

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BATNA1-BATNA-  
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES  
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



THESE

*Pour l'obtention du diplôme de*

DOCTORAT EN SCIENCES

*Filière*

*Sciences vétérinaires*

*Option*

*Epidémiologie des maladies infectieuses, parasitaires et zoonoses émergentes*

*Présentée Par:*

GUERGUEB Nadjah

THEME

**IMPACT DES PRATIQUES HYGIENIQUES D'ABATTAGE ET  
DE VENTE SUR LA CONTAMINATION MICROBIENNE DES  
VIANDES DE VOLAILLES DANS LA REGION DE BISKRA**

**JURY**

Président : MAMACHE Bakir  
Rapporteur : ALLOUI Nadir  
Examineur : ELGROUD Rachid  
Examineur : LOUCIF Lotfi  
Examineur : BENBIA Souhila  
Examineur : SELLAOUI Sassia

**Grade**

Professeur  
Professeur  
Professeur  
Professeur  
Docteur  
Docteur

**université**

Univ. Batna 1  
Univ. Batna 1  
Univ. Constantine  
Univ. Batna 2  
Univ. Batna 2  
Univ. Batna 1

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2021/2022



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE BATNA1-BATNA-  
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES  
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

---

## THESE

*Pour l'obtention du diplôme de*

**DOCTORAT EN SCIENCES**

*Filière*

*Sciences vétérinaires*

*Option*

*Epidémiologie des maladies infectieuses, parasitaires et zoonoses émergentes*

*Présentée Par:*

GUERGUEB Nadjah

## THEME

**IMPACT DES PRATIQUES HYGIENIQUES D'ABATTAGE ET  
DE VENTE SUR LA CONTAMINATION MICROBIENNE DES  
VIANDES DE VOLAILLES DANS LA REGION DE BISKRA**

### **JURY**

Président : MAMACHE Bakir

Rapporteur : ALLOUI Nadir

Examineur : ELGROUD Rachid

Examineur : LOUCIF Lotfi

Examineur : BENBIA Souhila

Examineur : SELLAOUI Sassia

### **Grade**

Professeur

Professeur

Professeur

Professeur

Docteur

Docteur

### **université**

Univ. Batna 1

Univ. Batna 1

Univ. Constantine

Univ. Batna 2

Univ. Batna 2

Univ. Batna 1

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا)

صدق الله العلي العظيم

## **REMERCIEMENTS**

Ce travail n'aurait pu aboutir sans l'aide d'Allah qui m'a donné la force de réaliser ce travail.

Mes remerciements vont en tout premier lieu à mon Directeur de thèse, Monsieur Le Professeur ALLOUI Nadir, pour ses conseils les plus précieux et son encouragement constant.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Le Professeur MAMACHE Bakir, pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail ainsi que pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury d'examen.

Je remercie Monsieur Le Professeur ELGROUD Rachid, Monsieur Le Professeur LOUCIF Lotfi et Madame La Docteure BENBIA Souhila pour le grand honneur qu'ils me font en participant à mon jury. Je les remercie très sincèrement, apprécie l'attention et le temps qu'ont consacré à l'évaluation de ce travail malgré leurs lourdes obligations.

Je remercie également Monsieur Le Professeur AYACHI Ammar d'avoir ouvert les portes de son laboratoire pour réaliser les analyses microbiologiques.

## *REMERCIEMENTS*

*Je vous prie de me permettre rendre  
hommage à tous ceux qui m'ont aidé, de  
près ou de loin, de réaliser mon rêve, je  
remercie particulièrement :*

*Mes très chers parents, mes frères, mes  
sœurs, mes neveux et mes nièces ainsi que  
toute ma famille.*

*Je remercie également mes enseignants du  
primaire à l'université.*

*A vous tous, je dis merci.*

## DEDICACE

*Je dédie cette thèse :*

*A ma très chère mère A. ELOUAZANI*

*A mon très cher père GUERGUEB Mohamed*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour,  
l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*Nadjah*

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	v
DEDICACE .....	vii
LISTE DES FIGURES .....	xiii
LISTE DES TABLEAUX .....	xvi
LISTE DES ABREVIATIONS .....	xviii
RESUME .....	xix
ملخص.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCTION .....	1
1. Généralités sur les viandes de volaille.....	6
1.1. Procédé d'abattage des volailles .....	6
1.1.1. Définition de l'abattoir : .....	6
1.1.2. Normes d'installation de l'abattoir : .....	6
1.1.3. Description du procédé d'abattage des volailles : .....	7
1.2. Présentation commerciale des viandes de volaille en Algérie .....	10
1.3. Evolution de la production des viandes de volaille en Algérie .....	12
1.4. Le danger bactérien lié à la consommation des viandes de volaille .....	13
1.4.1. Les zoonoses alimentaires .....	13
1.4.2. Les toxi-infections alimentaires (TIA) .....	13
1.4.3. L'antibiorésistance.....	14
1.5. Hiérarchisation des dangers bactériens transmis par les viandes de volaille ...	15
2. Principales bactéries pathogènes qui contaminent les viandes de volaille.....	16
2.1. Salmonella.....	16
2.1.1. Description générale des salmonelles .....	16
2.1.2. Caractéristiques des salmonelles .....	16
2.1.3. Données épidémiologiques sur les toxi-infections à salmonelles.....	17
2.1.4. Données épidémiologiques sur la contamination des viandes de volaille par les salmonelles.....	18
2.1.5. Prévalence de la contamination par les salmonelles des viandes de volaille .....	18
2.2. Campylobacter .....	20
2.2.1. Description générale des Campylobacter .....	20

2.2.2.	Caractéristiques des <i>Campylobacter</i> .....	20
2.2.3.	Données épidémiologiques sur la campylobactériose humaine .....	21
2.2.4.	Données épidémiologiques sur la contamination des viandes de volaille par <i>Campylobacter</i> .....	22
2.2.5.	Prévalence de contamination par <i>Campylobacter</i> des viandes de volaille : .....	22
2.3.	<i>Listeria monocytogenes</i> .....	23
2.3.1.	Description générale des <i>Listeria</i> .....	23
2.3.2.	Caractéristiques des <i>Listeria</i> .....	23
2.3.3.	Les données épidémiologiques sur la listériose maladie humaine .....	24
2.3.4.	Données épidémiologiques sur la contamination des viandes de volaille par <i>Listeria monocytogenes</i> .....	24
2.3.5.	Prévalence de contamination par <i>listeria monocytogenes</i> des viandes de volaille .....	25
2.4.	<i>Staphylococcus aureus</i> .....	26
2.4.1.	Description générale des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	26
2.4.2.	Caractéristiques des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	26
2.4.3.	Données épidémiologiques sur les toxi-infections à Staphylocoques .....	27
2.4.4.	Données épidémiologiques sur la contamination par <i>Staphylococcus aureus</i> des viandes de volaille .....	28
2.4.5.	Prévalence de contamination par <i>Staphylococcus aureus</i> des viandes de volaille .....	28
3.	Origines et modes de contamination bactérienne des viandes de volaille .....	29
3.1.	Les microorganismes présents sur les volailles vivantes .....	29
3.1.1.	Au cours de la période d'élevage .....	29
3.1.2.	Au cours du transport .....	29
3.2.	La contamination bactérienne des carcasses de volaille pendant les procédés d'abattage .....	29
3.2.1.	Type d'abattoir .....	30
3.2.2.	Au cours de la réception des volailles .....	30
3.2.3.	Au cours de la saignée .....	30
3.2.4.	Au cours de l'échaudage .....	30
3.2.5.	Au cours de la plumaison .....	30
3.2.6.	Au cours de l'éviscération .....	31

3.2.7.	Au cours du refroidissement .....	32
3.2.8.	Au cours du conditionnement et de la découpe .....	32
3.3.	L'évolution de la contamination au cours de la conservation.....	32
4.	Moyens de lutte contre les problèmes d'altération et les risques sanitaires des viandes de volaille .....	34
4.1.	Élevage.....	34
4.2.	Abattage .....	34
4.3.	Distribution et vente au détail .....	34
4.4.	Restauration.....	34
4.5.	Consommation .....	35
5.	Resistance bactérienne aux antibiotiques .....	36
5.1.	Définition de la résistance .....	39
5.2.	Résistance naturelle.....	40
5.3.	Résistance acquise.....	41
5.3.1.	Mutation chromosomique spontanée (évolution verticale) .....	42
5.3.2.	Acquisition de gènes de résistance par un autre organisme (évolution horizontale).....	43
5.4.	Multi-résistance ou phénomène de résistance croisée et co-résistance.....	45
5.5.	Mécanismes de la résistance des bactéries aux antibiotiques .....	46
5.6.	Autres mécanismes d'échappement aux antibiotiques.....	47
5.6.1.	La tolérance.....	47
5.6.2.	La persistance .....	47
5.6.3.	La dépendance .....	47
5.7.	Evaluation de l'antibiorésistance .....	48
5.7.1.	Méthodologie de l'antibiogramme.....	48
5.7.2.	Méthodologie moléculaire .....	49
6.	Epidémiologie des résistances aux antibiotiques dans le domaine avicole.....	50
6.1.	Antibiorésistance des bactéries qui contaminent les viandes de volaille.....	50
6.1.1.	La résistance des salmonelles aux antibiotiques.....	50
6.1.2.	La résistance des <i>Escherichia coli</i> aux antibiotiques.....	52
6.1.3.	La résistance des <i>Staphylococcus aureus</i> aux antibiotiques.....	54
6.1.4.	La résistance des <i>Listeria</i> aux antibiotiques .....	56
6.2.	Pratiques favorisant l'apparition de l'antibiorésistance en aviculture.....	58
6.2.1.	Risques liés à l'usage préventif des antibiotiques en aviculture.....	58

