rajouter une deuxième couche d'environ 4ml de la même gélose. Les boites sont incubées couvercles en bas à 30°C pendant 72±3 heures.

Après incubation, procéder au comptage des colonies lenticulaires ayant poussées en masse. Les dénombrements sont effectués à l'aide d'un compteur de colonies électronique, retenir les boites contenant un nombre situé entre 15 et 300 colonies au niveau de deux dilutions successives. Calculer le nombre N d'unité formant colonies (UFC) de micro-organismes par ml à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\sum c}{1.1 \times d}$$

∑C=somme des colonies comptées sur les deux boites retenues.

d= taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

- **Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux selon les normes françaises NF V08-050 et NF V08-060**

Les coliformes totaux et fécaux sont isolés et dénombrés sur un milieu gélosé sélectif le VRBL, après un ensemencement en profondeur selon la technique suivante :

1ml provenant des dilutions décimales allant de 10^{-1} jusqu'à 10^{-3} est ensemencé aseptiquement en double couche sur gélose VRBL. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h pour les coliformes totaux et à 44°C pendant 24 h pour les coliformes fécaux. Compter toutes les colonies rouges ayant poussé en masse dans les boîtes. Calculer le nombre N d'unité formant colonie (UFC) selon la formule décrite ci-dessus.

- **Recherche et dénombrement des entérobactéries selon la norme française NF V08-055**

Les entérobactéries sont isolées et dénombrées sur un milieu gélosé sélectif le VRBG selon le mode opératoire suivant :

Porter aseptiquement 1ml des dilutions décimales allant de 10^{-1} jusqu'à 10^{-3} dans des boîtes de pétri vides préparées et numérotées à cet usage, compléter ensuite avec 15ml de VRBG, mélanger soigneusement milieu et inoculum, laisser le mélange se solidifier sur une paillasse horizontale.

Retourner les boîtes et les incuber à 37°C pendant 24 h. Dénombrer toutes les colonies caractéristiques d'entérobactéries possédant un diamètre de 0.5 mm ou plus et qui sont de couleur violet à rose-rouge entourées ou non d'un halot rougeâtre. Le calcul de l'unité formant colonie (UFC) s'effectue selon le mode décrit ci-dessus.

- **Méthode de calcul**

A partir du nombre d'UFC/ml nous voulons obtenir les résultats en UFC/cm² de surface des carcasses prélevées, pour cela nous procédant comme suit :

- les quatre surfaces écouvillonnées d'une même demi-carcasse correspondent à une surface totale de 1600cm².
- 100ml de suspension mère correspond à 1600cm² de surfaces écouvillonnées, donc 1ml de suspension mère correspond à 16cm².

- Le nombre N (UFC/ml) doit être divisé par 16 pour obtenir le nombre d'UFC/cm².

I.2 .Analyse fongique des carcasses

I.2.1. Matériel

- Ecouillons stériles type coton tige.
- Lame et lamelle en verre.
- Microscope optique.
- Etuve à 27°C et à 37°C.
- Matériel usuel de laboratoire (Voir annexe 2).

I.2.2. Milieux de culture

- Gélose Sabouraud +chloramphénicol.
- Gélose Sabouraud+actidione.
- Urée-indol.
- Sérum de bovins.
- Rice cream.
- Bleu de lacto-phénol.

I.2.3. Echantillonnage des carcasses

70 échantillons provenant de 14 carcasses bovines ont été prélevé, ces prélèvements ont été réalisés par écouvillonnage sec à l'aide d'écouvillons stériles type coton tige.

Les sites anatomiques prélevés pour chaque carcasse sont les suivants : **collier, épaule, cuisse, flanc, dos.**

I.2.4. Méthodes

I.2.4.1. Méthode de prélèvement

- **Choix de la méthode de prélèvement**

Les prélèvements sont effectués selon une technique d'écouvillonnage sec, cette technique a été choisie après accord avec nos promoteurs en raison de sa simplicité, de sa facilité d'exécution, de sa rapidité et parce qu'elle permet une longue conservation des échantillons.

- **Technique de prélèvement**

A l'aide d'un écouvillon stérile « coton tige », on frotte la surface choisie en effectuant des mouvements de zigzag serrés et en tournant l'écouvillon sur son axe de telle sorte que toute la surface de l'écouvillon soit imprégnée. Replacer délicatement l'écouvillon dans son tube. Les échantillons sont mis dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire où ils sont maintenus à cette température jusqu'à leur analyse.

I.2.4.2. Ensemencement des prélèvements

Chaque écouvillon est directementensemencé dans une boîte de pétri contenant le milieu de culture Sabouraud +chloramphénicol, l'ensemencement s'effectue à proximité d'un bec bunsen en faisant des stries à la surface du milieu de culture. Incuber à 27°C pendant 72h.

L'examen macroscopique des boîtes permet de distinguer les levures des champignons filamenteux :

- Les colonies de levures ont en général un aspect humide, crémeux ou muqueux.
- Les colonies de moisissures ont un aspect sec, poudreux ou duveteux et rarement humide ou muqueux.

I.2.4.3. Isolement et identification des moisissures

L'examen des champignons filamenteux consiste à faire : (les photos seront jointes en annexe 4).

- Un examen macroscopique : permettant d'observer
 - La rapidité de croissance de la colonie
 - Le caractère envahissant ou non de la colonie (grande, petite, envahissante)
 - L'aspect des colonies : poudreux, duveteux, granuleux, laineux, ridé
 - L'apparition de pigmentation au recto et au verso
 - La diffusion du pigment dans la gélose
- Un examen microscopique : pour cela nous prélevons une partie de la colonie à examiner à l'aide d'une pince préalablement stérilisée, Après l'avoir déposer entre lame et lamelle dans une goutte de bleu de lactophénol, nous l'observons au microscope optique au grossissement X40.

I .2.4.4. Isolement et identification des levures

Les levures sont repiquées sur milieu Sabouraud au chloramphénicol pour une identification ultérieure à l'aide d'une galerie biochimique, la sélection des colonies de levures repiquées est effectuée selon les critères suivants : la taille, la couleur, la forme (plate, bombée, arrondie) et la consistance (lisse, rugueuse, duveteuse).

L'étude biochimique des levures se fait par les tests suivants :

- Test de Blastèse pour la recherche de tubes germinatifs de *Candida albicans* sur sérum de bovin.
- Test recherche de chlamydospores et de pseudo-filaments de *Candida albicans* sur milieu d'identification Rice cream.
- Test d'identification de *Cryptococcus néoformans* par la mise en évidence du caractère uréase positif en moins de 4 heures sur le milieu Urée-indol.
- Test de sensibilité ou de résistance à l'antibiotique actidione sur le milieu Sabouraud additionné d'actidione.

- Test de la recherche d'un pouvoir pathogène potentiel sur le milieu Sabouraud chloramphénicol à 37°C.

I.2.2.4.1. Test de Blastèse ou de filamentation en sérum

Ce test de Blastèse en sérum permet une identification rapide de l'espèce *Candida albicans*, qui en 4 heures d'incubation produit un fin tube de germination (future mycélium). A l'aide d'une pipette pasteur et à proximité du bec bunsen on ensemence une colonie de levure dans 0.5 ml de sérum de bovin, après une incubation de 4 heures à 37°C, un montage d'état frais qu'on observe au microscope optique au grossissement X40 pour rechercher les tubes germinatifs.

I.2.2.4.2. Test de chlamydosporulation sur milieu Rice cream

Ce test permet de mettre en évidence les chlamydozoaires de *Candida albicans* sur un milieu de culture de faible valeur nutritive. Pour réaliser ce test, nous procédons de la manière suivante : étaler une colonie de levure à la surface d'une boîte de Pétri contenant le milieu Rice cream, recouvrir d'une lamelle préalablement stérilisée, incuber à 27°C pendant 48 heures. La lecture se fait en posant la boîte de Pétri sur la platine du microscope optique au grossissement X40.

I.2.2.4.3. Recherche d'une activité uréasique

L'uréase est une enzyme hydrolysant l'urée, cette activité est directement détectable à partir de l'alcalinisation du milieu urée indole et au virage au rose d'un milieu normalement jaune. Une colonie de levure est prélevée à l'aide d'une pipette pasteur, ensemencée dans un tube contenant 0.5 ml d'urée indole. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures avec une première lecture après 4h.

I.2.2.4.4. Test de résistance à l'actidione

L'actidione ou cycloheximide est un inhibiteur des moisissures saprophytes comme les *Aspergillus* et aussi de certaines levures. L'ajout d'actidione dans un milieu de

culture sert alors de caractère d'identification. La résistance à l'actidione est utilisée dans de nombreuses galeries d'identification. Une colonie de levure estensemencée stérilement dans un tube contenant le milieu Sabouraud+actidione, l'incubation se fait à 27°C pendant 48 à 72h. La résistance à cet antibiotique se traduit par la présence d'une culture.

I.2.2.4.5. Test de croissance à 37°C

Certaines levures présumées pathogènes peuvent se développer à 37°C, nous ensemencons une colonie de levure sur une boîte de pétrie contenant la gélose Sabouraud+chloramphénicol. L'incubation est réalisée à 37°C pendant 48h, puis nous observons la présence ou non d'une poussée.

II. RESULTATS

II.1. Résultats de l'analyse bactériologique

Les résultats ont été analysés à l'aide du logiciel Microsoft office 2007 pour le calcul des logarithmes décimaux, des écarts types, et des moyennes.

Les résultats des dénombrements par carcasse ont été calculés à partir des moyennes arithmétiques des unités formant colonies (UFC) sur deux boites de pétri à deux dilutions successives. Les dénombrements sont exprimés en logarithme décimale des unités formant colonies sur la surface échantillonnée ($\log_{10}\text{UFC}/\text{cm}^2$). Les dénombrements et la moyenne obtenus pour l'ensemble des 60 carcasses et pour les différentes flores recherchées sont présentés dans le **tableau 08** et les **figures 03 et 04**.

II.1.1. Résultats de la contamination globale des carcasses

Les résultats des dénombrements bactériens pour chaque flore étudiée sont présentés dans le **tableau 08**.

Sur 60 carcasses bovines échantillonnées la FAMT constitue la flore prépondérante avec une moyenne de $1,26 \times 10^4 \text{ UFC}/\text{cm}^2$ et un logarithme décimal de $3,06 \log_{10} \text{ UFC}/\text{cm}^2$ suivie des entérobactéries avec une moyenne de $8,08 \times 10^2 \text{ UFC}/\text{cm}^2$ et un logarithme décimal de $1,84 \log_{10} \text{ UFC}/\text{cm}^2$, viennent ensuite respectivement les coliformes totaux et les coliformes fécaux avec une moyenne de $4,60 \times 10^2 \text{ UFC}/\text{cm}^2$ et de $3,01 \times 10^2 \text{ UFC}/\text{cm}^2$ et un logarithme décimal de $1,77 \log_{10} \text{ UFC}/\text{cm}^2$ et de $1,14 \log_{10} \text{ UFC}/\text{cm}^2$.

La **figure 03** représente les pourcentages des différentes flores recherchées et leur contribution dans la contamination globale des carcasses bovines au niveau de l'abattoir de Rouiba, la FAMT représente le pourcentage le plus élevé (39,18%), suivi des entérobactéries 23,55%, des coliformes totaux (22,66%) et des coliformes fécaux (14,59%).

Tableau 08 : Résultats du dénombrement des différentes flores recherchées.

Carcasse n	FAMT (UFC/cm ²)	FAMT (log UFC/cm ²)	ENT (UFC/cm ²)	ENT (log UFC/cm ²)	CT (UFC/cm ²)	CT (log UFC/cm ²)	CF (UFC/cm ²)	CF (log UFC/cm ²)
1	4,50x10 ³	3,65	2,80x10 ³	3,45	4,00x10 ³	3,60	2,30x10 ³	3,36
2	2,50x10 ³	3,40	7,90x10 ³	3,90	IND	IND	5,10x10 ³	3,71
3	8,60x10 ³	3,93	0	0	<15	<15	0	0
4	9,30x10 ²	2,97	1,60x10 ²	2,20	1,90x10 ²	2,28	3,80x10 ²	2,58
5	3,90x10 ³	3,59	1,10x10 ²	2,04	4,30x10 ²	2,63	0	0
6	3,00x10 ³	3,48	2,00x10 ²	2,30	1,80x10 ²	2,26	0	0
7	2,30x10 ²	2,36	1,80x10 ²	2,26	2,50x10 ²	2,40	1,60x10 ²	2,20
8	1,36x10 ³	3,13	1,70x10 ³	3,23	1,40x10 ³	3,15	<15	<15
9	2,90x10 ²	2,46	1,20x10 ³	3,08	<15	IND	<15	<15
10	8,90x10 ¹	1,95	1,30x10 ²	2,11	1,80x10 ²	2,26	1,50x10 ²	2,18
11	1,00x10 ²	2,00	1,20x10 ²	2,08	1,40x10 ¹	1,15	0,70x10 ¹	0,85
12	1,90x10 ²	2,28	7,50x10 ¹	1,88	1,40x10 ¹	1,15	1,00x10 ¹	1,00
13	2,10x10 ²	2,32	3,80x10 ¹	1,58	9,80x10 ¹	1,99	7,50x10 ¹	1,88
14	1,90x10 ²	2,28	0	0	0	0	0	0
15	2,70x10 ³	3,43	0	0	1,40x10 ¹	1,15	<15	<15
16	1,30x10 ³	3,11	<15	<15	<15	<15	<15	<15
17	3,4x10 ²	2,53	0	0	2,80x10 ¹	1,45	<15	<15
18	2,30x10 ³	3,36	3,40x10 ¹	1,53	<15	<15	0	0
19	1,80x10 ³	3,26	1,36x10 ⁴	4,13	0	0	0	0
20	2,20x10 ²	2,34	3,40x10 ¹	1,53	2,50x10 ¹	1,40	0	0
21	1,70x10 ³	3,23	1,00x10 ¹	1,00	2,40x10 ¹	1,38	1,50x10 ¹	1,18
22	2,40x10 ³	3,38	1,20x10 ²	2,08	<15	<15	0	0
23	8,50x10 ¹	1,93	0	0	<15	<15	<15	<15
24	1,10x10 ³	3,04	<15	<15	<15	<15	<15	<15
25	2,10x10 ³	3,32	4,40x10 ¹	1,64	1,30x10 ¹	1,11	<15	<15
26	5,80x10 ²	2,76	2,90x10 ²	2,46	<15	<15	<15	INF 5
27	1,50x10 ³	3,18	8,40x10 ¹	1,92	9,10x10 ¹	1,96	8,10x10 ¹	1,91
28	1,50x10 ²	2,18	2,04x10 ²	2,31	1,30x10 ¹	1,11	0	0
29	2,60x10 ³	3,41	<15	<15	1,80x10 ²	2,26	1,30x10 ²	2,11
30	6,90x10 ²	2,84	1,00x10 ¹	1,00	5,00x10 ¹	1,70	>5	INF 5
31	5,20x10 ²	2,72	<15	<15	3,50x10 ¹	1,54	0,9x10 ¹	0,95
32	1,34x10 ³	3,13	5,00x10 ¹	1,70	7,50x10 ¹	1,88	6,90x10 ¹	1,84
33	2,05x10 ³	3,31	<15	<15	<15	<15	<15	<15
34	3,3x10 ²	2,52	<15	<15	0	0	0	0

35	2,30x10 ³	3,36	<15	<15	1,70x10 ¹	1,23	0,60x10 ¹	0,78
36	2,30x10 ³	3,36	0	0	0	0	0	0
37	8,50x10 ³	3,93	0	0	0	0	0	0
38	1,80x10 ³	3,26	0	0	<15	<15	0	0
39	2,00x10 ³	3,30	<15	<15	<15	<15	<15	<15
40	1,20x10 ²	2,08	2,50x10 ¹	1,40	0,9x10 ¹	0,95	0	0
41	1,32x10 ³	3,12	4,40x10 ¹	1,64	1,20x10 ¹	1,08	0	0
42	IND	IND	1,00x10 ¹	1,00	3,00x10 ¹	1,48	<15	<15
43	IND	IND	6,00x10 ¹	1,78	2,80x10 ¹	1,45	<15	<15
44	3,00x10 ³	3,48	1,20x10 ²	2,08	5,90x10 ¹	1,77	1,40x10 ¹	1,15
45	1,90x10 ³	3,28	1,30x10 ³	3,11	2,00x10 ²	2,30	5,90x10 ¹	1,77
46	2,10x10 ⁵	5,32	2,80x10 ²	2,45	2,20x10 ²	2,34	5,30x10 ²	2,72
47	2,20x10 ⁵	5,34	2,60x10 ²	1,41	2,80x10 ³	3,45	2,90x10 ³	3,46
48	1,90x10 ⁵	5,28	2,70x10 ³	3,43	1,50x10 ³	3,18	1,50x10 ²	2,18
49	2,50x10 ¹	1,40	1,30x10 ²	2,11	1,20x10 ²	2,08	6,60x10 ¹	1,82
50	1,30x10 ³	3,11	2,80x10 ³	3,45	2,20x10 ²	2,34	1,20x10 ²	2,08
51	3,00x10 ³	3,48	1,30x10 ²	2,11	2,90x10 ³	3,46	1,80x10 ²	1,26
52	1,60x10 ³	3,20	7,70x10 ¹	1,89	4,10x10 ¹	1,61	1,50x10 ¹	1,18
53	2,10x10 ²	2,32	3,00x10 ²	2,48	2,00x10 ³	3,30	2,50x10 ²	2,40
54	2,00x10 ²	2,30	2,10x10 ³	3,32	1,80x10 ²	2,26	3,50x10 ²	2,54
55	IND	IND	1,34x10 ³	3,13	IND	IND	IND	IND
56	1,60x10 ³	3,20	2,10x10 ²	2,32	4,00x10 ²	2,60	<15	<15
57	5,20x10 ²	2,72	0,9x10 ¹	0,95	2,30x10 ¹	1,36	0	0
58	1,00x10 ²	2,00	2,10x10 ²	2,32	3,10x10 ³	3,49	0	0
59	3,00x10 ³	3,48	0	0	0	0	0	0
60	IND	IND	<15	<15	<15	<15	<15	<15
MOYENNE	1,26x10⁴	3,06	8,08x10²	1,84	4,60x10²	1,77	3,01x10²	1,14
Ecart type		0,78		1,12		1,01		1,16

FAMT : flore aérobie mésophile totale. **ENT** : entérobactéries. **CT** : coliformes totaux. **CF** : coliformes fécaux.

Log : logarithme décimal. **UFC/cm²** : Unité Formant Colonie par centimètre carré.

IND : indénombrable (supérieur à 300colonies au comptage), <15 : inférieur à 15colonies au comptage, 0 : aucune colonie dénombrée.

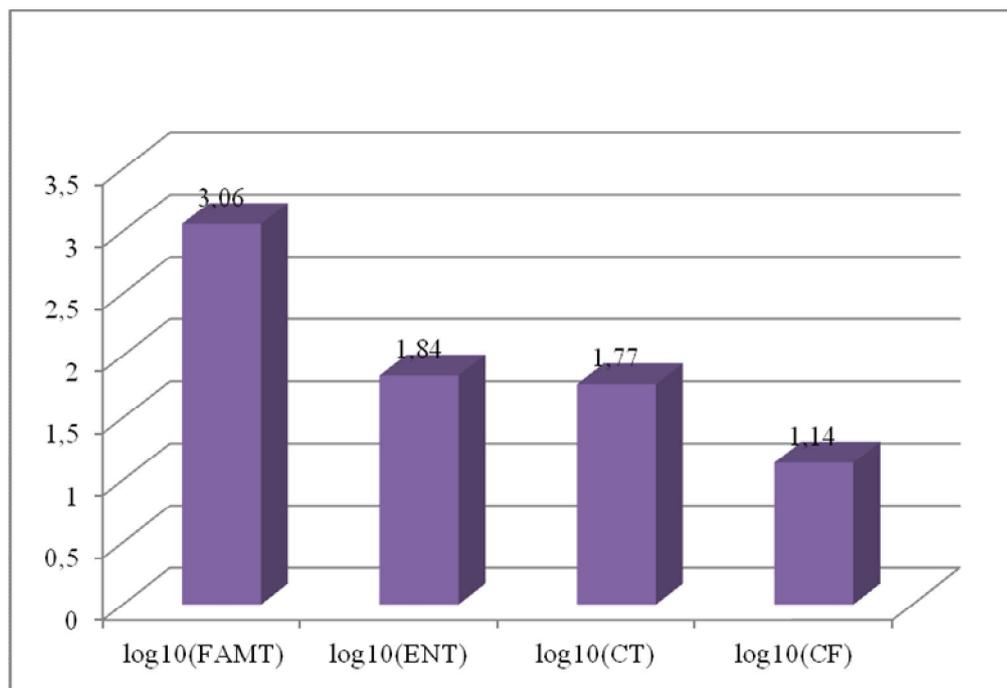


Figure 03 : Moyenne globale des différentes flores étudiées.

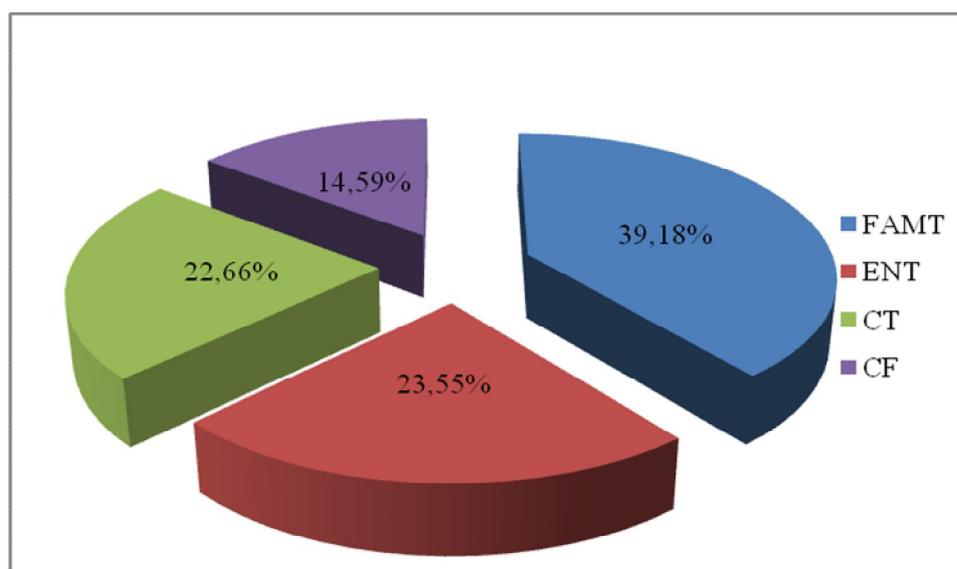


Figure 04 : Pourcentage des différentes flores recherchées.

FAMT : flore aérobie mésophile totale.

ENT : entérobactéries.

CT : coliformes totaux.

CF : coliformes fécaux.

Log₁₀ : logarithme décimal.

II.1.1.2. Résultats pour des différentes flores étudiées

Dans cette partie nous traiteront chaque flore à part et nous détaillerons les résultats obtenus pour chaque flore sur l'ensemble des carcasses prélevées.

II.1.1.2.1. La flore aérobie mésophile totale

Le taux de contamination maximum de la FAMT est de 5,34 log₁₀ UFC/cm² et le taux de contamination minimum de 1,40 log₁₀ UFC/cm² (**Tableau 08**).

Sur un total de 60 carcasses bovines, 56 (soit 93,33%) ont fait l'objet d'une interprétation. 4 (soit 6,66%) échantillons n'ont pas été pris en considération dans le calcul de la moyenne globale de contamination parce qu'ils présentent un nombre de colonies supérieur à 300 et sont de ce fait ininterprétables (**Tableau 09**).

Tableau 09 : Répartition des résultats de la FAMT retenus et non retenus par rapport aux nombre total d'échantillons.

FAMT	<15	absence	IND	RR	Total
nombre de carcasses	0	0	4	56	60
Pourcentage	0%	0%	6,66%	93,33%	100 %

<15 : Inférieur à 15 colonies, **absence** : 0 colonies dénombrées, **IND** : indénombrable (supérieur à 300 colonies au comptage), **RR** : résultats retenues, **FAMT** : flore aérobie mésophile totale.

II.1.1.2.2. Les entérobactéries

Le niveau de contamination maximum par les entérobactéries est de 4,13 log₁₀ UFC/cm² et le niveau de contamination minimum est de 0,95 log₁₀ UFC/cm² (**Tableau 08**).

Sur les 60 carcasses bovines prélevées au niveau de l'abattoir de Rouiba, 42 (soit 70%) ont été incluses dans l'interprétation des résultats, 9 (soit 15%) sont ininterprétables parce qu'elles ont présentées un nombre de colonies inférieur à 15 et 9 (soit 15%) n'ont présentées aucune colonie au comptage et sont donc ininterprétables (**Tableau 10**).

Tableau 10 : Répartition des résultats des ENT retenus et non retenus par rapport au nombre total d'échantillons.

ENT	<15	absence	IND	RR	Total
Nombre de carcasses	9	9	0	42	60
Pourcentage	15%	15%	0%	70%	100%

<15 : Inférieur à 15 colonies, **absence** : 0 colonies dénombrées, **IND** : indénombrable (supérieur à 300colonies au comptage), **RR** : résultats retenues, **ENT** : entérobactéries.

II.1.1.2.3. les coliformes totaux

Sur 60 carcasses échantillonnées 40 carcasses (soit 66,66%) sont interprétables et présentent un niveau de contamination maximum pour les coliformes totaux de 3,60 log₁₀ UFC/cm² et un niveau de contamination minimum de 0,95 log₁₀ UFC/cm². (**Tableau 08**) 11 (soit 18%) ont présentait des dénombrements insuffisants (inferieur à 15colonies) et sont donc ininterprétables.6 (soit 10%) ne présentait aucune colonies et 3(soit 5%) n'ont pas été pris en considération et sont ininterprétables (**Tableau 11**).

Tableau 11 : Répartition des résultats des CT retenus et non retenus par rapport au nombre total d'échantillons.

CT	<15	absence	IND	RR	Total
nombre de carcasses	11	6	3	40	60
Pourcentage	18%	10%	5%	66,66%	100%

<15 : Inférieur à 15 colonies, **absence** : 0 colonies dénombrées, **IND** : indénombrable (supérieur à 300colonies au comptage), **RR** : résultats retenues, **CT** : coliformes totaux.

II.1.1.2.4. les coliformes fécaux

Sur un total de 60 carcasses bovines, 25 carcasses (soit 41,66%) sont interprétables et présentent un niveau de contamination maximum pour les coliformes fécaux de 3,60 log₁₀ UFC/cm² et un niveau de contamination minimum de 0,78 log₁₀ UFC/cm² (**Tableau 08**).16 (soit 26,66%) ont des dénombrements insuffisants (inferieur à 15colonies).18 carcasses (soit

30%) ne présentaient aucune colonie, et 1(soit 1,66%) ne présentait aucune colonie et sont ininterprétables (**Tableau 12**).

Tableau 12 : Répartition des résultats des CF retenus et non retenus par rapport au nombre total d'échantillons.

CF	<15	absence	IND	RR	Total
nombre de carcasse	16	18	1	25	60
Pourcentage	26,66%	30%	1,66%	41,66%	100%

<15 : Inférieur à 15 colonies, **absence** : 0 colonies dénombrées, **IND** : indénombrable (supérieur à 300colonies au comptage), **RR** : résultats retenues, **CF** : coliformes fécaux.

II.1.1.3. Interprétation des résultats de la FAMT et des ENT par application de la Décision 471/200/ C E

En se référant à la **Décision 471/200/ C E**, les résultats log moyens pour la FAMT et les ENT doivent être affectés à l'une des trois catégories suivantes pour la vérification du contrôle de processus: **acceptable**, **marginal** et **inacceptable**. M et m désignent les limites supérieures des catégories marginale et acceptable pour les échantillons prélevés par la méthode destructive. Ainsi la **Décision 471/200/ C E** ne définit pas les critères microbiologiques pour les échantillons prélevés par la méthode non destructive, c'est pour cette raison que nous avons appliqués les critères de l'Agence fédérale de la Sécurité de la Chaîne alimentaire (AFSCA, 2006) et de l'Office Vétérinaire Fédérale suisse (OVF, 2008) (**Tableau 12**).

Tableau 12 : Critère microbiologique d'hygiène des procédés pour le processus d'abattage des bovins, Méthodes d'échantillonnage non destructives (AFSCA, 2006 ; OVF, 2008).

	Acceptable ($\leq m$)	Marginal ($> m$ mais $\leq M$)	Inacceptable ($> M$)
FAMT	< 3 log	< 3 log _ 4 log	>4 log
ENT	< 1 log	<1 log _ 2 log	>2 log

L'interprétation de nos résultats pour la FAMT et les ENT selon les critères microbiologiques de l'AFSCA et OVF est énoncée dans le **Tableau 13**. Nos résultats sont classés **marginiaux** pour les deux flores recherchées (FAMT et ENT).

Tableau 13 : Interprétation des résultats obtenus dans l'abattoir de Rouiba (FAMT et ENT).

Flores recherchées	FAMT (\log_{10} UFC/cm²)	ENT (\log_{10} UFC/cm²)
Résultats de l'abattoir de Rouiba	3,06 \log_{10} UFC/cm ²	1,84 \log_{10} UFC/cm ²
Interprétation	marginiaux	marginiaux

II.2. Résultats de la partie fongique

II.2.1 Les moisissures

II.2.1.1 Les carcasses

Toutes les carcasses prélevées soit 100 % sont contaminées par les moisissures (**Tableau 14**), 07 espèces ont été identifiées avec une prédominance de *Cladosporium sp* avec 22 isolats, suivi de *Alternaria chlamydospora*, *Demaciae*, *Mucorale*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* (**figure 05**). Les sites anatomiques les plus contaminés sont par ordre décroissant : l'épaule, la cuisse et le flanc au même niveau puis le dos et enfin l'encolure (**figure 06**).

Tableau 14 : fréquence des moisissures isolées sur les carcasses bovines par site de prélèvement.

Carcasses n°	Alt.chl	Cl.sp	As.sp	As.f	Dem	M.sp	P.sp	Total d'isolat
Carcasse1	1ep 1cu 1en	1ep						4
Carcasse2	1ep	1ep 1fl 1cu						4
Carcasse3	1ep 1d	1ep 1fl 1cu						5
Carcasse4	1fl 1en	1ep 1fl	1ep			1cu		6
Carcasse5	1ep	1ep 1fl 1cu 1d	1ep	1fl				7
Carcasse6						1cu		1

Carcasse7	1fl 1cu	1ep		1fl 1en		1ep 1d		7
Carcasse8	1fl	1cu		1ep		1d		4
Carcasse9		1ep 1d		1ep	1d			4
Carcasse10	1ep	1ep 1fl 1en			1fl 1cu			6
Carcasse11	1ep 1fl	1ep	1cu		1cu			5
Carcasse12	1fl 1en				1fl 1ep		1cu	5
Carcasse13		1fl			1ep 1fl		1cu	4
Carcasse14					1ep	1d		2
Occurrence	17	22	3	5	9	6	2	64
Proportion%	26,56%	34,37%	4,68%	7,81%	14,06%	9,37%	3,12%	

Alt.chl : *Alternaria chlamydospora*, **Cl.sp** : *Cladosporium sp*, **As.sp** : *Aspergillus sp*, **As.f**: *Aspergillus fumigatus*, **Dem** : *Demaciae*, **M.sp** : *Mucorale sp*, **P.sp** : *Penicicillum sp*.
en : encolure, **ep** : épaule, **fl** : flanc, **d** : dos, **cu** : cuisse.