6.2.2.	Risques liés à l’usage des antimicrobiens chez les volailles entant que facteur de croissance.....	59
6.3.	Transmission à l’homme via la consommation des viandes de volaille .....	60
6.4.	Moyens de lutte contre l’antibiorésistance.....	63
ETUDE EXPERIMENTALE .....		64
I.	Facteurs de risque associés à la contamination bactérienne des viandes de volaille .....	65
1.	Matériel biologique .....	65
2.	Méthodes .....	66
2.1.	Analyses bactériologiques.....	66
2.1.1.	Opération préliminaire.....	66
2.1.2.	Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) .....	67
2.1.3.	Dénombrement des coliformes fécaux .....	69
2.2.	Analyses statistiques .....	71
3.	Résultats .....	72
3.1.	Contamination de la viande de volaille par la FMAT.....	72
3.2.	Facteurs affectant la contamination bactérienne des viandes de volaille.....	72
3.2.1.	Analyse des correspondances multiples (ACM).....	72
3.2.2.	Régression linéaire multiple .....	75
4.	Discussion.....	79
4.1.	Contamination des viandes de volaille par la FMAT.....	80
4.2.	Facteurs affectant la contamination bactérienne de la viande de volaille .....	81
4.2.1.	Contamination par les coliformes fécaux .....	81
4.2.2.	Viandes de volaille achetées avant et après l’apparition de COVID-19... 81	
4.2.3.	Escalope de dinde .....	82
4.2.4.	Carcasse complète ou coupée .....	83
II.	Facteurs de risque associés à la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées à partir des viandes de volaille .....	84
1.	Matériel biologique .....	84
2.	Méthodes .....	85
2.1.	Analyses bactériologiques.....	85
2.1.1.	Recherche et identification d’ <i>Escherichia coli</i> .....	85
2.1.2.	Recherche et identification des salmonelles .....	99
3.1.3.	Recherche et identification des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	106

3.1.4.	Recherche et identification de <i>Listeria sp</i> .....	112
3.1.5.	Étude de la sensibilité aux antibiotiques.....	119
3.2.	Analyses statistiques .....	120
4.	Résultats .....	121
4.1.3.	Analyse des facteurs de risque liés à la résistance bactériennes aux antibiotiques .....	121
4.1.1.	Analyse en composantes principales (ACP).....	121
4.1.2.	Régression linéaire multiple .....	124
5.	Discussion.....	129
5.1.	Facteurs de risque associés à la résistance bactérienne aux antibiotiques .....	130
5.1.1.	Carcasse entière ou coupée .....	130
5.1.2.	Viandes de volaille achetées avant et après COVID-19.....	131
	CONCLUSION.....	133
	BIBLIOGRAPHIE.....	134

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1. Diagramme d'abattage de volaille.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 2. Exemple du nouveau circuit de distribution du poulet en Algérie.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 3. Evolution annuelle de la production nationale des viandes de 1963 à 2018 (FAO).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 4. Evolution annuelle de l'incidence des TIAC en Algérie année 2000-2017 source (INSP, 2017).....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 5. Schéma récapitulatif de l'origine des contaminants (Leyral &amp; Vierling, 2007). .....</i>	<i>33</i>
<i>Figure6. Prévisions du nombre de décès, dans le monde à l'horizon 2050, causés par la résistance aux antibiotiques en comparaison à différentes causes majeures de mortalité selon le rapport d'O'Neill (EcoAntibio, 2017). ....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 7. Sélection par pression de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques (CDC, 2013).....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 8. Exemples des mécanismes de résistance aux antibiotiques (d'après l'Encyclopedia Britannica 2009).....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 9. Transmission verticale d'un gène bactérien de résistance antibiotique (Hedman et al, 2020).....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 10. Mécanismes de transmission horizontale de gènes de résistance aux antibiotiques (AFSSA, 2006).....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 11. Vue simplifiée de l'épidémiologie des résistances aux ATB, d'après Boerlin et White (2006) citée par Muylaert &amp; Mainil (2013) .....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 12. Graphique conceptuel illustrant la résistance aux antimicrobiens associés à la production intensive de volaille (Hedman et al, 2020).....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 13 : Technique de dénombrement de la FMAT selon la norme Afnor NFV 8-051. .....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 14. Technique de dénombrement des Coliformes fécaux selon la norme Afnor NFV 0860.....</i>	<i>70</i>
<i>Figure 15. Résultats de l'ACM avec représentation graphique des variables qualitatives pour la première (Dim1) et la deuxième (Dim 2) dimensions .....</i>	<i>73</i>
<i>Figure 16. Représentation graphique des variables quantitatives sur les deux premières dimensions .....</i>	<i>74</i>
<i>Figure 17. Distribution normale des résidus.....</i>	<i>76</i>

<i>Figure 18. Le diagramme de dispersion des résidus standardisés par rapport aux valeurs prévues. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figure 19. Modèle de régression multiple du FMAT associé aux facteurs étudiés selon l'équation de prédiction .....</i>	<i>78</i>
<i>Figure 20. Aspect d'E. coli sur la gélose VRBL .....</i>	<i>86</i>
<i>Figure 21. Les étapes d'identification d'E. coli .....</i>	<i>87</i>
<i>Figure 22. Isolement d'E. coli sur la gélose MacConkey.....</i>	<i>88</i>
<i>Figure 23. Purification des souches E. coli sur la gélose MacConkey gélose nutritive.....</i>	<i>88</i>
<i>Figure 24. Etat frais des bacilles d'E.coli .....</i>	<i>89</i>
<i>Figure 25. Coloration de Gram des bacilles d'E.coli .....</i>	<i>90</i>
<i>Figure 26. Production de gaz par E.coli dans les tubes de BGLB. ....</i>	<i>91</i>
<i>Figure 27. Oxydase négative d'E. coli .....</i>	<i>92</i>
<i>Figure 28. Production de catalase par E. coli. ....</i>	<i>93</i>
<i>Figure 29. Milieu TSI avant (a) et après(b) la fermentation des souches d'E.coli. ....</i>	<i>94</i>
<i>Figure 30. Aspect du milieu Urée-Indole après incubation en présence d'E.coli.....</i>	<i>95</i>
<i>Figure 31. Milieu Mannitol-Mobilité avant (a) et après (b) fermentation d'E.coli. ....</i>	<i>96</i>
<i>Figure 32. Aspect du milieu Citrate de Simmons avant (a) et après (b) la multiplication d'E.coli.....</i>	<i>97</i>
<i>Figure 33. Citrate de Simmons positive.....</i>	<i>97</i>
<i>Figure 34. Profil biochimique sur galerie API 20E d'E. coli.....</i>	<i>98</i>
<i>Figure 35. Recherche des salmonelles dans les viandes de volaille selon la norme Afnor ISO 6579. ....</i>	<i>100</i>
<i>Figure 36. Échantillon de viande de volaille dans l'eau peptonée tamponnée.....</i>	<i>101</i>
<i>Figure 37. Bouillon Sélénite cystine (a) et bouillon Rappaport-Vassiliadis (b) après multiplication des salmonelles.....</i>	<i>101</i>
<i>Figure 38 : Aspect du milieu Hektoen après développement des salmonelles. ....</i>	<i>102</i>
<i>Figure 39. Purification des salmonelles sur la gélose Hektoen .....</i>	<i>102</i>
<i>Figure 40 : Aspect de la gélose nutritive après développement des salmonelles.....</i>	<i>103</i>
<i>Figure 41. Milieu urée-indole après multiplication des salmonelles .....</i>	<i>104</i>
<i>Figure 42 : Aspect du milieu T.S.I après développement des salmonelles.....</i>	<i>104</i>
<i>Figure 43 : Aspect des galeries API 20E après développement des salmonelles.....</i>	<i>105</i>
<i>Figure 44 : Technique d'isolement des S. aureus selon la norme Afnor V 08-057-1... </i>	<i>106</i>
<i>Figure 45. Aspect du milieu Baird Parker après le développement des staphylocoques .....</i>	<i>108</i>

<i>Figure 46. Colonies de Staphylococcus aureus sur gélose Baird Parker</i> .....	108
<i>Figure 47. Isolement des Staphylococcus aureus sur la gélose Chapman</i> .....	108
<i>Figure 48. Etat frais des Staphylococcus aureus</i> .....	109
<i>Figure 49. Coloration Gram des Staphylococcus aureus</i> .....	109
<i>Figure 50. Production de catalase par Staphylococcus aureus</i> .....	110
<i>Figure 51. Recherche de la DNase produite par les Staphylococcus aureus</i> .....	110
<i>Figure 52. Milieu Mannitol-mobilité avant (a) et après (b) fermentation des Staphylococcus aureus (immobilité)</i> .....	111
<i>Figure 53 : Aspect des galeries API STAPH après développement des Staphylococcus aureus</i> .....	111
<i>Figure 54. Recherche de Listeria (NF EN ISO 11290-2 ; 1998)</i> .....	112
<b><i>Figure 55. Aspect des colonies de Listeria spp. sur gélose Palcam (a, b, c, d)</i></b> .....	<b>113</b>
- <i>Figure 56. Aspect des colonies de Listeria. spp sur TSAYE (a, b, c)</i> .....	114
<i>Figure 57. Aspect des colonies de Listeria. spp sur la gélose nutritive</i> .....	114
<i>Figure 58. Aspect des colonies en transillumination 45°(a, b, c, d)</i> .....	115
<i>Figure 59. Coloration bleu d'une colonie de Listeria en transillumination oblique sous microscope optique</i> .....	115
<i>Figure 60. Etat frais de Listeri. spp(a, b, c)</i> .....	116
<i>Figure 61. Coloration de Gram de Listeria. spp (a, b, c)</i> .....	116
<i>Figure 62. Production de catalase par Listeria. sp</i> .....	117
<i>Figure 63. Mobilité de Listeria.sp à 25 °C (a, b), et immobilité à 37 °C (c)</i> .....	117
<i>Figure 64. Aspect des galeries API LISTERIA après développement des listeria</i> .....	118
<i>Figure 65. Représentation graphique des variables qualitatives de l'ACP pour la première (Dim1) et la deuxième (Dim 2) dimensions</i> .....	122
<i>Figure 66. Représentation graphique des variables quantitatives de l'ACP sur les deux premières dimensions</i> .....	123
<i>Figure 67. Normalité de distribution des résidus de régression</i> .....	125
<i>Figure 68. Distribution égale des résidus de régression</i> .....	125
<i>Figure 69. Nuage de points de dispersion indépendante des résidus standardisés par rapport aux valeurs prévues.</i> .....	126
<i>Figure 70. Modèle de régression multiple du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille associé aux facteurs de risque étudiés</i> .....	128