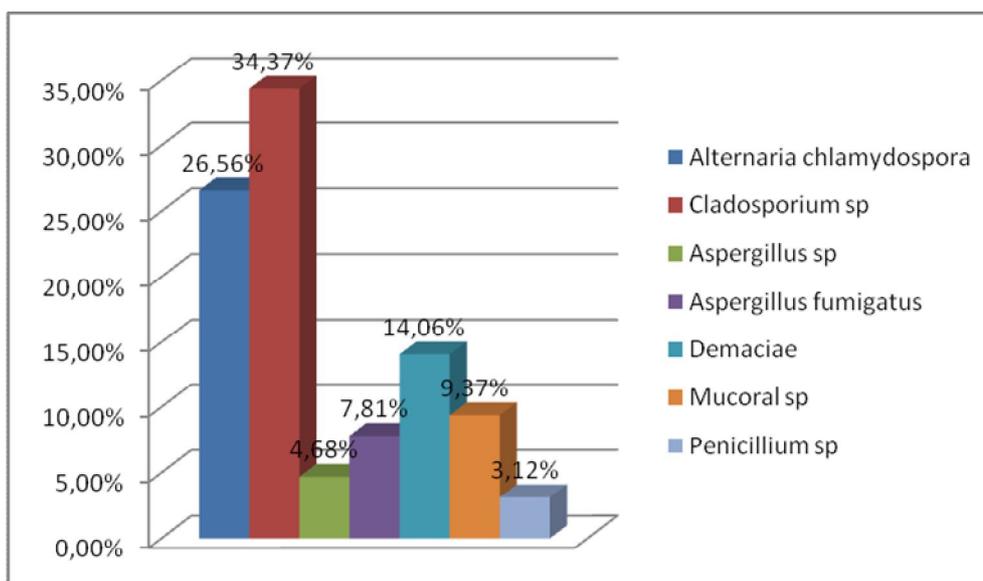


Figure 05 : fréquence des moisissures isolées à partir des carcasses.

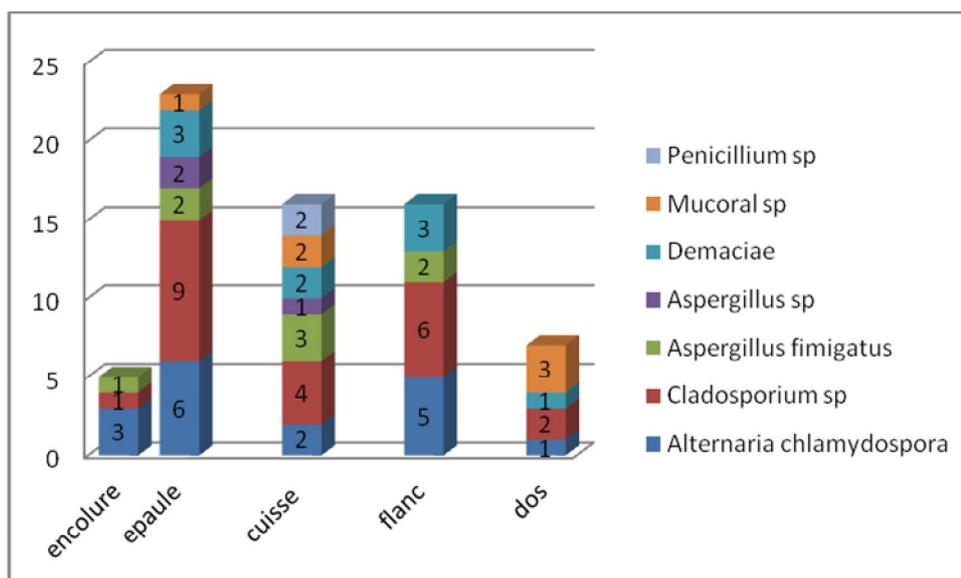


Figure 06 : fréquence des moisissures isolées à partir des carcasses par site de prélèvement

II.2.2. Les levures

II.2.2.1. Les carcasses

Pour l'identification des espèces de levures nous nous sommes basés sur une clé d'identification qui comprend les principales espèces de levures à intérêt médical, ce tableau d'identification sera cité en annexe 5.

Sur les 14 carcasses bovines écouvillonnées, 06 sont contaminées par les levures. Sur la totalité des carcasses (**Tableau 15**), les différents sites ont montré des fréquences de contamination différentes par ordre décroissant : la cuisse, le dos, puis l'épaule et l'encolure au même niveau. Sur chaque site, on a identifié au minimum 2 espèces de levures différentes (**Figure 08**)

Tableau 15 : Fréquence des levures isolées sur les carcasses bovines.

site de prélèvement	T.gla	T.glo	Cr.al	Cr.t	Cr.n	C.pseu	R.ru	Total d'isolats
Carcasse 01	1 en		1 cu					2
Carcasse 02		1 ep						1
Carcasse 03				1 d				1
Carcasse 04	1 cu		1 en				1 cu	3
Carcasse 05			2 d		1 en			3
Carcasse 06				1 ep		1 cu		2
Occurrence	2	1	4	2	1	1	1	12
Proportion%	16,66%	8,33%	33,33%	16,66%	8,33%	8,33%	8,33%	100%

T.gla : *Torulopsis glabrata*, **T.glo** : *Torulopsis globosa*, **Cr.al** : *Cryptococcus albidus*, **Cr.t** : *Cryptococcus terreus*, **Cr.n** : *Cryptococcus neoformans*, **C.pseu** : *Candida pseudotropicalis*, **R.ru** : *Rhodotorula rubra*

Les levures les plus isolées sont *Cryptococcus albidus* (33,33%), *Torulopsis glabrata* et *Cryptococcus terreus* (16,66%), *Torulopsis globosa*, *Cryptococcus neoformans*, *Candida pseudotropicalis*, *Rhodotorula rubra* (8,33%) (**Figure 07**).

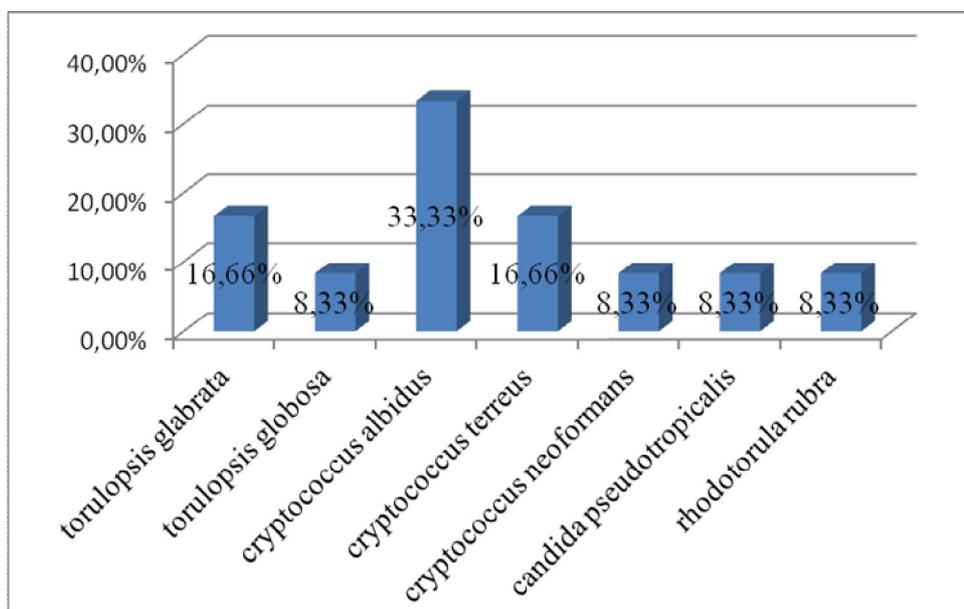


Figure 07 : fréquence des levures isolées à partir des carcasses.

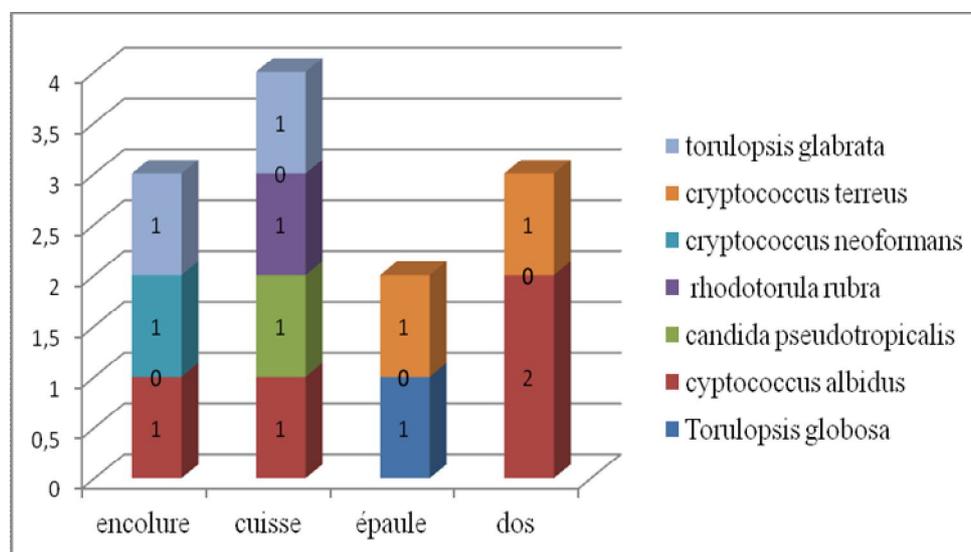


Figure 08 : Occurrence des levures sur les 5 sites des carcasses bovines.

III.DISCUSSION

III.1.Discussion de l'analyse bactériologique

Dans cette partie nous traiterons en premier lieu le choix de l'échantillonnage et de la méthode de prélèvement, ensuite nous discuterons nos résultats de la flore aérobie mésophile totale, des entérobactéries et des coliformes en les comparant à ceux des autres auteurs tout en expliquant les sources de contamination bactérienne des carcasses bovines aux abattoirs.

III.1.1.Justification de la méthode d'échantillonnage des carcasses bovines

L'échantillonnage microbiologique des carcasses dans les établissements de transformation de viande a augmenté ces dernières années à mesure que les systèmes de management de la qualité sont mis en place afin de répondre aux exigences réglementaires de l'Union Européenne et de l'USDA (United States Département of Agriculture). Des études récentes suggèrent que l'utilisation du double écouvillonnage « humide-sec » pourrait constituer une alternative à l'excision (ZWEIFEL et al., 2005), dans une étude comparative entre l'excision et l'écouvillonnage des carcasses de bœuf et de porc au Canada, GILL et JONES (2000) ont démontré que le nombre de bactéries récupérées par excision ou par écouvillonnage à l'aide d'une éponge ou une gaze était similaire, tandis que l'écouvillonnage avec du coton a récupéré des bactéries parfois à un nombre égal parfois au dessous de la limite inférieure des dénombrements obtenus par les autres méthodes.

Les méthodes de prélèvement non destructives sont des méthodes pratiques, rapides pour les abattoirs avec des lignes de transformation en mouvement, elles permettent de détecter une éventuelle contamination fécale grâce à l'augmentation de la taille des échantillons ce qui permet de récupérer les bactéries réparties de façon non homogène sur les carcasses tel *E. coli* O₁₅₇ H₇ (DORSA et al., 1996), lorsque la méthode d'écouvillonnage « humide-sec » avec du coton est utilisée, le nombre de bactéries récupérées est d'environ 50% du nombre de bactéries récupérées par excision (GILL et JONES, 2000).

L'article 2 de la décision 2001/471/C.E autorise l'utilisation de la méthode d'écouvillonnage « humide et sec » comme une méthode alternative à l'excision et cela en respectant toutes les procédures nécessaires à la réalisation de cette technique. BYRNE et al. (2005) ont comparé l'efficacité de l'écouvillonnage « humide-sec » et l'excision, en conformité avec les critères microbiologique de la Décision 2001/471.C.E. Cette étude a démontré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre l'excision et l'écouvillonnage

Lorsque la technique du double écouvillonnage est effectuée par un personnel formé et entraîné elle est préférée à l'excision, un nombre considérablement élevé d'échantillons peut être examiné en un temps record (UNTERMANN *et al.*, 1997).

Concernant les sites anatomiques prélevés sur les carcasses bovines, plusieurs auteurs se sont accordés sur le fait que l'épaule, le gros bout de la poitrine, le flanc, la face latérale du collier sont les sites les plus contaminés (MCEVOY *et al.*, 2000 ; UNTERMANN *et al.*, 1997). La contamination de ces sites est influencée par l'habileté de l'opérateur lors du dépouillement manuel du cuir. Les mains des opérateurs ont été identifiées comme étant une source de contamination à partir du cuir ou de la toison des animaux aux carcasses (MCEVOY *et al.*, 2000).

Dans notre étude, il nous semble intéressant de noter que les localisations de nos sites de prélèvements ont été choisies par application de la réglementation Européenne (**Décision 2001/471/CE**) et qu'elles font parties de celles pour lesquelles le niveau de contamination est le plus élevé. En effet, le rumsteck « cuisse » peut être largement souillé par les fèces présentes aux marges de l'anus, le flanc et le gros bout de poitrine peuvent l'être lors des opérations d'habillage, d'éviscération et de rinçages éventuels, le collier peut être souillé par les outils de la saignée, les ruissellements contaminés (éviscération, fente), par les germes de l'œsophage, du rhino-pharynx, et de la tête.

A posteriori, on se rend compte qu'il aurait été très intéressant de noter l'état de propreté des cuirs des animaux à l'aide d'une grille simplifiée du niveau de souillure, cela aurait permis de savoir s'il y avait un lien entre l'état de propreté du cuir et la contamination superficielle des carcasses, surtout que dans notre étude, toutes les opérations de dépouillement des carcasses se font manuellement, avec le même couteau qui servait à la saignée.

III.1.2. Flore aérobie mésophile totale

Les niveaux moyens de la contamination bactérienne superficielle des carcasses bovines dans l'abattoir de « Rouiba » sont estimés à 3,06 UFC/cm².

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par certains auteurs tels : ZWEIFEL *et al.* (2005) qui lors d'une étude dans 5 abattoirs suisses (abattoir A, B, C, D, E répartis dans toute la Suisse et représentant la majorité des abattoirs) qui a porté sur 800 carcasses bovines, ont

noté des moyennes de contamination de 3,01 ; 2,68 ; 2,62 ; 3,10 et 2,11 (Log_{10} UFC/cm²) respectivement pour les abattoirs A, B, C, D, E.

En Irlande, la moyenne de contamination de 4 abattoirs est de 3,13 log_{10} UFC/cm² (BYRNE et *al.*, 2005) ce qui se rapproche de nos résultats, ces abattoirs sont de petites structures avec un abattage de moins de 10 animaux par semaine, ce qui indique que dans les petites structures les vitesses de ligne réduites ne suffisent pas pour assurer des performances d'hygiènes supérieures (GILL et *al.*, 1998).

Cependant, nos valeurs sont inférieures à celles de DENNAÏ et *al.* (2001) qui a obtenu des taux de 5,18 log_{10} UFC/cm² pour la flore aérobie mésophile totale dans un abattoir du Maroc, la différence pourrait être due aux sites échantillonnés (l'ars, la région lombaire et la région péri-anale), qui diffèrent des sites anatomiques que nous avons prélevés dans notre étude (encolure, gros bout de la poitrine, flanc et cuisse), et aussi à la technique de prélèvement utilisée (l'excision) qui a un meilleur taux de récupération par rapport à l'écouvillonnage (GILLE et JONES, 2000). Comme la décision 2001/471/C.E définit les procédures d'échantillonnage « technique de prélèvement-fréquence-nombre d'échantillons-localisation des sites anatomiques-taille des sites échantillonnés » et exige le regroupement des échantillons pour chaque carcasse, il semble difficile de comparer ces résultats à ceux de notre étude.

Nos résultats sont nettement inférieurs à ceux rapportés par EL HADEF et *al.* (2005) à Constantine, et par DAHMANI (2009) en Algérie, qui dans des conditions d'expérimentations similaires aux nôtres (technique de prélèvement, sites anatomiques....etc.) ont enregistré, respectivement des niveaux de contamination de 5,34 log_{10} UFC/cm² et 4,15 log_{10} UFC/cm² dans la tuerie de « Koléa » et de 4,14 log_{10} UFC/cm² tuerie de « Staoueli ».

En France, les taux de contamination des carcasses bovines au niveau d'un abattoir avec une chaîne d'abattage de 17 à 24 animaux par heure sont supérieurs à nos résultats avec une moyenne globale de 4,1 log_{10} UFC/cm² (VALLOTTON, 2004).