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1. Synthèse des dangers bactériens pouvant avoir un impact sur la santé humaine par la consommation des viandes de volaille (Extrait Résultats Enquête FIA, 2006) cité par (ITAVI, 2010).</i>	15
<i>Tableau 2. Prévalence de contamination par Salmonella spp des viandes de volaille en Algérie.</i>	19
<i>Tableau 3. Prévalence de contamination par Campylobacter des viandes de volaille en Algérie.</i>	22
<i>Tableau 4. Prévalence de contamination par Staphylococcus aureus des viandes de volaille en Algérie.</i>	28
<i>Tableau 5. Mécanismes de résistance aux antibiotiques (Carle, 2009) et (AFSSA, 2006)</i>	46
<i>Tableau 6. Résistance aux antibiotiques des salmonelles isolées des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries</i>	50
<i>Tableau 7. Résistance aux antibiotiques des E. coli isolés des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries</i>	53
<i>Tableau 8. Résistance de Staphylococcus aureus aux antibiotiques des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries</i>	55
<i>Tableau 9. Résistance de Listeria monocytogenes aux antibiotiques des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries</i>	57
<i>Tableau 10. Définition des variables explicatives catégorielles incluses dans l'analyse de la contamination bactérienne et pourcentage de viande de volaille échantillonnée pour chacune des variables</i>	65
<i>Tableau 11. Milieux et caractéristiques de culture pour les groupes bactériens dénombrés.</i>	66
<i>Tableau 12 : Résumé du modèle de régression multiple en fonction de la contamination de la viande de volaille par la FMAT</i>	75
<i>Tableau 13 : Résumé des coefficients du modèle de régression linéaire multiple en fonction de la contamination par le FMAT des viandes de volaille au cours de la période 2018-2020.</i>	77
<i>Tableau 14. Résumé du modèle de régression linéaire multiple en fonction de la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille</i>	124

*Tableau 15. Résumé des coefficients du modèle de régression linéaire multiple en fonction de la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille au cours de la période 2018-2020 à Biskra..... 126*

## LISTE DES ABREVIATIONS

- ACM : Analyse en Composantes Principales
- ACP : Analyse des Correspondances Multiples
- AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
- APS : Algeria Press Service
- ATB : Antibiotique
- BAM : Bacteriological Analytical Manual
- BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication
- BPH : Bonnes Pratiques d'Hygiène
- CDC : U.S. Centers for Disease Control and Prevention
- CI : Intervalle de confiance
- COVID-19 : Coronavirus Disease 2019
- EFSA : European Food Safety Authority
- EUCAST : European Committee On Antimicrobial Susceptibility Testing
- FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale
- FAO : Food and Agriculture Organization
- FDA : U.S. Food & Drug Administration
- HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point
- INSP : Institut National Santé Publique. Algérie
- IP : Institut Pasteur. France
- ITAVI : Institut Technique de l'Aviculture
- CAVTK : Centre Agronomique et Vétérinaire Tropical de Kinshasa
- MDR : Multidrug resistance
- mL : millilitre
- NF : Norme française
- OIE : Organisation mondiale de la santé animale
- OR : Odds ratio
- SCENIHR : Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
- TIAC : Toxi-infection alimentaire collective
- WHO : World Health Organization

## RESUME

La viande de volaille est un vecteur de nombreuses bactéries pathogènes lié à la contamination de ces viandes aux niveaux de différentes étapes de production. Le type et le nombre de micro-organismes présents dans la viande dépendent de l'hygiène de l'environnement d'origine, des conditions de stockage, de manipulation et de distribution ultérieure. Une autre menace pour la santé publique réside dans l'utilisation inappropriée des antibiotiques dans l'élevage des volailles, qui peut conduire à l'émergence et au développement croissant de la résistance bactérienne aux antibiotiques.

Les objectifs fixés dans cette étude sont :

L'estimation de la contamination bactérienne des viandes de volaille destinées à la consommation humaine dans la région de Biskra, l'identification des facteurs associés à la contamination bactérienne de la viande de volaille dans les boucheries ainsi que la détection des facteurs affectant la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées des viandes de volaille.

Une étude expérimentale, a été menée comportant deux chapitres :

- L'estimation de la contamination bactérienne des viandes de volaille destinées à la consommation humaine dans la région de Biskra et une étude des facteurs de risque associés à la qualité hygiénique des viandes de volaille, et la prévision voir l'estimation par une équation de régression de la contamination bactérienne des viandes de volaille ainsi une analyse statistique par l'analyse des correspondances multiples (ACM) et la régression linéaire multiple a été appliquée pour examiner si les différents facteurs étaient associés à la contamination bactérienne de la viande de volaille.
- Une étude microbiologique de différentes bactéries isolées des viandes de volaille et l'identification des facteurs de risque affectant la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées des viandes de volaille, la prévision et l'estimation de la résistance aux antibiotiques a été présenté via une équation de régression ainsi une analyse statistique, par l'analyse en composantes principales (ACP) et la régression linéaire multiple a été appliquée pour examiner si les différents facteurs de risque étaient associés à la résistance des bactéries isolées des viandes de volaille.

Les facteurs liés à la contamination bactérienne de la viande de volaille ont été examinés et un modèle de régression multiple a été construit afin d'estimer la contamination de la viande de volaille par la Flore Mésophile Aérobie Totale selon l'équation :

$$Y = 0,477X_1 + (- 0,639)X_2 + (- 0,557)X_3 + (- 0,295)X_4 + 5,522$$

Où : Y = FMAT en  $\log_{10}$  UFC/g,  $X_1$  = coliformes fécaux en  $\log_{10}$  UFC/g,  $X_2$  = après COVID-19,  $X_3$  = escalope de dinde, et  $X_4$  = coupé.

Ce modèle explique 48,6 % des variations de la FMAT, tandis que les 51,4 % restants sont associés à d'autres facteurs.

Dans cette recherche, la régression linéaire multiple nous a permis de détecter deux facteurs de risque associés à la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille. L'utilisation prolongée de biocides peut avoir un impact significatif sur la résistance bactérienne aux antibiotiques dans les viandes de volaille. La viande de volaille préalablement emballée à l'abattoir est protégée d'une potentielle résistance croisée avec les bactéries présentes dans les boucheries.

L'identification des facteurs associés à la contamination bactérienne de la viande de volaille est nécessaire pour créer des mesures préventives efficaces dans les boucheries, ce qui permet de réduire considérablement les niveaux de contamination et de fournir aux consommateurs une viande de volaille de haute qualité.

**Mots clés :** viande de poulet ; bactérie ; résistance aux antibiotiques ; facteurs de risque ; analyse des correspondances multiples (ACM) ; analyse en composantes principales (ACP) ; régression linéaire multiple

## ملخص

تعتبر لحوم الدواجن مصدرا للعديد من البكتيريا المسببة للتسممات الغذائية للمستهلكين والمرتبطة بتلوث هذه اللحوم في مراحل مختلفة من الإنتاج. يرتبط تنوع الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في اللحوم وعددها على الظروف الصحية لبيئة المنشأ، والخصائص والجودة الميكروبيولوجية للمكونات المضافة، ومدى احترام المعايير الصحية أثناء الإعداد وكذلك ظروف التخزين، والتوزيع. خطر آخر يهدد الصحة العامة هو الاستخدام غير الملائم للمضادات الحيوية في تربية الدواجن، مما قد يؤدي إلى ظهور وزيادة تطور المقاومة البكتيرية للمضادات الحيوية والتي تنتقل بدورها للمستهلك.

الأهداف المحددة في هذه الدراسة هي تقدير انتشار التلوث الجرثومي في لحوم الدواجن المعدة للاستهلاك الأدمي في منطقة بسكرة، وتحديد العوامل المصاحبة للتلوث البكتيري للحوم الدواجن في محلات الجزارة وكذلك الكشف عن العوامل التي تؤثر على مقاومة البكتيريا المعزولة من لحوم الدواجن بالمضادات الحيوية.

لهذا الغرض، أجريت دراسة تجريبية مكونة من فصلين :

- تقدير انتشار التلوث البكتيري في لحوم الدواجن المعدة للاستهلاك الأدمي في منطقة بسكرة. ودراسة عوامل الخطر المرتبطة بالجودة الصحية للحوم الدواجن، وفحص ما إذا كانت هذه العوامل المختلفة مرتبطة بالتلوث البكتيري للحوم الدواجن بواسطة عدة تحليلات إحصائية.