Nos résultats pourraient s'expliquer par le contact direct entre le cuir et la carcasse ou par le transfert des mains des travailleurs, des vêtements, des outils ou des équipements, qui ont eu des contacts précédents avec le cuir (BELL, 1997), le degré d'hygiène des animaux à leur arrivée à l'abattoir influence également la contamination des carcasses, une étude menée dans un abattoir irlandais a classé les bovins en 5 catégories selon le degré de saleté du cuir 1(très

propre) à 5 (très sale), ce classement a été effectué selon un règlement irlandais. La procédure exige que la catégorie 5 d'animaux soit rejetée de l'abattage, tandis que les animaux de la catégorie 4 peuvent être abattus dans des conditions particulières. Les conclusions de cette étude ont montrées que les dénombrements de la flore aérobique mésophile totale des carcasses provenant d'animaux sales sont plus élevés que sur les carcasses d'animaux propres. Les différences entre les peaux propres et sales sont évidentes sur les sites qui nécessitent le dépouillement manuel, les mains du personnel ont été identifiées comme une source de contamination du cuir ou de la toison des animaux aux carcasses. Cette étude a établi l'effet d'une meilleur pratique d'hygiène dans la réduction de la contamination des carcasses, ainsi l'utilisation de gants propres, de couteaux stériles par les opérateurs lors du dépeçage des carcasses a entraîné une réduction significative de la flore aérobique mésophile totale sur les carcasses (MCEVOY *et al.*, 2000).

Une étude en Nouvelle-Zélande a identifié le cuir et les opérations d'habillage comme étant la principale source de contamination des carcasses par la flore aérobique mésophile totale (BELL, 1997). D'autres sources tels que les aérosols lors de l'arrachage du cuir, le personnel, l'équipement pourraient jouer un rôle dans la contamination des carcasses (SCHNELL *et al.* 1995) cités par TERGNEY et BOLTON (2006).

MACKEY et ROBERTS (1993) cités par TERGNEY et BOLTON (2006), préconisent le dénombrement de la FAMT comme la méthode la plus simple et la plus appropriée pour la surveillance de l'hygiène des carcasses.

Puisque le dépeçage des animaux est effectué manuellement dans l'abattoir de Rouiba, l'origine de la charge élevée de cette flore (classée marginaux par la décision 2001/471/C.E) peut provenir du cuir souillé des animaux, très manipulé durant le dépeçage, du dépouillement qui se fait horizontalement à même le sol en présence de sang et de débris, l'abattage qui se fait à poste fixe et de l'utilisation du même couteau pour la saignée et dépeçage des animaux.

Dans les abattoirs des pays développés, la contamination bactérienne des carcasses a été examinée sur des chaînes d'abattages mécanisées où les risques de contamination directe associée à une perforation des intestins lors de l'éviscération sont maîtrisés (BELL, 1997), contrairement à notre étude où les viscères sont souvent perforés, ce qui accroît le taux de contamination par la FAMT.

Au cours de notre étude, nous pensons que d'autres sources de contamination pourraient être incriminées, nous citeront la présence d'animaux vivants en contact avec les carcasses dépouillées à l'intérieur de la salle d'abattage les jours de charge de travail importante, la contamination croisée entre les carcasses et le comportement non hygiénique du personnel (tenue de travail, lavage des mains.....).

L'amélioration de l'hygiène des carcasses à des niveaux acceptables repose sur la propreté des animaux destinés à l'abattage, l'éviscération adéquate comme l'ensachage du rectum assurera que le tractus gastro-intestinal soit enlevé intact.

II.1.3. Entérobactéries

La moyenne de contamination par les entérobactéries est de $1,84 \log_{10}$ UFC/cm² pour l'abattoir de Rouiba.

Nos résultats classés marginaux par la décision 2001/471/C.E, sont toutefois supérieurs à ceux de TERGNEY et BOLTON (2005) qui ont étudié l'effet d'un système de surveillance en ligne sur la réduction de l'incidence de la contamination fécale, et cela par écouvillonnage de 180 carcasses de bœufs à l'aide d'une éponge abrasive, le résultat obtenu pour les entérobactéries est de $0,24 \log_{10}$ UFC/cm², cependant cette valeur a diminué après la mise en place de ce système informatique de surveillance en ligne qui identifiait les taches de matières fécales et les associait soit aux opérations de dépeçage soit à l'éviscération et cela grâce à une grille des zones anatomiques établit par les auteurs, les données sur la contamination ont été examinées avec la direction de l'usine et des mesures correctives tels que : le remplacement du personnel, l'augmentation de la vigilance et la stérilisation des couteaux, ont été entrepris. Bien que le niveau de contamination initiale par les entérobactéries fût faible, une diminution statistiquement significative a été observée (de $0,24 \log_{10}$ UFC/cm² à $-0,59 \log_{10}$ UFC/cm²).

Nos résultats sont également inférieurs à ceux enregistrés par BYRNE et *al.* (2005) qui dans des travaux de comparaison entre la technique destructive et non destructive en accord avec la décision 2001/471/C/E ont obtenu un niveau de contamination de $0,82 \log_{10}$ UFC/cm². En France, VALLONTTON (2004) a obtenu des résultats similaires aux nôtres en utilisant la technique d'excision avec un taux de $1,2 \log_{10}$ UFC/cm².

Au Bénin, SALIFOU et *al* (2010) ont trouvé un taux de contamination par les entérobactéries de $1,23 \log_{10}$ UFC/cm² sur un nombre de carcasses échantillonnées de 30. Les auteurs ont conclu qu'il serait donc souhaitable de procéder à une répétition des contrôles microbiologiques dans le temps et d'augmenter le nombre de carcasses prélevées afin de vérifier la répétabilité des résultats et de tirer une conclusion définitive.

Par ailleurs, certaines études menées en Algérie tels : EL HADEF (2005), DAHMANI (2009) ont enregistré des niveaux globaux de contamination supérieurs aux nôtres, avec respectivement des niveaux de 3

$,41 \log_{10}$ UFC/cm² et $3,68 \log_{10}$ UFC/cm² pour la tuerie de Staoueli et $3,04 \log_{10}$ UFC/cm² pour la tuerie de Koléa. . Contrairement à notre travail où les prélèvements étaient réalisés tôt le matin et ensemenés dans les deux heures qui suivent ou bien dans l'après midi et ensemenés le lendemain matin, la durée de conservation des échantillons n'excédait jamais les 24h, dans les autres études les prélèvements étaient effectués quelques heures après l'abattage, ceci peut expliquer en partie les valeurs inférieures obtenues au cours de notre étude.

Les entérobactéries sont de bons indicateurs de la contamination fécale des carcasses, leur dénombrement est plus approprié pour évaluer les risques pour la santé des consommateurs (GHAFIR et DAUBE, 2007). Il existe une corrélation importante entre le dénombrement des entérobactéries et la présence d'*E. coli*, comme l'a démontré l'étude de JORDAN et *al.* (2006), qui ont rapporté que le dénombrement des entérobactéries peut se substituer à celui d'*E. coli*, comme *E. coli* fait partie du groupe des entérobactéries son dénombrement peut fournir une mesure plus sensible de la contamination fécale. En effet, les caractéristiques de croissance d'*E. coli* une fois déposée sur les carcasses peuvent mieux refléter le fait que d'importants pathogènes entériques comme *E. coli* entérohémorragique, *Salmonella sp* soient présents.

Ce taux relativement élevé est probablement dû aux opérations de dépouillement manuel des carcasses. Plusieurs travaux se sont accordés sur le fait que le dépeçage des carcasses bovines était la principale source de contamination fécale des carcasses, en raison de la présence de matières fécales et de fumier sur le cuir des animaux, toutefois, les données de ses études ont été obtenues pour un fonctionnement normal d'un abattoir industriel où il n'y avait pas de contamination fécale directe provenant de la perforation des viscères, ces accidents

d'éviscération ont pu être évités par la ligature du tube digestif en ses deux extrémités « œsophage, rectum » (BELL, 1997 ; TERGNEY et BOLTON, 2006).

Dans notre étude l'ouverture de l'abdomen se faisait pendant que la carcasse était encore sur le sol, au fur et à mesure que l'animal était accroché à un rail, l'éviscération se faisait à l'aide du même couteau qui a servi au dépouillement, des accidents d'éviscération comme la perforation des réservoirs gastriques arrivaient fréquemment.

Plusieurs travaux se sont penchés sur les questions relatives à l'origine de la contamination fécale, Nous supposons que la contamination des carcasses par les entérobactéries peut se produire dans différents points de la chaîne d'abattage principalement : le dépouillement et l'éviscération.

➤ Dépouillement des carcasses

La relation entre la propreté du cuir et les niveaux de contamination fécale des carcasses a été démontrée par plusieurs travaux cités par SHERIDAN (1998), ainsi des bovins trop sales ont donné des carcasses à un niveau de contamination plus élevé.

Il est presque certain que des agents pathogènes tels *E coli* O157 H7 se répandent du cuir à la surface des carcasses lors du dépeçage, ceci a été prouvé par plusieurs auteurs comme BOLTON *et al.* (1997) ; NASTASIJEVIC *et al.* (2008) ; ELDER *et al.* (2000). BOLTON *et al.* (1997) qui avant l'abattage, ont inoculé des bovins vivants sur le flanc et la croupe, sur une superficie totale de 800cm² avec un mélange d'excréments et d'agent pathogène, la contamination des carcasses et des opérateurs démontre la facilité de propagation de ce pathogène pendant l'abattage, cela était particulièrement évident au niveau des activités manuelles, avec un nombre d'agents pathogènes sur les mains du personnel presque identique au nombre inoculé sur le cuir. Bien que les animaux aient été inoculés sur le quartier arrière, à la fois le quartier avant et l'arrière-train des carcasses ont ensuite été contaminés. Les membres postérieurs ont été les plus lourdement contaminés et l'apparition de l'agent pathogène sur le quartier avant pourrait avoir résulté de sa redistribution pendant le lavage des carcasses à l'eau froide.

L'étude de BRICHTA-HARHAY *et al.* (2008) dans un abattoir aux Etats-Unis ont montré une corrélation entre les cuirs des animaux où *E. coli* O₁₅₇ H₇ et *Salmonelle sp* ont été isolé et les carcasses qui en résultent.

L'origine possible des populations d'*Escherichia coli* chez les bovins au pâturage, sur les carcasses de bœuf (cuirs, carcasse), et dans la viande hachée provenant de ses animaux, a été

étudiée, en utilisant deux techniques d'amplification d'ADN. *Escherichia coli* a été utilisé comme un indicateur de l'efficacité du traitement hygiénique des carcasses. La diversité génétique des souches d'*E. coli* a été suivie lors de l'abattage et de la transformation de ces animaux dans un abattoir de recherche. *Escherichia coli* a été récupéré de l'ensemble du processus de production, plusieurs sous types génétiques d'*E. coli* ont été trouvés dans les excréments des bovins aux pâturages, sur les cuirs et sur les carcasses au moment de l'abattage, ce qui indique que les carcasses ont été contaminées avec *Escherichia coli* d'origine animale et que ses souches ont été transmises au bœuf haché. Dans un abattoir commercial, il y a une possibilité de contamination par des souches d'*E. coli* provenant de l'environnement de transformation, toutefois, en raison de l'efficacité des procédures de désinfection pratiquées dans cette installation de recherche sous inspection fédérale, la contamination par l'environnement de l'abattoir devrait être minime (ASLAM et al., 2003).

➤ Eviscération des carcasses

L'éviscération peut avoir un effet néfaste sur les carcasses de viande, les travaux de SIERRA et al. cités par SHERIDAN (1998), qui ont étudiés l'influence de l'éviscération sur le dénombrement des entérobactéries sur les carcasses d'agneaux ont montré une augmentation des comptes des entérobactéries après éviscération, ce qui indique une détérioration des pratiques d'abattage

Plusieurs travaux se sont accordés sur le fait que l'éviscération est une source majeure de transmission d'agents pathogènes tels que *E. coli* O157 H7 (CHAPMAN et al., 1993 ; GILL et al., 1998), toutefois, dans la plupart des établissements d'abattage industriels, l'éviscération peut être réalisée avec un minimum de contamination de la carcasse à condition que le tractus intestinale ne soit pas rompu ou perforé (MCEVOY et al., 2000).

NASTASIJEVIC et al. (2009) ont montré que la présence de contamination fécale visible sur les carcasses était un facteur important contribuant à la présence de *E. coli* O157 en surface des carcasses, ainsi les résultats de cette étude ont confirmé que la contamination fécale joue un rôle très important dans la survenue d'*E. coli* O157 sur les carcasses de bœuf.

La contamination par les viscères peut être évitée par l'ensachage du rectum et la ligature de l'œsophage, un système de ligature du rectum complètement automatisé a été développé en Australie. Ce système a fait l'objet d'essais commerciaux et a montré une diminution significative des niveaux de contamination par *Escherichia coli*, par rapport au système manuel (LEEMON, 1997 cité par SHERIDAN, 1998)

D'autres sources de contamination tels que l'air, la conception de l'abattoir, la vitesse des lignes d'abattages peuvent augmenter la charge bactérienne des carcasses. PRENDERGAST et *al.* (2004) ont évalué l'effet de la conception des abattoirs sur les niveaux de contamination aérienne et la relation entre la contamination des carcasses et les niveaux de contamination des carcasses dans deux abattoirs de bœufs irlandais (abattoir A et B). En conclusion, cette étude a identifié l'air comme un vecteur potentiel de la contamination bactérienne et a démontré le besoin d'une séparation physique des zones « sales » et « propres », les méthodes utilisées pour déterminer la relation entre la contamination aérienne et la contamination des carcasses doivent être reconsidérées. Les résultats de cette étude ont montré des niveaux d'aérocontamination par les entérobactéries plus élevés dans l'abattoir B (construit sur deux étages) que dans l'abattoir A (système de rail linéaire sur un seul étage). Les données de cette étude montrent des niveaux d'aérocontamination plus élevés dans les zones réservées aux opérations sales (habillage, éviscération), cela est dû à la mise en suspension « aérosolisation » des bactéries lors des opérations d'habillage et d'éviscération.

II.1.4. Coliformes (totaux et thermotolérants)

Les niveaux de contamination globaux obtenus dans notre étude sont de $1,77 \log_{10}$ UFC/cm² et de $1,14 \log_{10}$ UFC/cm² respectivement pour les coliformes totaux et thermotolérants.

Concernant les coliformes totaux, les résultats de notre étude se rapprochent de ceux d'EL HADEF et *al.* (2005) qui ont obtenu un taux de contamination de $2,04 \log_{10}$ UFC/cm².

Des travaux de l'USDA qui ont porté sur 2100 échantillons, prélevés de Décembre 1993 – Novembre 1994, ont trouvé des niveaux de contamination ($1,60 \log_{10}$ UFC/cm²) similaires aux nôtres (HUFFMAN, 2002).

Nos résultats sont inférieurs à ceux de DAHMANI (2009) qui a rapporté des niveaux de contamination par les coliformes totaux de $3,80$ et $3,35 \log_{10}$ UFC/cm² pour la tuerie de Staoueli et Koléa respectivement.

Nos résultats sont également inférieurs à ceux annoncés par DENNAÏ et *al.* (2001) qui ont obtenus des taux de $3,85 \log_{10}$ UFC/cm².

Pour les coliformes thermotolérants, nous avons enregistré un niveau global de contamination de $1,14 \log_{10}$ UFC/cm².

EL HADEF (2005) a obtenu des résultats similaires aux nôtres avec un taux de contamination de $1,61 \log_{10}$ UFC/cm².

NOUICHI (2007) a enregistré des taux de contamination par les coliformes thermotolérants supérieurs au nôtres de $2,60 \log_{10}$ UFC/cm² sur un nombre d'échantillons de 20 carcasses bovines.

Même si la contamination par les coliformes « totaux et thermotolérants » semble être faible, elle doit être considérée comme importante, car la présence de coliformes indique celle d'*Escherichia coli* dont la présence sur la viande traduit une contamination fécale (JEAN LOUIS, 2007).

La contamination par les coliformes (totaux et thermotolérants) au cours de notre étude semble provenir des carences d'hygiène dans l'abattoir de Rouiba, le contact des carcasses avec le cuir des animaux, la mauvaise éviscération des carcasses, le comportement non hygiénique des manipulateurs lesquels n'ont aucune formation sur les règles d'hygiène d'abattage, les charges de travail importantes en début de semaine ou les animaux vivants sont présents dans la salle d'abattage en même temps que les carcasses dépouillées.

Un certain nombre d'études a porté sur l'effet de l'habillage des carcasses à des vitesses de lignes différentes (très lentes 160 têtes/jour à très rapide 6000 têtes/jour), les données obtenues en Nouvelle-Zélande suggèrent que la moyenne de la contamination fécale augmentait avec la vitesse de ligne (Bell, 1997). Par ailleurs, la relation entre la contamination des carcasses et la vitesse de ligne est influencée par un certain nombre de facteurs tels que la fatigue de l'opérateur, l'efficacité du matériel (couteaux), la durée des heures de travail, présence/absence de structures d'hygiènes appropriées « vestiaires, sanitaires, stérilisateur de couteaux » (ROBERT, 1980 cité par SHERIDAN, 1998).

L'abattoir de Rouiba a été construit à l'époque coloniale, et depuis aucune modernisation n'a été introduite, cet abattoir ne possède aucun système d'abattage mécanisé (système de rails aérien non mécanisé, arrachage du cuir manueletc.) ce qui peut augmenter la contamination par les coliformes. Nous supposons souvent que les progrès de la technologie ou l'automatisation accrue des chaînes d'abattage apportent des avantages concernant d'hygiène des carcasses. En termes généraux, les pratiques d'abattage sont développées pour intégrer les progrès mécaniques, mais les changements dans les pratiques et les dénombrements sur les carcasses ne sont pas constants.

Dans une usine de viande de bœuf en Australie pendant une période de 27 ans (1937-1964), aucun changement n'était manifesté dans le nombre de bactéries sur les carcasses, mais au cours des 14 années suivantes, une amélioration significative a été notée après l'introduction d'un système de rails mécaniques et d'autres modernisation dans l'abattoir (Grau, 1979 cité par SHERIDAN, 1998). En résumé, bien que l'automatisation puisse

clairement réduire la charge de travail du processus d'abattage et qu'elle soit technologiquement plus efficace, les avantages significatifs en termes d'hygiène des carcasses ne sont pas automatiquement réalisés lorsque ces systèmes sont mis en place.

III.2. Discussion de l'analyse fongique

Sur les 70 échantillons prélevés sur les carcasses bovines abattues dans l'abattoir de Rouiba, 100% des carcasses (soit 14 carcasses) ont présenté un développement de moisissures, contrairement aux levures dont seulement 42,86% (soit 6 carcasses) étaient contaminées.

III.2.1. Moisissures

L'occurrence la plus élevée des moisissures enregistrée sur les carcasses est celle de *Cladosporium sp* suivie par *Alternaria chlamydospora*, *Demaciae*, *Mucoral*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus sp* et *Penicillium sp*.

Les sites anatomiques les plus contaminés ont été l'épaule, suivie de la cuisse et du flanc qui ont présenté un même niveau de contamination.

La contamination de l'épaule pourrait être due au personnel qui les mains souillées de sang poussaient les carcasses par l'épaule.

La cuisse pourrait être contaminée lors du dépouillement des carcasses qui se fait à même le sol et par les matières en marge de l'anus.

La contamination du flanc est probablement due à la perforation des viscères au moment de leur enlèvement.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par EMPEY et SCOTT (1939) cité par DAVIS et BOARD (1998) qui ont isolé des espèces d'*Alternaria*, *Mucor* et *Penicillium* sur les surfaces des viandes de bœuf.

Nos données sont également similaires à ceux DAHMANI (2009) ayant identifié *Mucoral*, *Cladosporium* et *Penicillium sp* dans la tuerie de Koléa.

La plupart des moisissures isolées dans notre étude ont été également isolées des carcasses ovines et bovines par DAHMANI (2009) et BELAID (2007).

Les moisissures sont omniprésentes dans la nature et sont facilement transférables à la surface des viandes. Les moisissures qui sont communément associées à la viande, comme les espèces d'*Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* et *Penicillium* ont été isolées à partir de l'air en Nouvelle-Zélande par DI MENNA (1955) cité par DAVIS et BOARD (1998), de l'environnement et de l'abattoir de la surface des carcasses.

Plusieurs espèces de moisissures (*Cladosporium herbarum*) ont été isolées de l'air et du sol dans les prairies de bovins, dans les salles d'abattage, de refroidissement et de congélation, dans une usine de transformation du cuir des vaches, elles ont aussi été retrouvées de la toison des ovins et de la surface des carcasses en Nouvelle- Zélande (BAXTER et ILLSTON, 1976 ; BAXTER et ILLSTON ,1977).

La plupart des moisissures isolées dans notre étude sont celles cités comme étant les plus fréquemment rencontrées à la surface des viandes fraîches (JAY, 2005 ; DILLON et BOARD, 1991).

Les moisissures sont d'importants organismes d'altération, opportunistes de la viande rouge et des produits carnés, elles deviennent une source de préoccupation lorsque les conditions sont telles que la concurrence bactérienne est réduite comme les baisses de température associées à la réduction de l' A_w à la surface des carcasses ,ceci a longtemps était observé lors du ressuage des carcasses à l'air libre ou lors d'une réfrigération prolongée (WALKER et AYRES, 1970).

Plusieurs études ont rapportées que l'air était la principale source d'*Aspergillus* et *Penicillium*, ces espèces ont été fréquemment isolées à partir des planchers ainsi que sur les murs des abattoirs (REFAI et *al.*, 1993). En raison des effets économiques et de santé publique, des pays développés ont longtemps considéré le compte des champignons, comme un critère standard pour des conditions hygiéniques (ISMAIL et *al.*, 1995).

Les travaux d'ISMAIL et *al.* (1995) sur la contamination fongique des carcasses de bœufs et de l'environnement d'un abattoir égyptien, ont conclut que l'air, les murs, le sol et l'eau peuvent constituer une source importante de contamination des carcasses par les moisissures, *Aspergillus* est le seul genre fréquemment isolé à partir de l'air, de l'eau, des planchers, des murs et des carcasses de bœufs. D'autres flores ont été enregistrées à partir des carcasses et non pas sur l'environnement d'abattage, ces moisissures peuvent provenir du cuir des animaux, ceci doit être pris en considération dans d'autres études sur les sources de contamination des carcasses par les moisissures.

II.2.3. Levures

Nous avons isolés 7 espèces de levures à partir des carcasses bovines échantillonnées, qui sont par ordre décroissant : *Cryptococcus albidus*, *Torulopsis glabrata* et *Cryptococcus terreus*, les 4 espèces suivantes ont présenté la même occurrence : *Torulopsis globosa*, *Cryptococcus neoformans*, *Candida pseudotropicalis*, *Rhodotorula rubra*.

La majorité des espèces de levures isolées dans notre étude est connue comme étant parmi les plus fréquemment retrouvées à la surface des viandes fraîches comme démontré par plusieurs études (JAY et al., 2005 ; BELAID, 2007 ; DAHMANI, 2009 ; HAMAD, 2008).

Les sites les plus contaminés sur les carcasses dans notre étude sont : la cuisse, le dos suivi de l'épaule et de l'encolure, DAHMANI (2009) a également identifié la cuisse, l'épaule et l'encolure comme étant les sites les plus contaminés par les levures dans la tuerie de Koléa.

L'occurrence élevée des levures au niveau de la cuisse pourrait s'expliquer par le fait que c'est une zone de couchage très exposée à la contamination par les matières fécales et le sol qui est souvent contaminé par différentes espèces de levures. Malgré le fait que les levures soient une composante mineure de la population microbienne présente sur les échantillons de terre, elles représentent, cependant une proportion de 0,02 à 2,35% de la microflore de l'herbe et des navets, de 0,01 à 2,6% du sol des pâturages de moutons au Royaume-Uni et de 0,004 à 0,14 % des matières fécales, elles peuvent être une source de contamination des carcasses de viande (DILLON et BOARD, 1989).

Le dos présente un niveau de contamination élevé, cela est probablement dû au dépeçage du cuir qui est probablement contaminé par les levures en provenance du sol.

L'épaule est une région très manipulée par le personnel, peut être contaminée lors du dépeçage soit par les couteaux des opérateurs ou bien par le cuir généralement très souillé par les matières fécales et par le fumier provenant du sol.

L'encolure est probablement contaminée par les couteaux lors de la saignée.

Les cellules de levure sont facilement dispersées par l'air, les types de levures isolées et les prévalences dépendent de la saison, des conditions météorologiques et de la situation géographique (SMITH et ANDERSON, 1992). *Cryptococcus spp* représentait 42% des levures isolées de l'air en Nouvelle-Zélande, 18% étaient des espèces de levures pigmentées du genre *Sporobolomyces* et *Rhodotorula* (DI MENNA, 1955).

L'étude des levures alimentaires peut également être entravée par la diversité des méthodes utilisées pour isoler ces micro-organismes. Chaque méthode imposée sélective de certains paramètres isole uniquement les espèces les plus tolérantes de ces conditions

(température, durée d'incubation, milieux de cultures). Ainsi les comparaisons entre les études sont très difficiles (DAVIS et BOARD, 1998).

LOWRY (1984) rapporte que *Candida sp* et *Cryptococcus sp* retrouvées sur les carcasses d'agneaux ont été dominants en hivers alors que *Rhodotorula glutinis* a été l'espèce la plus isolée en été.

Si les levures sont transférées aux carcasses à partir du sol contaminé, un faible pourcentage de levures (<5%) représenterait la microflore isolée des échantillons de terre, ce faible pourcentage serait aussi retrouvé sur les cuirs des animaux et ensuite sur les carcasses (EMPEY et SCOTT, 1939 cité par DAVIS et BOARD, 1998). Ainsi, les levures représenteraient moins de 5% de la microflore de surface des carcasses d'agneaux, ce niveau reste constamment bas pendant toute les opérations d'abattage (LOWRY, 1984 cité par DAVIS et BOARD, 1998; DILLON et BOARD, 1989).

Les travaux de BELAID (2007), DAHMANI (2009) ont montré que certaines espèces de levures ont été isolées à la fois sur les carcasses, le personnel, les outils d'abattage et le bâtiment, cela révèle la présence d'une contamination croisée entre les différentes sources. A partir de ses résultats, nous pourrions déduire que le matériel et le personnel peuvent être des vecteurs et /ou des sources de contamination pour les carcasses.

La présence de *Cryptococcus neoformans*, levure saprophyte des oiseaux, très pathogène pour l'homme pourrait s'expliquer par les déjections et les nids des pigeons dans les salles d'abattage.

Torulopsis glabrata a pris une place très importante en pathologie humaine. Il semble qu'elle soit une levure commensale des voies génito-urinaires chez l'homme. Elle représente actuellement environ 15 % de toutes les levures isolées chez l'homme. (ASSOCIATION BIOLOGIE PRATICIENNE, 2010), son isolement témoigne du comportement non hygiénique du personnel.

Candida, *Cryptococcus* et *Rhodotorula sp* ont été récupérés à la surface des carcasses d'agneaux. *Cryptococcus curvatus*, *Cryptococcus famata*, *Candida glabrata*, *Candida mesenterica*. *Cryptococcus albidus*, *Cryptococcus laurentii*, *Rhodotorula. Minuta* et *Rhodotorula. Mucilaginosa* ont été également isolées à la surface des carcasses d'agneaux (DILLON et al., 1991).

Dans l'étude de DAHMANI (2009), certaines espèces ont été isolées sur les carcasses seulement, comme : *Candida krusei*, *Cryptococcus albidus*, *Geotricum candidum*, *Trichosporon cutaneum*, ce qui pourrait laisser à penser que la contamination pourrait provenir de l'animal lui-même, par sa peau, ses matières fécales et ses muqueuses. Donc en

plus du milieu environnant des carcasses, les animaux seraient une source importante de contamination des carcasses.

Conclusion et recommandations

La contamination superficielle des carcasses est le résultat des manipulations nécessaires pour la transformation des animaux vivants en viandes. Cette contamination peut influencer le maintien de la qualité hygiénique de la viande et peut être dangereuse pour la santé publique.

Le suivi bactériologique des carcasses de bœufs est le seul moyen de surveillance en matière d'hygiène des abattoirs, c'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude dont l'objectif était d'évaluer le niveau d'hygiène sur une chaîne d'abattage de bovins à l'aide d'examen bactériologiques de surface dans le respect des notes de service accompagnant la **Décision Européenne « 2001/ 471/ CE »**. En l'absence d'une réglementation algérienne, la décision européenne classe nos résultats obtenus dans l'abattoir de Rouiba comme **marginaux** pour la flore aérobie mésophile totale et les entérobactéries.

Les levures et les moisissures sont omniprésentes dans l'environnement de l'animal, plusieurs sources de contamination telles que la peau des animaux, les muqueuses, le sol, l'air et l'eau peuvent contaminer les carcasses d'animaux au cours des opérations d'abattage, bien que nous ayons isolés plusieurs espèces de levures (*Cryptococcus albidus*, *Torulopsis glabrata*, *Cryptococcus terreus*etc.) et de moisissures (*Cladosporium sp*, *Alternaria chlamydospora*etc.) sur les carcasses bovines, il semblerait que la flore fongique devient une source de préoccupation majeure lorsque les conditions sont telles que la concurrence bactérienne est réduite (température de 0°C, baisse de l' A_w à la surface des carcasses). Les levures et moisissures restent cependant, des organismes d'altérations opportunistes dont le développement à la surface des viandes peut avoir des conséquences sanitaires et économiques importantes.

Les niveaux relativement élevés des entérobactéries et des coliformes, reflètent une contamination fécale des carcasses, les principales opérations de contamination des carcasses sont le dépouillement et l'éviscération. Si l'éviscération est réalisée correctement (ensachage du rectum) le contenu viscéral ne contribue pas à la contamination des carcasses de façon significative (MCEVOY et al., 2000). Cependant les observations faites au cours de notre étude nous permettent d'avancer que l'éviscération est une étape très polluante du fait des méthodes d'abattages artisanales dans l'abattoir examiné. Par ailleurs il est d'une importance capitale de contrôler les sources de contamination fécales des carcasses.

Il ressort de notre étude une insuffisance des installations et des équipements ce qui a fortement contribué aux niveaux de contaminations élevés des carcasses, même si le contrôle sanitaire des carcasses est réalisé par une équipe d'inspecteur vétérinaire, il conviendrait de revoir la conception

de cet abattoir (murs, sol, rails, matériel d'abattage), de moderniser les chaînes d'abattage en introduisant une automatisation des procédés d'abattage (comme l'arrachage mécanique du cuir), des salles de ressuage et des chambres froides et en respectant les règles d'hygiène rigoureuse comme le lavage fréquent des mains, la stérilisation des couteaux, la spécialisation des mains et des outils. Le nettoyage et la désinfection des locaux doivent être effectués à la fin de chaque opération d'abattage.

En cas d'obtention de résultats marginaux, la **Décision Européenne 2001/471/CE** oblige le responsable de l'abattoir à déclencher une action en vue de réexaminer les contrôles de processus, d'en déceler la cause si possible et d'en empêcher la répétition. Ses mesures visent à rétablir les bonnes pratiques d'hygiène et le respect des procédures HACCP. L'hygiène de l'abattage doit être améliorée et le contrôle des procédures doit être vérifié

En vue de réduire les risques associés à la présence de pathogènes d'origine alimentaire sur les carcasses et les pertes économiques qui en découlent, plusieurs pays comme les États-Unis, le Canada et l'Union Européenne, ont imposés des mesures de gestion des risques biologiques pour l'industrie de la viande basées sur l'application de la méthode HACCP afin d'assurer des interventions à des points de contrôle critique dans le processus d'abattage pour l'amélioration de l'hygiène des carcasses à des niveaux acceptables (CORANTIN *et al.*, 2005). Toutefois, il convient de garder à l'esprit que même dans le meilleur des abattoirs la prévention totale de la contamination des carcasses est irréalisable dans les conditions commerciales (NORRUNG et BUNCIC, 2008).

Différentes méthodes ont été envisagées pour la prévention et la réduction de la contamination de surface des carcasses par des bactéries. Aucune ne permet de stériliser les carcasses sans en altérer la qualité ou empêcher la recontamination ultérieure. Il semblerait que l'utilisation de l'eau chaude et le Steam vacuum soient les méthodes de décontamination les plus efficaces, méthodes qui ont prouvé leur innocuité pour le produit et le consommateur, cependant ces technologies s'avèrent être coûteuses du fait du volume d'eau utilisé par carcasse et de la nécessité d'un local à part pour éviter la dissémination des micro-organismes dans l'air.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFSSA ., 2001 ; Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux risques microbiologiques comparés susceptibles d'être rencontrés lors du retrait des vertèbres en ateliers découpe et en boucheries ; Saisine n° 2001-SA-0146. 3 pages.

AFSSA .,2006 ; Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux méthodes alternatives à la décontamination chimique des carcasses Saisine n°2006-SA-0261 . 10 pages.