- دراسة ميكروبيولوجية للبكتيريا المختلفة المعزولة من لحوم الدواجن. وتحديد عوامل الخطر المؤثرة على مقاومة المضادات الحيوية للبكتيريا المعزولة من لحوم الدواجن. وفحص ما إذا كانت عوامل الخطر المختلفة مرتبطة بمقاومة البكتيريا المعزولة من لحوم الدواجن.

خلصت هذه الدراسة إلى أنه يمكن أن يكون للاستخدام المطول للمبيدات الحيوية تأثير كبير على مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية في لحوم الدواجن. كما تبين أنه يتم حماية لحوم الدواجن المعبأة مسبقاً في المسلخ من المقاومة المحتملة للبكتيريا الموجودة في محلات الجزارة.

يعد تحديد العوامل المرتبطة بالتلوث البكتيري للحوم الدواجن أمراً ضرورياً لإنشاء تدابير وقائية فعالة في محلات الجزارة، والتي يمكن أن تقلل بشكل كبير من مستويات التلوث وتزويد المستهلكين بلحوم دواجن عالية الجودة. يمكن أن تؤثر المقاومة المتزايدة للبكتيريا الموجودة في لحوم الدواجن سلباً على صحة مستهلكي هذه اللحوم. يسمح التكرار الدوري للدراسات حول عوامل الخطر المرتبطة بالمقاومة البكتيرية للمضادات الحيوية باتخاذ تدابير تصحيحية لحماية صحة مستهلكي لحوم الدواجن.

**الكلمات المفتاحية :** لحوم دواجن ؛ بكتيريا ؛ مقاومة مضادات حيوية ؛ عوامل خطر

## ABSTRACT

Poultry meat is a vector of many pathogenic bacteria related to the contamination of these meats at different stages of production. The type and number of microorganisms present in meat depend on the hygiene of the original environment, storage conditions, handling and subsequent distribution. Another threat to public health is the inappropriate use of antibiotics in poultry production, which may lead to the emergence and increasing development of bacterial resistance to antibiotics.

The objectives set in this study are:

The identification of factors associated with the bacterial contamination of poultry meat in butcheries as well as the detection of factors affecting the antibiotic resistance of bacteria isolated from poultry meat in the region of Biskra. An experimental study was conducted with two chapters:

- The estimation of the bacterial contamination of poultry meat intended for human consumption in the region of Biskra and a study of risk factors associated with the hygienic quality of poultry meat, and the prediction see the estimation by a regression equation of the bacterial contamination of poultry meat and a statistical analysis by multiple correspondence analysis (MCA) and multiple linear regression was applied to examine whether the different factors were associated with the bacterial contamination of poultry meat.
- A microbiological study of different bacteria isolated from poultry meat and identification of risk factors affecting antibiotic resistance of bacteria isolated from poultry meat, prediction and estimation of antibiotic resistance was presented via a regression equation as well as a statistical analysis, by Principal Component Analysis (PCA) and multiple linear regression was applied to examine whether the different risk factors were associated with resistance of bacteria isolated from poultry meat.

Factors related to bacterial contamination of poultry meat were examined and a multiple regression model was constructed to estimate the contamination of poultry meat by FMAT according to the equation:

$$Y = 0.477X_1 + (-0.639)X_2 + (-0.557)X_3 + (-0.295)X_4 + 5.522$$

Where: Y = FMAT in log<sub>10</sub> CFU/g, X<sub>1</sub> = fecal coliform in log<sub>10</sub> CFU/g, X<sub>2</sub> = after COVID-19, X<sub>3</sub> = turkey cutlet, and X<sub>4</sub> = cut.

This model explained 48.6% of the variation in FMAT, while the remaining 51.4% was associated with other factors.

In this research, multiple linear regression allowed us to detect two risk factors associated with antibiotic resistance in bacteria isolated from poultry meat. Prolonged use of biocides may have a significant impact on bacterial antibiotic resistance in poultry meat. Poultry meat previously packaged at the slaughterhouse is protected from potential cross-resistance with bacteria present in butcher shops.

Identifying the factors associated with bacterial contamination of poultry meat is necessary to create effective preventive measures in butcher shops, which can significantly reduce contamination levels and provide consumers with high quality poultry meat.

**Keywords:** chicken meat ; bacteria ; antibiotic resistance ; risk factors ; multiple correspondence analysis (MCA); principal component analysis (PCA); multiple linear regression

## INTRODUCTION

Comme la plupart des viandes, la viande de volaille crue est souvent fortement contaminée par des microorganismes (Mckee, 2007). Cette denrée est donc un vecteur de nombreuses bactéries lié à la contamination de ces viandes aux différentes étapes de production. Les types de micro-organismes présents sur les viandes et leurs nombres dépendent des conditions sanitaires dans l'environnement d'origine de l'aliment, des propriétés et de la qualité microbiologique de tout ingrédient ajouté, de l'importance de la manipulation du produit, et des conditions de stockage et de distribution (Sofos, 1994). De nombreux facteurs peuvent être à l'origine de la contamination, notamment ceux provenant de l'environnement et de la manipulation des animaux par l'homme (pratiques d'abattage et de transformation, procédures de stockage) selon Sofos (2008).

La contamination des animaux et des produits d'origine animale est un problème grave car elle est difficile à maîtriser. En effet, ces dangers biologiques, sont le plus souvent associés à un portage inapparent chez les animaux producteurs ; ces dangers ne sont pas détectables macroscopiquement, tant au stade de la production primaire qu'à celui de l'abattage (Fosse et al., 2008). Les bactéries pathogènes continueront à provoquer des épidémies et des décès dans le monde entier, car aucune intervention efficace ne les a éliminées des animaux et des aliments (Heredia & García, 2018). La microbiologie des carcasses et de la viande des poulets de chair a été largement étudiée (Cox et al., 1998), bien que peu d'études ont examiné les facteurs affectant la contamination bactérienne des viandes de volaille. Une approche moderne de l'hygiène de la viande fondée sur l'analyse des risques exige que des mesures soient prises aux points de la chaîne alimentaire où elles peuvent le plus contribuer à la réduction des risques alimentaires pour les consommateurs (Codex alimentarius, 2005).

Cette étude vise à l'identification de certains facteurs de risque associés à la contamination des viandes de volaille commercialisées dans la région de Biskra. Les graphiques de l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) permettent l'interprétation des données et l'identification et l'observation visuelle des facteurs influents liés à la contamination bactérienne de la viande de volaille. Une régression linéaire multiple a été effectuée pour évaluer l'association entre chaque facteur prédictif et le risque (contamination bactérienne des viandes de volaille), en sélectionnant des facteurs explicatifs qui ont une valeur significative  $p \leq 0,05$ . Nous avons construit ensuite un modèle linéaire multiple contenant seulement des facteurs prédictifs. Cette étude peut nous aider aussi à estimer approximativement le niveau de contamination bactérienne des viandes des volailles à travers une formule de prédiction.

## INTRODUCTION

---

L'analyse des correspondances multiples (ACM) et la régression linéaire multiple ont produit des résultats similaires.

Une autre menace pour la santé publique réside dans l'utilisation inappropriée des antibiotiques dans l'élevage des volailles, qui peut conduire à l'émergence et au développement croissant de la résistance bactérienne aux antibiotiques. Le 30 avril 2014, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a publié son premier rapport mondial sur la résistance aux antimicrobiens qui souligne que « cette grave menace n'est plus une prévision, mais bien une réalité dans chaque région du monde, et que tout un chacun, quels que soient son âge et son pays, peut être touché ». Ajoutant que, si rien n'est fait, le monde s'achemine vers une ère post-antibiotique, « dans laquelle des infections courantes et de petites blessures seront à nouveau mortelles » (IP, 2017). Selon les prédictions, à l'horizon 2050 l'antibiorésistance pourrait tuer plus que le cancer, dix millions de personnes supplémentaires par an dans le monde pourraient décéder à cause de la résistance aux antibiotiques, selon le rapport d'O'Neill ; un rapport commandé par le gouvernement britannique en 2016. La résistance aux antibiotiques des bactéries pathogènes pour l'Homme est un risque pour la santé publique car elle réduit l'efficacité des antibiotiques utilisés en première intention et complique la prise en charge du patient. Pour des sujets sous traitement antibiotique, elle conduit à un sur-risque d'infections d'origine alimentaire par des souches résistantes (Sanders et al., 2012).

À l'heure actuelle, de nombreux éléments indiquent que le transfert direct à l'homme des traits de la résistance, via la chaîne alimentaire et les denrées d'origine animale constitue l'une des voies de propagation de la résistance (Wooldridge, 2012). L'utilisation des agents antimicrobiens chez l'homme comme chez les animaux élevés pour l'alimentation humaine a des conséquences majeures sur la santé humaine et animale, car elle peut favoriser le développement de bactéries résistantes (pathogènes et/ou commensales porteuses de gènes codant pour la résistance) (Aidara-Kane, 2012). La flore intestinale des animaux peut constituer un réservoir de bactéries antibiorésistantes capables d'infecter ou de coloniser les hommes par la chaîne alimentaire (Vuuren, 2001). Les produits animaux peuvent contenir des bactéries résistantes aux antimicrobiens à la suite d'une contamination fécale lors de l'abattage (Verraes et al., 2013).

L'augmentation mondiale de l'utilisation d'antibiotiques comme partie intégrante de l'industrie de la production de volaille et de bétail pour traiter et prévenir les maladies bactériennes infectieuses et comme promoteurs de croissance à des niveaux sous-thérapeutiques dans les aliments pour animaux a conduit au problème du développement de la résistance bactérienne

## INTRODUCTION

---

aux antibiotiques (Apatha, 2009). Cela crée des conditions favorables à l'émergence, au développement, à la propagation et à la persistance de bactéries résistantes aux antimicrobiens (Aidara-Kane, 2012). L'usage des antibiotiques en élevage avicoles est considéré comme la principale cause (facteur de risque) de la résistance des bactéries qui contaminent la viande de volaille. Mais la résistance aux antibiotiques persiste malgré l'utilisation restreinte de plusieurs antibiotiques clés, ce qui indique qu'il existe des éléments régissant l'évolution de ces systèmes de résistance, dont beaucoup sont indépendants de l'utilisation des ATB (Baker-Austin et al., 2006). Dans cette étude, nous avons cherché d'autres facteurs de risque liés à la résistance aux antimicrobiens des bactéries qui contaminent les viandes de volaille. Parmi les facteurs de risque étudiés, l'utilisation excessive de désinfectants et de biocides comme moyen de contrôler la propagation du virus pendant la pandémie de COVID-19 (Décret-exécutif, 2020a) et (Décret-exécutif, 2020b).

La résistance croisée aux antibiotiques induite par les biocides a été démontrée à plusieurs reprises (Oniciuc et al., 2019). Les bactéries tolérantes à une large gamme de composés antimicrobiens (y compris les biocides) sont de plus en plus fréquentes dans la chaîne alimentaire (Morente et al., 2013). Bien que de nombreuses études fassent état de l'isolement de souches bactériennes résistantes aux antimicrobiens dans les aliments, et bien qu'il existe un risque théorique de causalité entre cette résistance et l'utilisation de biocides, la plupart des études réalisées pour le démontrer sont des études *in vitro* utilisant des isolats bactériens cultivés en laboratoire, soumis à des concentrations sublétales (inférieures aux recommandations de l'industrie alimentaire) de désinfectants ou d'agents d'assainissement (Donaghy et al., 2019).

Afin d'identifier d'autres facteurs de risque associés à la résistance aux antimicrobiens des bactéries isolées des viandes de volaille, nous avons effectué une régression linéaire multiple pour évaluer l'association entre chaque facteur prédictif et le risque (résistance des bactéries aux antimicrobiens), en sélectionnant des facteurs explicatifs qui ont une valeur significative  $p \leq 0,05$ . Nous avons construit ensuite un modèle linéaire multiple contenant seulement des facteurs prédictifs. Cette étude peut nous aider à estimer approximativement le taux de résistance aux antimicrobiens à travers une formule de prédiction. La méthode d'analyse en composantes principales (ACP) permet de représenter graphiquement les facteurs influents dans cette étude. L'analyse descriptive (ACP) et l'analyse prédictive (régression linéaire multiple) ont produit des résultats similaires dans cette étude.

Dans ce contexte, les objectifs fixés dans cette étude, c'est l'identification des facteurs associés à la contamination bactérienne des viandes de volaille dans les boucheries, et la

## INTRODUCTION

---

détection des facteurs liés à la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées des viandes de volaille.

Dans ce sens notre travail est subdivisé en deux parties :

Une étude bibliographique, qui traite des généralités sur la contamination bactérienne des viandes de volaille et leur résistance aux antibactériens.

Une étude expérimentale, réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie du Département des Sciences Vétérinaires de l'Université de Batna, comportant deux chapitres :

- L'estimation de la qualité hygiénique des viandes de volaille commercialisées dans la région de Biskra et l'étude des facteurs de risque associés au risque de la contamination bactérienne des viandes de volaille, et le calcul de cette contamination bactérienne via une formule de régression, ainsi une analyse statistique, par l'analyse des correspondances multiples (ACM) et la régression linéaire multiple a été appliquée pour examiner si les différents facteurs étaient associés à la contamination bactérienne de la viande de volaille.
- Une étude microbiologique des différentes bactéries isolées des viandes de volaille et l'identification des facteurs de risque affectant la résistance aux antibiotiques de ces bactéries isolées, l'estimation de la résistance aux antibiotiques a été présentée par une équation de régression ainsi, une analyse statistique, par l'analyse en composantes principales (ACP) et la régression multiple a été appliquée pour examiner si les différents facteurs de risque étaient associés à la résistance des bactéries isolées des viandes de volaille.

---

## **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **1. Généralités sur les viandes de volaille**

De façon générale, les viandes désignent toutes les parties d'un animal qui sont destinées à la consommation humaine ou ont été jugées saines et propres à cette fin (Codex alimentarius, 2005).

Le terme volaille abattues englobe tous les oiseaux vivants à l'état domestique tels que les poules, dindes, canards, oies et autres y compris les oiseaux de même espèce que le gibier s'ils sont nés et élevés à la ferme et ayant subi un abattage conforme aux spécifications légales en vigueur (Arrêté-interministériel,1995).

### **1.1. Procédé d'abattage des volailles**

#### **1.1.1. Définition de l'abattoir :**

Tout local approuvé/homologué et/ou enregistré par l'autorité compétente, utilisé pour l'abattage et l'habillage d'animaux spécifiés destinés à la consommation humaine (Codex alimentarius, 2005).

Les conditions en matière d'hygiène, d'abattage, de transport, de stockage et de conservation des volailles mises à la consommation doivent être conformes aux dispositions du décret exécutif n° 91-53 du 23 février 1991.

#### **1.1.2. Normes d'installation de l'abattoir :**

Les abattoirs doivent répondre aux conditions suivantes (Décret-exécutif, 2004):

- les lieux de travail doivent être conçus et disposés de façon à éviter toute contamination des produits ;
- les murs, les plafonds, les portes et les fenêtres doivent présenter des surfaces lisses faciles à nettoyer et à désinfecter, en matériaux résistants imperméables et en matière non absorbante ;
- le sol doit être incliné de façon à permettre l'évacuation des liquides résiduels ;
- les établissements de production doivent, en plus des conditions citées ci-dessus, permettre également la circulation dans une seule direction allant des zones dites sales vers les zones dites propres. Les différentes zones doivent être séparées les unes des autres.

### **1.1.3. Description du procédé d'abattage des volailles :**

Les animaux sont soumis, avant et après leur abattage, à l'inspection vétérinaire selon l'Article 86 de la loi n° 88-08 relative aux activités de médecine vétérinaire et à la protection de la santé animale, les modalités d'inspection sont fixées par le décret exécutif n° 95-363 du 11 novembre 1995. La préparation des volailles se fait en plusieurs étapes (Figure 1) :

#### **1.1.3.1. Accrochage**

Les volailles arrivent à l'abattoir par camions, dans des caisses ou des conteneurs qui sont déchargés sur une aire d'attente. Les conteneurs ou caisses alimentent ensuite une chaîne d'accrochage où des opérateurs saisissent les volailles par les pattes pour les accrocher à des étriers sur un convoyeur aérien qui les transférera vers le local de saignée (Balty et al., 2017).

#### **1.1.3.2. Saignée**

Qu'elle soit manuelle ou automatique, cette opération permet la libération de 30 à 50 % du volume sanguin, soit environ 4 % du poids vif de l'animal. Le temps de saignée (3 minutes environ) doit être suffisamment long pour permettre une saignée suffisante (Arrêté-interministériel, 2014), et aussi pour évacuer le maximum de sang et éviter ainsi la coloration rosée due à une saignée incomplète, cause de déclassement de la carcasse et aussi à des fins hygiéniques (le sang étant un bon milieu de culture pour les micro-organismes) (CAVTK, 2003).

#### **1.1.3.3. Échaudage**

Après la saignée, les oiseaux sont ébouillantés dans de l'eau chaude à une température comprise entre 50 et 60° C. Cette opération de trempage a pour but de faciliter la plumaison ultérieure (Rouger et al., 2017).

#### **1.1.3.4. Plumaison**

Ensuite, les plumes sont arrachées mécaniquement des oiseaux ébouillantés (Rouger et al., 2017). Les plumeuses sont constituées d'un tambour ou d'un disque muni de doigts de caoutchouc qui éliminent les plumes préalablement échaudées (CAVTK, 2003).

### ***1.1.3.5. Éviscération***

L'éviscération peut être effectuée par aspiration mécanique ou manuellement après l'ouverture des carcasses. À ce stade, le gésier, le cœur et le foie sont également récupérés. (Rouger et al., 2017).

### ***1.1.3.6. Lavage***

Les carcasses entièrement vidées sont nettoyées par aspersion d'eau (CAVTK, 2003).

### ***1.1.3.7. Emballage***

La volaille fraîchement abattue et soigneusement vidée doit être ensuite placée immédiatement au frais. Il ne faut en aucun cas emballer de la viande non refroidie. Emballé sous sachet en polyéthylène ou emballé sous film recouvrant une barquette, le poulet peut généralement bien se conserver en frais pendant : 1 à 1,5 semaines en milieu 0° C à 4° C. Emballé dans un sachet rétractable, imperméable dans lequel on a fait le vide, la conservation peut couvrir une période de 2 à 3 semaines. En milieu congelé (-25° C), et sous emballage en sachets plastiques, la volaille peut se conserver jusqu'à 6 mois (CAVTK, 2003).