Agence Fédérale pour la Sécurité de la chaîne alimentaire (AFSCA) ., 2008 ; Fil conducteur pour la validation des systèmes d'autocontrôle des abattoirs pour les ongulés domestiques. 62 pages.

URL : http://www.favv.be/autocontrole-fr/outilsspecifiques/abattoirs/_documents/2008-02-05_Fil_conducteurpour_abattoir01-2008fr.pdf (page consultée le 15/03/2010).

Aslam M ., Greer G G ., Nattress F M ., Gilll C O ., McMullen L M., 2004 ; Genotypic analysis of *Escherichia coli* recovered from product and equipment at a beef-packing plant. *J Appl Microbiol* ; 97 : 78-86.

Aslam M ., Nattress F ., Greer G., Yost C ., Gill C ., McMullen L ., 2003 ; Origin of contamination and Genetic Diversity of *Escherichia coli* in Beef Cattle. *Appl Environ Microbiol* ; 69 (5) : 2794-2799.

Association de biologie praticienne : mycologie ., 2010 ; Résultats des confrontations de Biologie Médicale . 8 pages.

URL : <http://www.abiopratt.com/resultats/mycologie/MYCO101.pdf> (page consulté le 14/02/2011).

Aymerich T ., Picouet P A ., Monfort J.M ., 2008 ; Decontamination technologies for meat products. *Meat Sci* ; 78 : 114-129.

Bacon R T., Belk, K E., Sofos J N., et al. 2000 ; Microbial populations on animal hides and beef carcasses at different stages of slaughter in plant employing sequential intervention of

decontamination. *J Food Prot* ; 63 (8) : 1080-1086 In Vallonton F M ., 2004 ; Evaluation de l'hygiène sur une chaîne d'abattage bovin à l'aide d'examen bactériologiques de surface. Thèse de Docteur Vétérinaire .Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ; 75 pages.

Belaid R ., 2007 ; Contribution à l'étude de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses bovines dans les abattoirs d'El Harrach-Alger. Mémoire de magistère en sciences vétérinaires .Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire ; 102 pages.

Baxter M ., Illston G M ., 1976 ; Psychrotrophic meat spoilage fungi within a freezing works. *New Zealand Vet. J* ; 24 :80-177.

Baxter M ., Illston G M ., 1977 ; Environmental reservoirs of psychrotrophic meat spoilage fungi. *New Zealand Vet. J*; 25 : 165-7.

Baxter M ., Illston G.M ., 1977 ; Environmental reservoirs of psychrotrophic meat spoilage fungi. *New Zealand Vet. J*; 25 : 7-165.

Bell R G .,1997 ; Distribution and sources of microbial contamination on beef carcasses. *J Appl Microbiol* ; 82 : 292-300.

Benedict R C ., Shultz F J ., Jones S G ., 1991 ; Attachment and removal of *Salmonella spp* on meat and poultry In Dickson J.S ., Anderson M E., 1992 ; Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing sanitizing system : A review. *J Food Prot* ; 55.(2) : 133-140.

Bolton, D.J., Byrne C., Sheridan J.J ., 1997 ; The transfer of *Escherichia coli* 0157:H7 from the contaminated hide to the carcass during routine slaughter In Sheridan J J ., 1998 ; Sources of contamination during slaughter and measures for control. *J Food Saf* ; 18 : 321-339.

Bonnefoy C ., Guillet F ., Leyral G ., Verne-Bourdais E ., 2002 ;Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires .Ed Doin ;France ; Pages :101- 107.

Bourgeois, C.M., Mescle, J.F., Zucca J ., 1996 .; Microbiologie alimentaire. Tom1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. *Ed Tech & Doc* ; Londres- Paris-New York : 704 pages.

Brichta-Harhay M D ., Guerini M N, Arthur T M ., Bosilevac J M., Kalchayanand N ., Shackelford S D ., Wheeler T L ., Koohmaraie M ., 2008 ; *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 Contamination on Hides and Carcasses of Cull Cattle Presented for Slaughter in the United States: an Evaluation of Prevalence and Bacterial Loads by Immunomagnetic Separation and Direct Plating Methods. *Appl Environ Microbiol* ; 74 (20) : 6289–6297.

Brugere H ., 2009 ; E. coli entérohémorragiques, un point critique en abattoir : utopie ou réalité : Application de la démarche HACCP pour l'identification d'étapes de maîtrise .Présentation steak expert . 11 pages.

URL : http://www.steakexpert.fr/IMG/pdf/Presentation_H_Brugere.pdf (page consulté le 03/05/2011).

Buncic S ., 2006.; Integrated food safety and veterinary public health *In* Borrung B ., Buncic S ., 2008 ; Microbial safety of meat in the European Union. *Meat Sci* ; 78 :14-24.

Byrne B ., Dunne G ., Lyng J ., Bolton D J ., 2005 ; Microbiological carcass sampling methods to achieve compliance with 2001/471/E.C and new hygiene regulations. *Res Microbiol* ; 156 (1) : 104-106.

Capita R M ., Prieto M ., Alenzo-calleya C ., 2004 ; Sampling methods for microbiological analysis of red meat and poultry carcasses. *J Food Prot* ; 67: 1303-1308.

Carlier V ., Rozier J ., Bolnot F ., 1985 ; bases microbiologiques de l'hygiène des aliments. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort . 232 page.

Cartier P ., 1990 ; Méthodologie de contrôle de la qualité hygiénique d'un avant de bovins *In* Dennaï N ., Kharrati B ., El yachioui M ., 2001 ; Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus. *Ann. Méd. Vét* ; 145 : 270-274.

Cartier P ., 1993 ; Importance, origine et mode d'appréciation de la contamination salmonellique des carcasses de bovins: examen de 222 vaches de réforme *In* Dennaï N ., Kharrati B ., El yachioui M ., 2001 ; Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus. *Ann. Méd. Vét* ; 145 : 270-274.

Cartier P ., 1994 ; Hygiène en amont de l'abattage. Evolution de la charge bactérienne et de l'état de propreté de cuirs de gros bovins de la ferme au poste de dépouille. Compte rendu d'étude. Interbev – Institut de l'Elevage *In* Cartier P ., Points de repères en matière de qualité microbiologique Viandes bovines . *Viandes Prod Carnés ; hors série* ; 10^{èmes} Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes. Pages ; 175- 179.

Cartier P ., 1997 ; Le point sur de la qualité microbiologique de la viande bovine. Institut de l'élevage *In* Cartier P ., Points de repères en matière de qualité microbiologique Viandes bovines . *Viandes Prod Carnés ; hors série* ; 10^{èmes} Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes. Pages ; 175- 179.

Cartier P ., 2007 ; Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins .Institut de l'élevage. *Collec « le point sur »*. 70 pages.

Centre de Promotion et de Recherche de la Chambre des Métiers (C P R C M) ., 1999 ; Guide de bonnes pratiques d'hygiène pour bouchers-charcutiers . *Ed* Chambre des métiers . 94 pages.
URL : http://www.cdm.lu/pls/CDM/download_file?id=92675&lg=FR&td=PB (page consultée le 05/05/2010).

CERTIVIANDE ,2004 ; Guide de Bonnes Pratiques Hygiéniques en abattage de bovins. En cours de publication.

URL : http://www.inst-elevage.asso.fr/IMG/pdf/05-Guide_Bonnes_Prats_Hyg.pdf (page consultée le 20/07/2010).

Codex Alimentarius ., 2005 ; Code d'usages en matière d'hygiène pour la viande.55 pages.

URL : www.codexalimentarius.net/download/standards/10196/CXP_058f.pdf (page consultée le 13/06/2010).

Codex Alimentarius .,1996 ; Distribution du rapport de la vingt-neuvième session du Comité du Codex sur l'hygiène alimentaire, ALINORM 97/13A. 58 pages.

URL : www.codexalimentarius.net/download/report/111/al9713af.pdf (pages consulté le 06/04/2011).

Comité scientifique de l'AFSCA ., 2006 ; Critères d'hygiène des procédés en ce qui concerne le nombre de colonies aérobies, les *Enterobacteriaceae* et *Salmonella* .8 pages.

URL : http://www.favv.be/home/com-sci/doc/avis06/AVIS39-2006_Fr_DOSSIER2006-1.pdf (page consultée le 15/03/2010).

Conseil Fédérale Suisse ., 2005 ; Ordonnance concernant l'abattage d'animaux et le contrôle des viandes (OAbCV). 32 pages. URL : <http://www.admin.ch/ch/f/rs/8/817.190.fr.pdf> (page consultée le 20/01/2010).

Corantinh H ., Quessy S ., Gaucher M L ., Lessard L ., Leblanc D ., Houde A ., 2005 ; Effectiveness of steam pasteurization in controlling microbiological hazards of cull cow carcasses in a commercial plant . *The Can J Vet Res* ; 69 : 200–207.

Dahmani A ., 2009 ; Contribution à l'évaluation de l'état d'hygiène de deux tueries (Koléa et Staoueli) par une étude bactériologique et fongique. Mémoire de magistère en sciences vétérinaires . Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire ; 91 pages.

Danish Meat Institute ., 2010 ; New steam vacuum suction tool – Tubular 5 – a methode to improve slaughter hygiene. 1page.

URL: http://dmri-shop.dk/images/steamtools/dokumenter/New_steam_vacuum_suction_tool.pdf (page consultée le 08/01/2011).

Delarras C ., 2007 ; Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. *Ed Tech & Doc – Lavoisier* ; France : 467 pages.

Di Menna. M.E. .,1955 ;A quantitative study of air-borne fungus spores in Dunedin, New Zealand *In* Davis R A ., Board R G ., 1998 ; Microbiology of meat and poultry .Ed Blacki academic & Professional First edition ; London, Weinheim , New York , Melbourne , Madras ; Pages.89-111.

Dickson J.S ., Anderson M E., 1992 ; Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing sanitizing system : A review. *J Food Prot* ; 55.(2) : 133-140.

Dillon V M ., Board R G .,1989;The significance of the yeast: bacteria ratio in contamination of lamb products. *Lett Appl. Microbiol* ; 8 : 3-191.

Dillon V M ., Board R G ., 1991; Yeasts associated with red meats. *J. Appl. Bacteriol*; 71 :93-108.

Dillon. V M ., Davenport R R ., Board R G ., 1991 ; Yeasts associated with lamb. *Mycolog. Res.*; 95: 57-63.

Direction Générale de l'Alimentation DGAL ., 2007 ; Inspection des établissements élaborant des produits carnés et agréés à l'exportation vers les Etats - Unis (consolidation). 45 pages.
URL : <http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dgaln20078061z.pdf> (page consultée le 30/02/2011).

Dorsa W J ., Cutter C N ., Siragusa G R ., 1996 ; Evaluation of six sampling methods for recovery of Bacteria from beef carcass surfaces. *Lett Appl Microbiol* ; 22 (1): 39-41.

Dorsa W J ., Cutter C N., Siragusa G.R ., Koohmaraie M ., 1996 ; Microbial decontamination of beef and sheep carcasses by steam, hot water spray washes and a steam-vacuum sanitizes. *J Food Prot* ; 59 : 127-135.

Dorsa W J., 1997 ; New and established carcass decontamination procedures commonly used in the beef processing industry. *J Food Prot* ; 60 : 1146-1151.

Ecocert Groupe ., 2010 ; Guide pratique abattoirs, ateliers de découpe et boucheries : les bonnes pratiques à adopter . pages 7.

URL : <http://www.ecocert.fr/sites/www.ecocert.fr/files/ID-SC-190-guide-pratique-abattoirs-ateliers-de-decoupe-et-boucheries-23-11-10.pdf> (page consulté le 06/05/2011).

EFSA ., 2006 ; The community summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents, antimicrobial resistance and foodborne outbreaks in the European Union in 2005. *The EFSA Journal* ; 94 : 1-236.

Elder R O ., Keen J E ., Siragusa G R., Barkocy-Gallagher G A ., Koohmaraie M., Laegreid W W ., 2000 : Correlation of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157 prevalence in feces, hides, and carcasses of beef cattle during processing. *Appl Microbio Sci* ; 97 (7) : 2999-3003.

Empey W A ., Scott W J ., 1939 ; Investigations on chilled beef. Part I. Microbial contamination acquired in the meatworks *In* Davis R A ., Board R G ., 1998 ; Microbiology of meat and poultry .Ed Blacki academic & Professional First edition ; London, Weinheim , New York , Melbourne , Madras ; Pages.89-111.

FAO/OMS. 2004. Projet de Code d'usages en matière d'hygiène pour la viande. Rapport de la 10^e session de la Commission du Codex sur l'hygiène de la viande. Alinorm 04/27/16.

Rome.91 pages.URL : ftp://ftp.fao.org/codex/Alinorm04/AL04_16f.pdf (pages consultées le 09/02/2010).

Federighi M ., 2005 ; Bactériologie alimentaire : compendium d'hygiène des aliments. *Ed Economica* ; France : Pages 242-260.

Ferrando R ., Drieux H ., Jacquot R ., 1962 ; Caractéristiques alimentaires de la viande de boucherie. *Ed Vigot Frères* ; Paris 6 ;95 pages

Ghafir Y ., Cornelis M ., Jouret M ., Dierick K ., De Zutter L ., 2002 ; Détermination de critères microbiologiques pour le contrôle régulier de la contamination fécale et de l'hygiène générale dans les établissements belges producteurs de viande . *Viandes Prod Carnés ; hors serie* ; 189-190.

Ghafir Y ., Daube G ., 2007 ; Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale. *Ann. Méd. Vét.* ; 151 : 79-100.

Ghafir Y 2008 ; Pertinence des indicateurs de contamination fécale pour surveiller et maîtriser la contamination par *salmonella* et *campylobacter* dans les filières belges de production de viande. Extraits de la thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences vétérinaires. Université de Liège faculté de médecine vétérinaire ; Département des sciences des denrées alimentaires ; 704 pages.

Gill C O ., Bryant J ., 1997 ; Decontamination of Carcasses by Vacuum-hot Water Cleaning and Steam Pasteurizing during Routine Operations at a Beef Packing Plant. *Meat Sci* ; 41: 267-276.

Gill C O ., JONES T ., 2000 .; Microbiological sampling of carcasses by excision or swabbing. *J Food Prot* ; 63 (2) : 167-173.

Gill C.O., Deslandes B ., Rahn K ., Houde A ., Bryant J ., 1998 ; Evaluation of the hygienic performances of the processes for beef carcass dressing at 10 packing plants. *J Appl Microbiol* ; 84 :1050-1058.

Gill C.O., McGimms, J C., Bryant J ., 1998 ; Microbial contamination of meat during the skinning of beef carcass hindquarters at three slaughtering plants. *Inter J Food Microbiol* ; 42 : 175-184.

Grant B ., 1986 ; Evaluation de la contamination microbienne superficielle des viandes par ATP-métrie. Thèse de médecine vétérinaire. Maisons Alfort ; 86 pages.

Hajmeer M N ., Marsden J L ., Fung D Y C ., Kemp G K ., 2004 ; Water, sodium chloride and acidified sodium chlorite effects on *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* on beef briskets. *Meat Sci* ;68 : 277–283.

Hamad B ., 2008 ; Contribution à l'étude de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses camelines au niveau de l'abattoir d' El – Oued. Mémoire de magistère en sciences vétérinaire. Département des sciences vétérinaires El Khroub ; 120 pages.

Hathaway S ., 2006 ; Bonnes pratiques pour l'industrie de la viande . FAO ; 95pages.

Hathaway S ., Mckenzie A I .,1991; Meat inspection in New Zealand: Prospects for change. *New Zealand Vet J* ; 39: 1-7.

Heinemann S ., Beguin H ., Nolard N ., 1994 ; Biocontamination in airconditioning : Health implications of fungi in indoor environments. *Ed R. A.Samson. Amsterdam, Elsevier. 179 pages.*

HO Thi Nguyet T ., 2008 ; Etude de la flore lactique du nem chua, produit carné fermenté cru traditionnel du sud Vietnam et maîtrise du processus de fermentation par ajout de souches lactiques sélectionnées spécifiques du produit. Thèse pour obtenir le grade de docteur es sciences des aliments et nutrition. Université Bordeaux 1 ; 201 pages.

Huffman R D ., 2002 ; Current and future technologies for the decontamination of carcasses and fresh meat. *Meat Sci* ; 62 : 285-294.