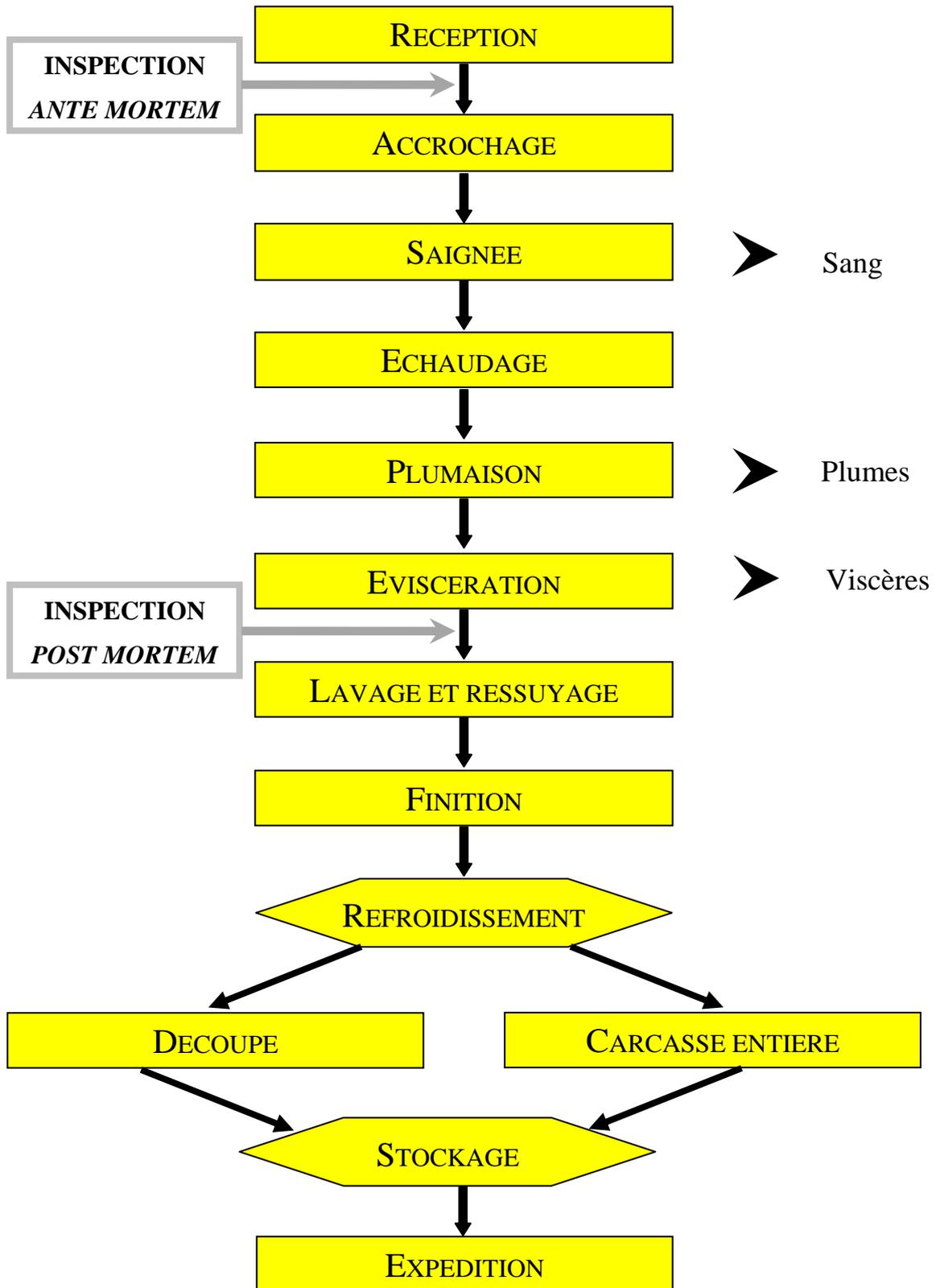


Figure 1. Diagramme d'abattage de volaille

### 1.2. Présentation commerciale des viandes de volaille en Algérie

Les circuits de commercialisation sont en pleine mutation puisque, l'abattage et la vente des volailles vivantes sur les marchés sont en voie d'être totalement interdits. A cet effet, une réglementation a été promulguée qui est l'arrêté interministériel du 26 mai 2001 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 2 juillet 1995 relatif à la mise à la consommation des volailles abattues (Arrêté-interministériel, 2001).

Avant l'instauration de cette réglementation, les circuits de distribution des poulets étaient complexes, avec de nombreux intermédiaires. Dans le but d'améliorer la qualité hygiénique et microbiologique des viandes de volaille, ce circuit est en passe de s'inverser rapidement au profit de l'abattage industriel et il est prévu que la physionomie des circuits de commercialisation se présente comme schématisé à la (Figure 2).

Chez les revendeurs, on trouve (Arrêté-interministériel, 1995) :

- Volailles éviscérées : les volailles prêtes à cuire, complètement dépourvues de plumes, filoplumes et sicots et ayant subi l'ablation totale de la tête, de l'œsophage, du jabot, de la trachée, du cœur, des poumons, du proventricule, du gésier, du foie, des intestins et des pattes ;
- Volailles effilées : les volailles dépourvues de plumes à l'exception de la collerette des jarrets et ailerons (bouts d'ailes) et ayant subi l'ablation de l'intestin par l'office cloacale, sans retirer le jabot, le gésier, le cœur, les poumons, le foie, la tête et les pattes. En on outre, les volailles effilées peuvent, à la base de la tête, une collerette de plumes ne dépassant pas deux (2) centimètres de large et quelques plumes aux jarrets.
- Viandes de volaille : sont toutes carcasses de volaille ou morceaux de carcasses de volaille.
- Les abats comestibles des volailles évicérées, peuvent être commercialisés séparément.

## Généralités sur les viandes de volaille

Durant tout le processus de mise à la consommation, les volailles abattues sont conservées sous froid (réfrigération, congélation, surgélation). Les conditions en matière d'hygiène, d'abattage, de transport, de stockage et de conservation des volailles mises à la consommation doivent être conformes aux dispositions du décret exécutif n° 91-53 du 23 février 1991. L'emballage et le conditionnement des volailles abattues et l'étiquetage doivent être conformes aux dispositions de l'arrêté interministériel du 2 juillet 1995 relatif à la mise à la consommation des volailles abattues (Arrêté-interministériel, 1995).

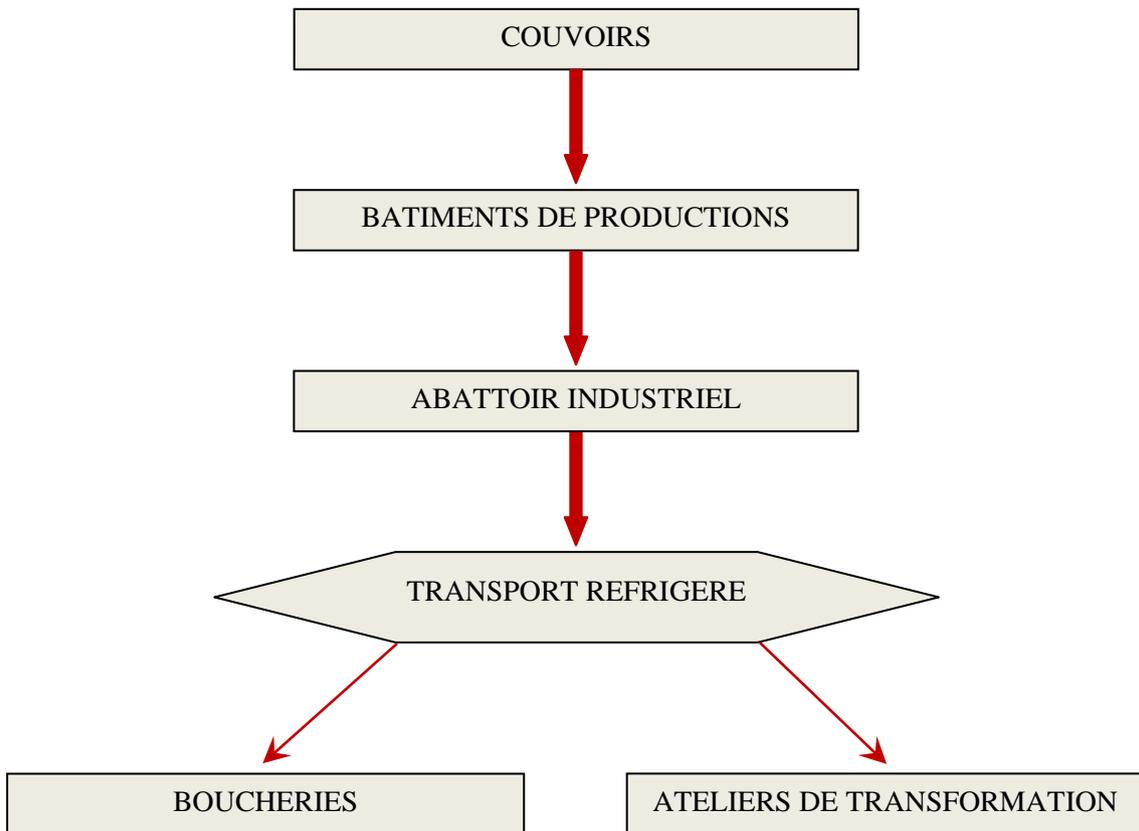
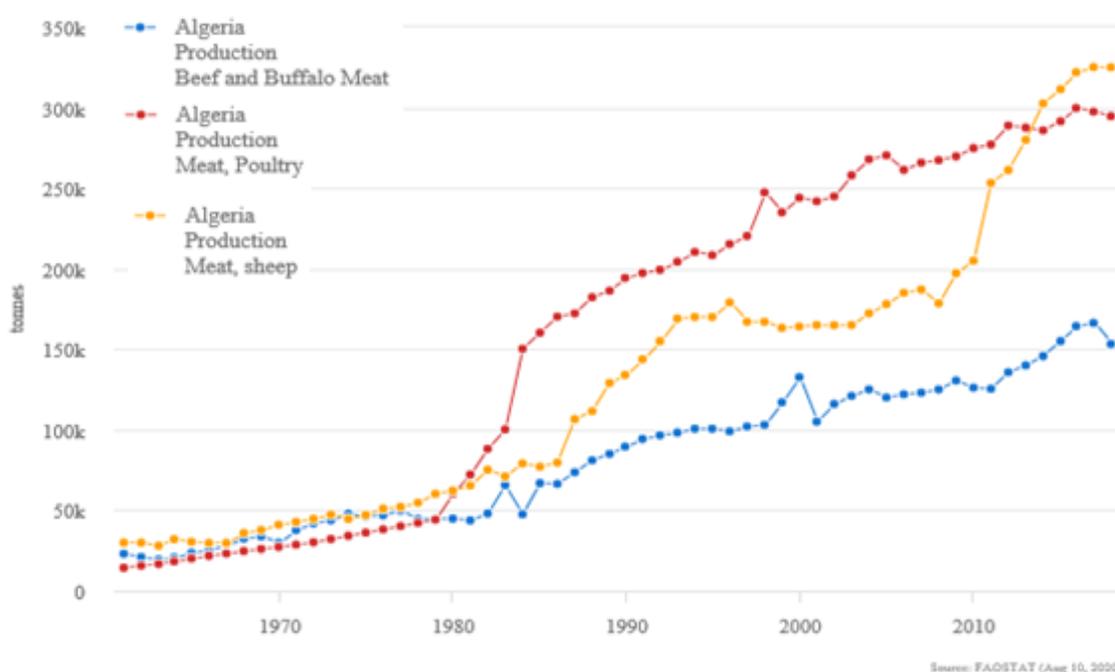


Figure 2. Exemple du nouveau circuit de distribution du poulet en Algérie.

### 1.3. Evolution de la production des viandes de volaille en Algérie

Le secteur de la volaille continue à se développer et à s'industrialiser dans de nombreuses régions du monde. Pour répondre à la demande croissante, la production de viande de volaille mondiale s'est élevée de 9 millions de tonnes en 1961 à 120 millions de tonnes en 2016. En 2016, la viande de volaille représentait environ 36% de la production mondiale de viande selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Les dernières données de la FAO indiquent que depuis 2018, la volaille est devenue la viande la plus consommée au monde (Guergueb et al., 2021).

En Algérie, La production de viande blanche a connu une progression appréciable, passant de 24000 tonnes en 1968 à 200000 tonnes en 1999 pour les poulets de chair (Feliachi et al., 2003). Selon les statistiques de la FAO, la production de dinde a connu une croissance relative plus marquée passant de 250 tonnes en 1990 à 11600 tonnes en 2005. La viande de volaille a été la principale viande consommée, dépassant la consommation de la viande ovine et bovine entre 1980-2012 (Figure 3), avec un taux de croissance annuel de 10 % de 1980 à 2005 (Figure 3) (Guergueb et al., 2021). Cette augmentation s'explique par les efforts accomplis dans le domaine avicole, ce qui a permis de faire passer la consommation de viande blanche de 0,5 kg/an/habitant en 1968 à 9 kg/an/habitant en 1995 (Feliachi et al., 2003). Néanmoins, le niveau actuel reste encore faible comparé aux niveaux de consommation des pays développés qui se situe à plus de 20 kg de viande blanche/habitant/an. Cependant le taux de croissance annuel de la production a chuté à 0,74 entre 2005-2018 (Figure 3). Cette diminution de la consommation est due à nombreux problèmes qui touchent le secteur avicole, parmi ces problèmes la qualité hygiénique des viandes de volaille.



**Figure 3. Evolution annuelle de la production nationale des viandes de 1963 à 2018 (FAO)**

### **1.4. Le danger bactérien lié à la consommation des viandes de volaille**

La qualité microbiologique des aliments est de première importance pour la sécurité alimentaire. Comme la plupart des viandes, la volaille crue est souvent fortement contaminée par des micro-organismes (Mckee, 2007). La viande de volaille est donc un vecteur de nombreuses bactéries pathogènes lié à la contamination de ces viandes aux différentes étapes de production. Les viandes de volaille sont pratiquement toujours contaminées par *Campylobacter jejuni* ou *Campylobacter coli*, parfois à des niveaux très élevés. *Salmonella* est aussi souvent détectée sur la viande et le sérotype *Enteritidis*, reste de loin le plus fréquent (Daube, 2005).

#### **1.4.1. Les zoonoses alimentaires**

Les zoonoses alimentaires ; maladies de l'homme induites par la consommation d'aliments d'origine animale contaminés par un danger biologique dont l'animal était la source (Fosse et al., 2008). En effet, ces dangers biologiques, sont le plus souvent associés à un portage inapparent chez les animaux producteurs ; ces dangers ne sont pas détectables macroscopiquement, tant au stade de la production primaire qu'à celui de l'abattage (Fosse et al., 2008), mais sont responsables chez l'homme de maladies très fréquentes, telles les gastro-entérites, en général bénignes, à *Salmonella* ou *Campylobacter*, mais aussi parfois mortelles, comme pour la listériose (*Listeria monocytogenes*) (Daube, 2002).

#### **1.4.2. Les toxi-infections alimentaires (TIA)**

Une toxi-infection alimentaire (TIA) est un exemple de dysfonctionnement de l'organisme résultant de l'ingestion d'un aliment contaminé par des micro-organismes pathogènes. Elle est qualifiée de collective (TIAC) lorsque peuvent être observés deux cas au moins présentant la même symptomatologie gastro-intestinale dont la cause à une même origine alimentaire (Guillet et al., 2002). La Figure 4 présente l'évolution annuelle de l'incidence des TIAC en Algérie année 2000-2017.

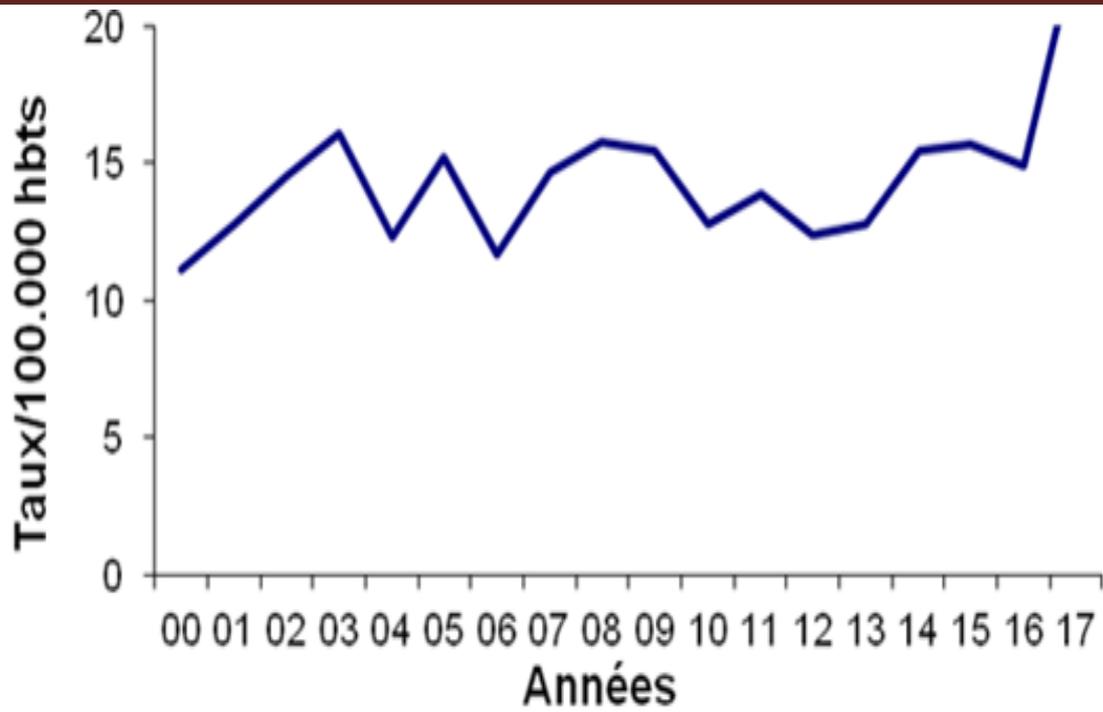


Figure 4. Evolution annuelle de l'incidence des TIAC en Algérie année 2000-2017 source (INSP, 2017)

#### 1.4.3. L'antibiorésistance

Une autre menace pour la santé publique réside dans l'utilisation inappropriée des antibiotiques dans l'élevage des volailles, qui peut conduire à l'émergence et au développement croissant de la résistance bactérienne aux antibiotiques.

### 1.5.Hiérarchisation des dangers bactériens transmis par les viandes de volaille

La hiérarchisation des dangers se fondait essentiellement sur l'établissement d'un score semi-quantitatif de la gravité des cas cliniques induits par les dangers chez le consommateur, combiné à un score de probabilité de présence sur l'aliment étudié (Fosse et al., 2008).

Le Tableau 1 illustre les principales bactéries pathogènes pour l'homme transmissibles via la viande de volaille. Nous limiterons notre discussion à certains germes portés par les volailles car elles sont les plus importantes en termes de fréquence et de gravité.