Humphrey T J ., Lanning D G ., Leeper D .,1984 ; The influence of scald water pH on the death rates of *Salmonella typhimurium* and other bacteria attached to chicken skin. *J Appl Bacteriol* ; 51 : 355-359.

Hutchison M L ., Nicholson F A ., Smith K A ., Keevil C W., Moore A ., 2000 ; A study on farm manure applications to agricultural land and an assessment of the risks of pathogen transfer into the food chain *In* Norrung B ., Bunsic S ., 2008 ; Microbial safety of meat in the European Union. *Meat Sci* ; 78: 14-24.

IFIP institut du porc ., 2008 ; Qualité des viandes et segmentation des produits ; bilan d'activité 2008 .Pages 52-55 .

URL : www.itp.asso.fr/ouverturepdf.php?file=qualite.pdf (page consulté le 12/04/2011).

Ismail M A ., Abou Elala A H ., Nasser A ., Michail D G ., 1995 ; fungal contamination of beef carcasses and the environment in a slaughterhouse . *Food Microbiol* ; 12 : 441-445.

ISO 17604 ., 2003 ; Microbiology of food and animal feeding stuffs - Carcass sampling for microbiological analysis. *Ed ISO* ; 18 pages.

ISO 6887-2 .,2004 ; Microbiologie des aliments - Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique - Partie 2 : règles spécifiques pour la préparation des viandes et produits à base de viande. *Ed ISO*.

Jay J M ., Loessner M J ., Golden D A., 2000 ; Modern food microbiology. Food science text series. *Ed Springer Science & Buniss Media*. 6e Edition ; 637 pages.

Jay J M ., Loessner M J ., Golden D A .,2005 ; Modern food microbiology . Food science text series. *Ed Springer Science & Buniss Media* . 7e Edition ; Pages473-492 et 63-80.

Jay M ., 2009 ; Elaboration d'un modèle expérimental d'étude de la contamination d'origine digestive de surface des viandes-application au danger *Campylobacter*. Thèse de Docteur Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes ; 149 pages.

Jean Louis CUQ ., 2007 ; Microbiologie alimentaire contrôle microbiologique des aliments. Manuel technique. Polytech Département Sciences et Technologies des Industries Alimentaires.

Jericho K W F , John A. Bradley J A ., Kozub G C ., 1994 ; Microbiological Evaluation of Groups of Beef Carcasses: Heifers and Steers. *Can J Vet Res* ; 58: 185-188.

Jordan D .,Phillips D .,. Sumner J ., Morris S . Jenson I ., 2007; Relationships between the density of different indicator organisms on sheep and beef carcasses and in frozen beef and sheep meat. *J Appl Microbiol* ; 102 : 57-64.

Journal Officiel des Communautés européennes ., 2001 ; Décision de la commission du 8 juin 2001, 2001/471/CE. 6 pages.

URL : [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:154:0066:0067:FR:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:154:0066:0067:FR:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:154:0066:0067:FR:PDF) (page consultée le 01/03/2010).

Khalifa A ., 1986 ; Origines de la contamination superficielle à l'abattoir, techniques de prélèvement *In Mocho J P ., 2005 ; Evaluation de l'hygiène sur une chaîne d'abattage ovin à l'aide d'examen bactériologiques de surface des carcasses. Thèse de Docteur Vétérinaire .Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ; 51 pages.*

King D A .,. Lucia L M, Castillo A .,. Acuff G.R., Harris K B .,. Savell J.W.,2005 ; Evaluation of peroxyacetic acid as a post-chilling intervention for control of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella Typhimurium on beef carcass surfaces. *Meat Sci* ; 69 : 401-407.

Kochevar S L ., Sofos J N ., Bohn R R ., Reagan J.O ., Smith G C., 1997 ; Steam vacuuming as a pre-evisceration intervention to decontaminate beef carcasses. *J.Food.Prot* ; 60: 107-113.

Kochevar S.L ., Sofos J.N ., Levalley S.B ., Smith G.C ., 1997 ; Effect of water temperature, pressure and chemical solution on removal of fecal material and bacteria from lamb adipose tissue by spray-washing. *Meat Sci* ; 45 (3) : 377-388.

Labadi J ., 2006 ; les Ecosystèmes microbiens dans les produits carnés . *Viandes Prod Carnés ; hors série* ; 11^{èmes} Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes. Pages : 147 - 152.

Larpent J P ., 1998 ; Microbiologie alimentaire : techniques de laboratoire .Ed Tech & Doc : Pages 134-158.

Laval A., Fournaud F., Cartier P ., 1997 ; Salmonellose et filière viande bovine *In* Cartier P . 2004 ; points de repères en matière de qualité microbiologique : viandes bovines. *Viandes Prod Carnés ; hors série* ; 10^{èmes} Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes. Pages : 175-179.

Lawson L G ., Jensen J D ., Christiansen P., Lund M ., 2009 ; Cost-effectiveness of Salmonella reduction in Danish abattoirs. *Inter J Food Microbiol* ; 134 :126-132.

Levine W C ., Stephenson W T ., Craun M P H ., 1991 ; Waterborne disease outbreaks, 1986-1989. *J Food Prot* ; 54: 71-78.

Leyral G ., Vierling E ., 1997 ; Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaires. *Ed DOIN* ; France: Pages :54-55 et 81-85.

Leyral G ., Vierling E ., 2007 ; Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaires. *Ed Doin* ; France ;Pages : 82 - 90.

Loretz M ., Stephan R ., Zweifel C ., 2011 ; Antibacterial activity of decontamination treatments for cattle hides and beef carcasses : Review. *Food. Contr* ; 22 : 347-359.

Lowry P.D .,1984 ; Limiting conditions for yeast growth on frozen meat. Proceedings of the 30th European Meeting of Meat Research Workers *In* Davis R A ., Board R G ., 1998 ; Microbiology of meat and poultry .Ed Blacki academic & Professional First edition ; London, Weinheim , New York , Melbourne , Madras ; Pages.89-111.

Mackey B M ., Roberts T A ., 1993 ; Improving slaughter hygiene using HACCP and monitoring *In* Tergney A., Bolton D J .,2006 ; Validation studies on an online monitoring system for reducing faecal and microbial contamination on beef carcasses. *Food Contr* ;17 : 378-382.

McEvoy J M ., Doherty A M ., Sheridan J J ., Blair I S ., McDowell D A ., 2003 ; The prevalence of *Salmonella* spp. in bovine faecal, rumen and carcass samples at a commercial abattoir. *J Appl Microbiol* ; 94 : 693-700.

McEvoy J M ., Doherty A M ., Finnerty M ., Sheridan J J ., McGuire L ., Blair I S.,McDowell D A ., Harrington D .,2000 ; The relationship between hide cleanliness and bacterial numbers on beef carcasses at a commercial abattoir. *Letters Appl Microbiol* ; 30 : 390-395.

McEvoy J.M ., Doherty A M ., Sheridan J.J ., Thomson-Carter F.M ., Garvey P., McGuire L., Blair I S ., McDowell D A ., The prevalence and spread of *Escherichia coli* O157:H7 at a commercial beef abattoir. *J Appl Microbiol* ; 95 : 256-266.

Merle E ., 2005 ; Application de la méthode HACCP en abattoir : bilan de deux années de mise en œuvre. Thèse de Docteur Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ; 101 pages.

Minvielle B ., Rugraff Y ., 1999 ; Intérêt de l'ATP-métrie pour la validation et l'optimisation du nettoyage-désinfection dans le secteur abattage-découpe. *Techni Porc* ; 22 (5) : 5-9.

Mocho J P ., 2005 ; Evaluation de l'hygiène sur une chaîne d'abattage ovin à l'aide d'examen bactériologiques de surface des carcasses. Thèse de Docteur Vétérinaire .Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ;57 pages.

Nastasijevic I ., Mitrovic R ., Buncic S .,2008 ; Occurrence of *Escherichia coli* O157 on hides of slaughtered cattle. *Letters Appl Microbiol* ; 46 : 126-131.

Nastasijevic I ., Mitrovic R ., Buncic S., 2009 ; The occurrence of *Escherichia coli* O157 in/on faeces, carcasses and fresh meats from cattle. *Meat Sci* ; 82 :101-105.

Norrung B ., Bunsic S ., 2008 ; Microbial safety of meat in the European Union. *Meat Sci* ; 78: 14-24.

Notermans, S., Gallhof, G ., Zwietering M ., Mead G C ., 1995 ; Identification of critical control point in the HACCP system with a quantitative effect on the safety of food products. *Food Microbiol* ;12 : 93-98.

Nouichi S ., 2007 ; Contribution à l'étude de la contamination bactérienne superficielle des carcasses ovines et bovines à l'abattoir d'El Harrach. Mémoire de magistère en sciences vétérinaire ; 92 pages.

Office Vétérinaire Fédéral OVF ., 2008 ; Instructions relatives à l'exécution des analyses microbiologiques dans le cadre de l'autocontrôle des abattoirs. 9 pages.URL : www.bvet.admin.ch/themen/lebensmittel/01299/index.html (page consultée le 13/03/2010).

Pearce R A ., Bolton D J., 2005 ; Excision vs sponge swabbing : a comparison of methods for the microbiological sampling of beef, pork and lamb carcasses. *J Appl Microbiol* ; 98 : 896-900.

Phebus R K ., Nutsh A L ., Schafer D E ., Wilson R.C ., Riemam M J ., Leising J D ., Kastner J D ., Wolf J R ., Prasai R.K ., 1997; Comparaison of steam pasteurization and other methods for reduction of pathogens on surfaces of freshly slaughtered beef. *J Food Prot* ; 60: 476-484.

Pipek P M ., Houska M ., Jelenikova J ., Kyhos k, Hoke B ., Sikulova M ., 2005 ; Microbial decontamination of beef carcasses by combination of steaming and lactic acid spray. *J Food Engin* ; 67 :309-315.

Prendergast D M ., Daly D J ., Sheridan J J ., McDowell D.A ., Blair I S., 2004; The effect of abattoir design on aerial contamination levels and the relationship between aerial and carcass contamination levels in two Irish beef abattoirs. *Food Microbiol* ; 21 : 589-596 .

Rahkio T.M., Korkeala H J ., 1997 ; Airborne bacteria and carcass contamination in slaughterhouses *In* Prendergast D M ., Daly D J ., Sheridan J J ., McDowell D.A ., Blair I S., 2004; The effect of abattoir design on aerial contamination levels and the relationship between aerial and carcass contamination levels in two Irish beef abattoirs. *Food Microbiol* ; 21 : 589-596 .

Ray B ., 2001 ; Indicators of bacterial pathogens *In* Ghafir Y 2008 ; Pertinence des indicateurs de contamination fécale pour surveiller et maîtriser la contamination par *salmonella* et *campylobacter* dans les filières belges de production de viande. Extraits de la thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences vétérinaires. Université de Liège faculté de médecine vétérinaire ; Département des sciences des denrées alimentaires ; 704 pages.

Refai M., Mansour N., El-naggara., Abdelaziz A ., 1993 ; Fungal flora in modern Egyptian abattoir *In* Ismail MA ., Abou Elala AH ., Nasser A ., Michail DG ., 1995 ; fungal contamination of beef carcasses and the environment in a slaughterhouse . *Food Microbiol* ; 12 : 441-445.

Roberts T A ., 1980 ; Contamination of meat: the effects of slaughter practices on the bacteriology of the red meat carcass. *Royal SOC. Health* ;100 : 3-9.

Roquebert M.F., 1997 ; Les moisissures: nature, biologie et contamination.

URL : <http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/cours/roqueber.htm#&4> (page consulté le 05/02/ 2010).

Rosset R ., Liger R ., 1982 ; Nature des porteurs de germes *In* Cartier P., 2004 ; Points de repères en matière de qualité microbiologique : viandes bovines. *Viandes Prod Carnés ; hors série* ; 10^{èmes} Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes . Pages : 175-179.

Salifou C F A 1., Salifou S 1., Tougan P U 1 ., Ahounou G.S. 1., Youssao A.K.I .,2010 ; Evaluation de l'hygiène du procédé d'abattage aux abattoirs de Cotonou-Porto-Novo à l'aide d'examen bactériologique de surface . *Viandes Prod Carnés ; hors série* 13^{èmes} Journées Sciences du Muscle et Technologie de la Viande : Pages 175-176.

Schnell T D ., Sofos J N ., Littlefield V G ., Morgan J B ., Gorman B M ., Clayton R P ., Smith G C ., 1995 ; Effects of postexsanguination dehairing on the microbial load and visual cleanliness of beef carcasses *In* Tergney A., Bolton D J .,2006 ; Validation studies on an online monitoring system for reducing faecal and microbial contamination on beef carcasses. *Food Contr* ;17 : 378-382.

Schnell, T D ., Sofos J N ., Littlefield V G ., Morgan J B ., Gorman B M ., Clayton R P ., Smith G C., 1995 ; Effects of postexanguination dehairing on the microbial load and visual cleanliness of beef carcasses *In* Huffman R D ., 2002 ; Current and future technologies for the decontamination of carcasses and fresh meat. *Meat Sci* ; 62 : 285-294.

Schnell, T D ., Sofos J N ., Littlefield V G ., Morgan J B ., Gorman B M ., Clayton R P ., Smith G C., 1995 ; Effects of postexanguination dehairing on the microbial load and visual cleanliness of beef carcasses *In* Sheridan J J ., 1998 ; Sources of contamination during slaughter and measures for control. *J Food Saf* ; 18 : 321-339.

Selgas, D., Martin M L .,Pin C ., Casas C., 1993; Attachment of bacteria to meat surfaces: a review. *Meat Scie* ;34:265-273.

Sheridan J J ., 1998 ; Sources of contamination during slaughter and measures for control. *J Food Saf* ;18 : 321-339.

Sheridan J J ., 1998 ; Sources of contamination during slaughter and measures for control. *J Food Saf* ; 18 : 321-339.

Sionneau O ., 1993 ; Contamination microbienne superficielle des carcasses de bovins : origine, prévention, décontamination. Thèse de Doctorat Vétérinaire . Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort ;124 pages.

Sirami J ., 1989 ; Contamination microbiologique de l'air dans le hall d'abattage, facteurs de variation et influence sur la carcasse *In* Mocho J P ., 2005 ; Evaluation de l'hygiène sur une

chaîne d'abattage ovin à l'aide d'examen bactériologiques de surface des carcasses. Thèse de docteur vétérinaire .Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ; 51 pages.

Smith J E ., Anderson J G., 1992 ; Modes of arrival and establishment of microfungi. *J.Appl. Bacteriol. Suppl.*;73 : 69-79.

Smith M G., 1992 ; Destruction of bacteria on fresh meat by hot water. *Epidemiol Infect*; 109 : 491-496.

Sofos J N ., 2008 ; Challenges to meat safety in the 21st century. *Meat Sci* ; 78 :3-13.

Sofos J N., Kochevar S L., Bellinger G R., Buege D R., Hancock D D., Ingham S C., Morgan J B., Reagan J O., 1999 ; Sources and extent of microbiological contamination of beef carcasses in seven states slaughtering plants. *J Food Prot* ; 622 : 140-145.

Sofos J N., Smith M G., 1998 ; Nonacid meat decontamination technologies: model studies and commercial applications. *Inter J Food Microbiol* ; 44 : 171-188.

Stein C., McEvoy J M., 2002 ; Development of a method to determine bacterial counts from aerial surfaces in a beef abattoir *In* Prendergast D M ., Daly D J ., Sheridan J J ., McDowell D.A ., Blair I S., 2004; The effect of abattoir design on aerial contamination levels and the relationship between aerial and carcass contamination levels in two Irish beef abattoirs. *Food Microbiol* ; 21 : 589-596 .

Tergney A ., Bolton B.J ., 2006 ; Validation studies on an online monitoring system for reducing faecal and microbial contamination on beef carcasses. *Food Cont* ;17 : 378-382.

Tergney A ., Bolton D J .,2006 ; Validation studies on an online monitoring system for reducing faecal and microbial contamination on beef carcasses. *Food Contr* ;17 : 378-382.
the microbiological sampling of beef, pork and lamb carcasses. *J Appl Microbiol* ; 98 : 896-900.

Touraille C ., 1994 ; Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Renc Rech Ruminants* ; 1 : 169-176.

Untermann F ., Stephan R ., Dura U ., Hofer M ., Heimann P ., 1997 ; Reliability and practicability of bacteriological monitoring of beef carcass contamination and their rating within a hygiene quality control programme of abattoirs . *Inter J Food Microbiol* ;34 : 66 - 77.

Vallonon M F ., 2004 ; Evaluation de l'hygiène sur une chaîne d'abattage bovin à l'aide d'examen bactériologiques de surface. Thèse de Docteur Vétérinaire .Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ; 75 pages.

Vandenberghe S ., Chevillon P.,2001 ; Douchage en porcherie d'abattoir : de nombreux avantages sur toute la ligne. *Viandes Prod Carnés* ; 22 (4) : 109-115.

Vigie Viande ., 2010 ; PROPRETÉ. Le traitement des cuirs de bovins, par application d'une résine alimentaire, réduirait le transfert des bactéries vers les carcasses. 1 page.

URL :

<http://www.alliances.coop/info/viewtopic.php?t=2445&sid=0f064d7f9b47d50d942fad1c515a3ea7> (page consulté le 16/03/2011).

Vimont A ., 2007 ; Optimisation de la recherche des *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC). Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat. Université Claude Bernard - Lyon 1. 318 pages.

Walker H W ., Ayres J C ., 1970 : Yeasts as spoilage organisms . *Yeast Technol* ; 3 :. 463-527.

Ware L M ., Kain M L ., Sofos, JN ., Belk K E ., Smith G C ., 1999 ; Comparaison of sponging and excising as sampling procedure for microbiological analysis of fresh beef carcass tissue. *J Food Prot* ; 62 (11) :1255-1259.

Warriner K ., Aldsworth T G ., Kaur S., Dodd C E R ., 2002 ; Cross-contamination of carcasses and equipment during pork processing. *J Appl Microbiol* ; 93 : 169-177.

Worfel RC ., Sofos J N ., Smith G C ., Schmidt G R ., 1996 ; Airborne bacterial contamination in beef slaughtering-dressing plants with different layouts *In* Prendergast D M ., Daly D J ., Sheridan J J ., McDowell D.A ., Blair I S., 2004; The effect of abattoir design on aerial contamination levels and the relationship between aerial and carcass contamination levels in two Irish beef abattoirs. *Food Microbiol* ; 21 : 589-596 .

Zweifel C ., Baltzer D ., Stephan R ., 2005 ; Microbiological contamination of cattle and pig carcasses at five abattoirs determined by swab sampling in accordance with EU Decision 2001/471/EC. *Meat Sci* ; 69 : 559–566.

Zweifel C., Fisher R ., Stephan, R ., 2008 ; Microbiological contamination of pig and cattle carcasses in different small scale Swiss abattoir. *Meat Sci* ; 76 (3) : 225-231.

Annexe 1 : les 07 principes de la méthode HACCP selon le *Codex Alimentarius* (1996)
(ALINORM 97/13A)

La méthode HACCP s'appuie sur sept principes définis par le *Codex Alimentarius* :

- **Principe 1** : procéder à l'analyse des dangers, c'est-à-dire identifier les dangers associés à la production de carcasses d'animaux de boucherie, évaluer leur probabilité d'apparition et identifier les mesures nécessaires à leur maîtrise .
- **Principe 2** : déterminer les points critiques (ou CCP : critical control point) pour la maîtrise de ces dangers, un point critique pouvant être défini comme une étape où la maîtrise est possible et essentielle pour prévenir, éliminer ou réduire à un niveau acceptable un danger pour la salubrité des aliments ;
- **Principe 3** : établir, au niveau des points critiques, des limites critiques permettant de décider de la non apparition du danger lors de leur respect, ou de sa possible survenue lors de leur transgression ;
- **Principe 4** : établir des systèmes de surveillance, en précisant leurs fréquences, permettant de s'assurer de la maîtrise des points critiques.
- **Principe 5** : établir les actions correctives à mettre en œuvre lorsque les limites critiques sont franchies et révèlent qu'un CCP n'est pas maîtrisé.
- **Principe 6** : établir des procédures de vérification destinées à confirmer que le système HACCP fonctionne efficacement.
- **Principe 7** : établir un système documentaire regroupant l'application des six principes précédents et les enregistrements des systèmes de surveillance.

Annexe 2 : Matériel de laboratoire utilisé pour l'analyse bactériologique et fongique.

Matériel utilisé pour l'analyse bactériologique :

- Flacons stériles de 250 ml.
- Tubes à essai à vis stériles.
- Portes tube.
- Autoclave.
- Poupinel.
- Becs bunsen.
- Micropipettes de 1ml
- Embouts stériles
- Pipettes graduées de 1ml et 10 ml
- Boîte de pétri.

Matériel utilisé pour l'analyse fongique :

- Pipettes Pasteur
- Tubes stériles
- Boîtes de Pétri
- Pincés
- Micropipettes
- Conteneur pour pipettes
- Réfrigérateur.
- Tubes à essai à vis stériles.

Annexe 3 : Photos des résultats de l'analyse bactériologique (photos personnelles ,2010 ; laboratoire d'HIDAOA, ENSV).

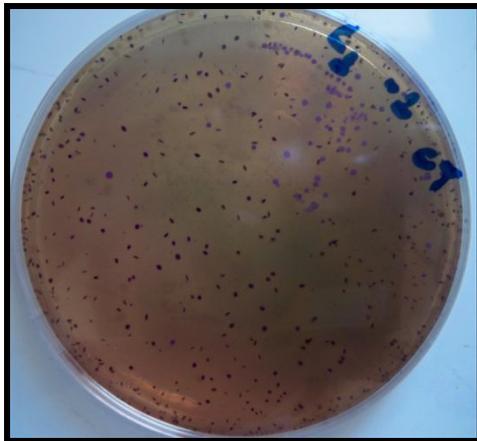


Photo 06 : Colonies des coliformes totaux sur le milieu VRBL.



Photo 07 : Colonies de la flore aérobie mésophile totale sur la gélose PCA.

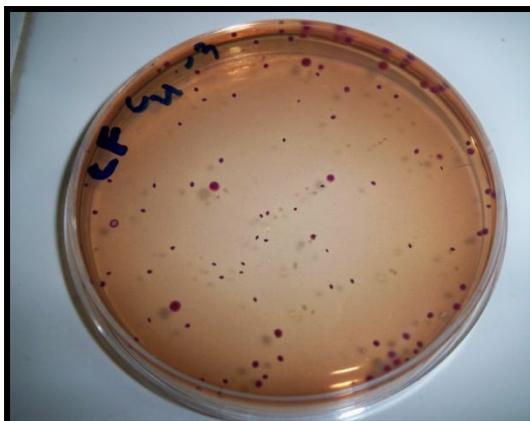


Photo 08 : Colonies des coliformes thermotolérants sur le milieu VRBL.

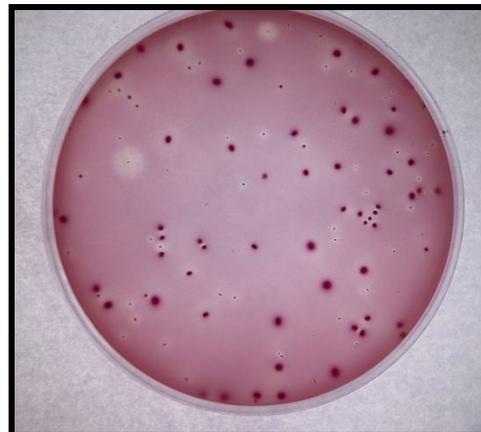
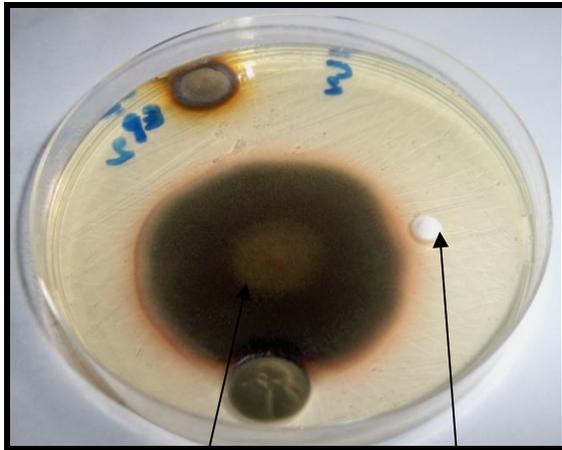


Photo 09 : Colonies des entérobactéries sur le milieu VRBG.

Annexe 4 : Photos des résultats de l'analyse fongique (photo personnelles ,2011 ; laboratoire de Parasitologie et de Mycologie, ENSV).



Cladosporium
sp

Colonie de levure

Photo 10 : Ensemencement des levures et moisissures.

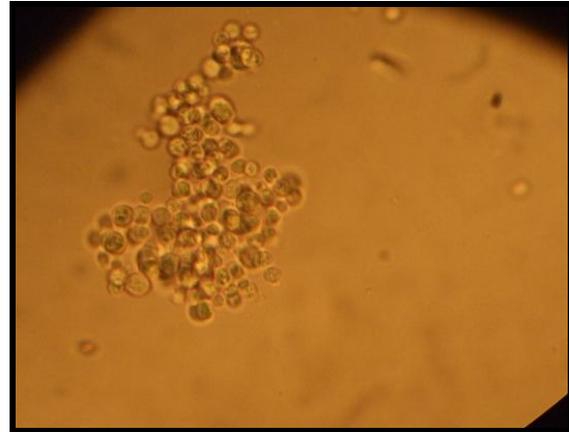


Photo 11 : observation de cellules de levures au microscope optique (Gr x 40)

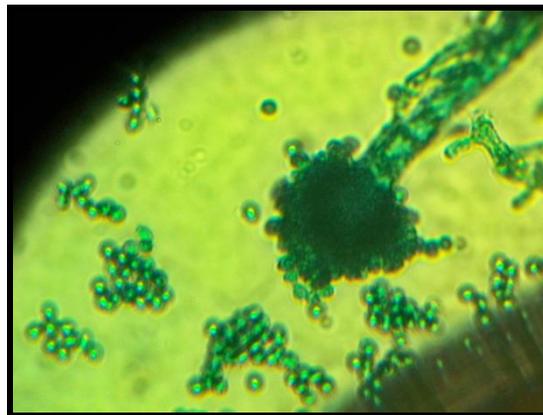


Photo 12 : Tête Aspergillaire d' d'*Aspergillus fumigatus* (Gr x 40)

Annexe 5 : Caractères d'identification des levures d'intérêt médicale.

Levures d'intérêt médical	Croissance à 37°C	RAT 25 - 30°C		Galerie Levures		
		Pseudomycélium	Mycélium	Germination sérum	Uréase	Sensibilité actidione
<i>Candida albicans</i>	+	+	+	+	-	R
<i>Candida tropicalis</i>	+	+	+	-	-	S
<i>Candida pseudotropicalis</i>	+	+	-	-	-	R
<i>Candida krusei</i>	+	+	-	-	-	S
<i>Candida parapsilosis</i>	+	+	-	-	-	S
<i>Candida guilliermondi</i>	+	-(+)	-	-	-	S
<i>Candida zeylanoides</i>	-(+)	+	-	-	-	S
<i>Candida lusitanae</i>	+	+	-	-	-	S
<i>Candida viswanathii</i>	+	+	V	-	-	S
<i>Cryptococcus neoformans</i>	+	-	-	-	+ (4h)	S
<i>Cryptococcus albidus</i>	-(+)	-	-	-	+ (24h)	S
<i>Cryptococcus laurentii</i>	V	-	-	-	+ (24h)	S
<i>Cryptococcus terreus</i>	-	-	-	-	+ (24h)	S
<i>Rhodotorula glutinis</i>	V	-	-	-	+ (24h)	V
<i>Rhodotorula rubra</i>	V	-	-	-	+ (24h)	V
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	V	V	-	-	-	S
<i>Torulopsis glabrata</i>	+	-	-	-	-	S
<i>Torulopsis candida</i>	+	-	-	-	-	S
<i>Torulopsis dattila</i>	+	-	-	-	-	S
<i>Torulopsis globosa</i>	V	-	-	-	-	S
<i>Torulopsis haemulonii</i>	+	-	-	-	-	S
<i>Torulopsis pulcherrima</i>	V	-	-	-	-	S
<i>Trichosporon cutaneum</i>	+	+	+	-	+ (-)	V
<i>Trichosporon capitatum</i> = <i>Geotrichum capitatum</i>	+	+	+	-	+ (-)	R
<i>Trichosporon fermentans</i> = <i>Geotrichum fermentans</i>	V	-	+	-	-	R
<i>Geotrichum candidum</i>	V	-	+	-	-	R

V = caractère variable ; + = caractère positif ; - = caractère négatif

Contribution à l'étude de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses bovines au niveau de l'abattoir de Rouiba

Résumé

La contamination superficielle des carcasses à l'abattoir conditionne largement le statut microbiologique du produit. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude dont l'objectif était l'appréciation du niveau d'hygiène de l'abattoir de Rouiba par des examens bactériologiques et fongiques de surface afin de déterminer la qualité microbiologique des carcasses de viande produites dans cet établissement. Ces résultats relativement élevés pour la flore aérobie mésophile totale ($3,06 \log_{10}$ UFC/cm²), les entérobactéries ($1,84 \log_{10}$ UFC/cm²), les coliformes totaux ($1,77 \log_{10}$ UFC/cm²) et thermotolérants ($1,14 \log_{10}$ UFC/cm²) montrent des lacunes en matière d'hygiène des procédés d'abattage.

Les principales moisissures isolées à partir des carcasses sont *Cladosporium sp*, *Alternaria chlamydospora*, *Demaciae*, *Mucoral*. Les levures les plus fréquemment isolées sont : *Cryptococcus albidus* (33,33%), *Torulopsis glabrata* et *Cryptococcus terreus* (16,66%), *Cryptococcus neoformans*, levure commensale de l'intestin des oiseaux est très pathogène pour l'homme a également été isolée des carcasses bovines.

Mots clé : abattoir, hygiène, contamination superficielle, carcasses, entérobactérie, moisissure, levure.

Abstract

Carcass's surface contamination at slaughterhouse, largely, determines the microbiological status of the product. For that, this study is carried out with an objective of assessing the hygiene level in the slaughterhouse of Rouiba by bacteriological and fungal surface tests to determine the microbiological quality of meat carcasses produced in this slaughterhouse.

The relatively high results for aerobic mesophilic flora ($3.06 \log_{10}$ UFC/cm²) Enterobacteria ($1.84 \log_{10}$ UFC/cm²), Coliforms ($1.77 \log_{10}$ UFC/cm²) total and Coliforms thermotolerant ($1.14 \log_{10}$ UFC/cm²) show gaps in process hygiene of slaughter.

The main fungi isolated from the carcasses are *Cladosporium sp*, *Alternaria chlamydospora*, *Demaciae*, *Mucoral*. The yeasts most frequently isolated were: *Cryptococcus albidus* (33.33%), *Torulopsis glabrata* and *Cryptococcus terreus* (16.66%), *Cryptococcus neoformans* *Cryptococcus neoformans*, yeast commensal of the intestine of birds is highly pathogenic for humans was also isolated from bovine carcasses.

Keywords: cattle carcasses, hygiene, surface contamination, enterobacteria, yeast, fungi.

ملخص

تلوث سطح الذبائح يقيد إلى حد كبير الحالة الميكروبيولوجية للمنتج ، في هذا السياق دراستنا كان هدفها تقييم مستوى النظافة في مسلخ رويبية بواسطة علم الجراثيم والفطريات السطحية لتحديد النوعية الميكروبيولوجية من لحوم الذبائح المنتجة في هذه المؤسسة . هذه النتائج العالية نسبيا للبكتيريا الهوائية الكلية ($3,06 \log_{10}$ UFC/cm²) ، الأنتيروبيكتيريا ($1,84 \log_{10}$ UFC/cm²) ، الكوليفورم الكلية ($1,77 \log_{10}$ UFC/cm²) ، و المقاومة للحرارة ($1,14 \log_{10}$ UFC/cm²) ، تبين الفجوات في مجال نظافة عملية الذبح .

الفطريات الرئيسية المعزولة عن الذبائح هي في معظم الأحيان هي :

Cryptococcus albidus (33,33%), *Torulopsis glabrata* et *Cryptococcus terreus* (16,66%)

Cryptococcus neoformans الخميرة المتعايشة في الأمعاء الطيور الممرض جدا بالنسبة للبشر كان أيضا المعزولة من الذبائح.

الكلمات الدالة: النظافة، المسالخ، التلوث السطحي، الذبائح، الأنتيروبيكتيريا، الفطريات، الخمائر.