**Tableau 1.Synthèse des dangers bactériens pouvant avoir un impact sur la santé humaine par la consommation des viandes de volaille (Extrait Résultats Enquête FIA, 2006) cité par (ITAVI, 2010).**

Danger bactérien	Présence chez l'animal vivant	Importance de la présence dans les viandes crues	Gravité des symptômes chez l'homme
<i>Salmonella</i>	+++	++	++
<i>Listeria monocytogenes</i>	+	++	+++
<i>Staphylococcus aureus</i>	++	++	+
<i>Clostridium perfringens</i>	++	+	+
<i>Clostridium botulinum</i>	+	-	+++
<i>Campylobacter spp</i>	+++	+++	+
<i>Bacillus anthracis</i>	-	-	+++
<i>Bacillus cereus</i>	-	-	++
<i>Yersinia enterocolitica et Y. pseudotuberculosis</i>	+	+	++

## 2. Principales bactéries pathogènes qui contaminent les viandes de volaille

### 2.1. Salmonella

Depuis de nombreuses années, *Salmonella* constitue la cause majeure des infections du tractus digestif humain, liées à la consommation de denrées alimentaires d'origine animales, parmi ces denrées, les produits de viande de volaille (Van Immerseel et al., 2005). Les salmonelloses sont des zoonoses majeures en raison de leur fréquence (300 000 cas de salmonellose humaine par an en Europe de l'Ouest, deux millions aux Etats-Unis), et de leur gravité (Toma, 2004).

#### 2.1.1. Description générale des salmonelles

Les bactéries du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae* (Gledel, 1996b), elles sont des bacilles à coloration Gram négative, non sporulants, la plupart du temps doués d'une mobilité propre grâce à des flagelles péritriches (à l'exception de *Salmonella Gallinarum*). La taille des bâtonnets varie entre 2 et 5 µm de longueur sur 0,7 à 1,5 µm de largeur. Ils sont aéro-anaérobies, réduisent les nitrates en nitrites, peuvent utiliser le citrate comme seule source de carbone, fermentent le glucose mais pas le lactose ni le sucrose et produisent du gaz à partir du glucose (sauf *Salmonella Typhi*), la réaction au test à l'oxydase est toujours négative cité par (Korsak et al., 2004).

Le genre *Salmonella* se divise en trois espèces (*Salmonella bongori*, *Salmonella subterranea* et la principale, *Salmonella enterica*, qui comprend six sous-espèces réparties en plus de 2500 sérovars) (Chanteau & Martin, 2008). La nomenclature basée sur le système de sérotypage développé par Kauffman et White qui est utilisé pour le classement des salmonelles (Delhalle et al., 2008), à l'heure actuelle, 2.541 sérotypes sont reconnus officiellement ; ceux-ci résultent des multiples combinaisons des antigènes somatiques O, de nature polysaccharidique, des antigènes flagellaires H, de nature protéique et, enfin, capsulaires (Vi) (Korsak et al., 2004). Parmi lesquels on distingue les sérotypes *Typhi* et *Paratyphi* à réservoir strictement humain et responsables des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes et les autres sérotypes responsables des salmonelloses dites mineures (Vaillant et al., 2004).

#### 2.1.2. Caractéristiques des salmonelles

- Température

*Salmonella* est une bactérie mésophile : son optimum de croissance est proche de la température corporelle des animaux à sang chaud (35-43° C) (Korsak et al., 2004), mais plusieurs sérotypes peuvent croître entre +5° et +47° C, la congélation provoque une réduction des *Salmonella* sans assurer leur totale disparition (Gledel, 1996b).

## Principales bactéries pathogènes qui contaminent les viandes de volaille

---

- pH

Les *Salmonella* supportent des pH allant de 4,9 à 9,0 avec un optimum de 6,5 à 7,5 (Gledel, 1996b), la croissance est stoppée à des pH extrêmes (< 3,8 ou > 9,5) (Korsak et al., 2004).

- Aw

Les *Salmonella* se développent bien pour des valeurs d'Aw de 0,945 à 0,999 (Gledel, 1996b).

- NaCl

Ces organismes croissent généralement bien en présence de 0,4 à 4 % en NaCl, mais peuvent résister à des concentrations de 20 % en sel durant des semaines (Delhalle et al., 2008).

### 2.1.3. Données épidémiologiques sur les toxi-infections à salmonelles

Les *Salmonella* sont responsables de zoonoses majeures correspondant à l'infection salmonellique ou salmonellose (Brisabois, 2001). Ce sont des zoonoses majeures en raison de leur fréquence (300 000 cas de salmonellose humaine par an en Europe de l'Ouest, deux millions aux Etats-Unis), et de leur gravité (Toma, 2004).

Le pourcentage de transmission par l'aliment est estimé à 95 % (Korsak et al., 2004), en principe, tous les animaux de rente peuvent être contaminés et donc constituer un risque pour l'homme (Van Immerseel et al., 2005). Les aliments le plus souvent responsables sont les viandes et les produits carnés, les volailles et les produits dérivés, et surtout actuellement les œufs et les ovoproduits (Gledel, 1996b).

Une température de stockage inappropriée a été considérée comme un des facteurs contributifs essentiels. Ensuite, une cuisson inadéquate et l'hygiène personnelle déficiente devaient être mises en cause (Korsak et al., 2004).

Selon le rapport publié par l'EFSA en janvier 2015 et relatif aux données de prévalence rapportées par les États membres pour l'année 2013, *Salmonella* demeure après *Campylobacter* la principale cause d'infection humaine d'origine alimentaire. Le nombre de cas humains de salmonellose rapporté en Europe a diminué de façon continue entre 2008 (n=134580) et 2013 (n=82694). L'hypothèse la plus probable avancée pour expliquer cette diminution, réside dans le succès des programmes européens de lutte contre *Salmonella* pour réduire la prévalence de la bactérie dans les populations de volaille, en particulier chez les poules pondeuses (Lailler et al., 2015).

### **2.1.4. Données épidémiologiques sur la contamination des viandes de volaille par les salmonelles**

*Salmonella* est une bactérie présente dans l'environnement ainsi que chez un grand nombre d'animaux qui, le plus souvent, l'héberge de manière asymptomatique. Cette bactérie peut survivre dans l'environnement pendant de longues périodes, contribuant ainsi au maintien de la bactérie au sein du réservoir animal (Lailler et al., 2015).

La viande de poulet de chair étant la viande pour laquelle l'isolement de ce germe est le plus courant (Cardinale, 2000b). Le fort taux d'infection salmonellique des oiseaux d'élevage est la cause de la fréquente contamination des produits avicoles par des salmonelles (Bornert, 2000 b). L'existence de cycles contaminants impliquant l'environnement – les animaux sauvages et domestiques – les aliments – l'homme, a été démontré par l'équipe néerlandaise de Kampelmacher (1983) (Gledel, 1996b).

Certains sérotypes sont adaptés à une espèce hôte en particulier, notamment *Gallinarum* chez les volailles, mais la plupart n'ont pas d'hôte préférentiel et peuvent infecter aussi bien l'homme que l'animal. C'est dans ce dernier groupe que se trouvent les principaux sérotypes agents de toxi-infections alimentaires. L'animal, le plus souvent porteur asymptomatique, constitue un réservoir pour les salmonelles et les productions animales, viandes et œufs en particulier, sont des vecteurs de la contamination (Bornert, 2000 b).

### **2.1.5. Prévalence de la contamination par les salmonelles des viandes de volaille**

Dans les établissements infectés en l'absence d'épisode clinique, la proportion de sujets hébergeant des salmonelles est de l'ordre de 2,5 à 8%. Après abattage, la proportion de carcasses contaminées peut s'élever en revanche à 70% ou plus (Ganiere, 2008).

En 2002, dans tous les pays européens, à l'exception des pays scandinaves, on trouvait entre 10 et 15 % des poulets en vente dans les boucheries contaminées par *Salmonella*. En Belgique 2003, les taux de contamination suivant ont été relevés dans la viande de volaille : 12,1 % sur la peau des carcasses de poulets de chair ; 11,7 % dans les filets de poulet et 29,3 % dans les préparations de viande de volaille (Van Immerseel et al., 2005). Les pays membres de l'Union européenne ont rapporté en 2006 un nombre important d'échantillons positifs. A l'abattoir, la prévalence des échantillons variait de 0 à 15,1 % et au niveau de la transformation de 0 à 13,3 % (EFSA, 2007) cité par (Delhalle et al., 2008).

Les données collectées dans les différents pays indiquent aussi de fortes variations de contamination des volailles en *salmonella*. Allant de 2,2% des abats d'Autriche prélevés des abattoirs en Iran (Rahimi, 2012) jusqu'à 46,6% des carcasses de poulet au niveau des abattoirs

## Principales bactéries pathogènes qui contaminent les viandes de volaille

belges selon (Daube et al., 2002). De 2% à 18.5% des viandes de poulet au niveau des boucheries en Europe (EFSA, 2005) jusqu'à 65,85% des carcasses de poulet au niveau des boucheries en Tchad selon (Abba et al., 2017) et ne dépassant pas 6,7% des viandes de dinde ont été contaminées par *Salmonella* (Daube et al., 2002), (Rahimi, 2012) et (EFSA, 2015).

En Algérie, différents résultats des analyses en vue de rechercher *Salmonella spp* dans les volailles obtenus sont présentés dans le dans le Tableau 2.

**Tableau 2. Prévalence de contamination par *Salmonella spp* des viandes de volaille en Algérie**

<b>Espèce</b>	<b>Prévalence</b>	<b>Origine</b>	<b>Référence</b>
Poulet	50	Abattoir	(Guergueb et al., 2014)
Volaille	21	Absent	(Mezali & Hamdi, 2012)
Poulet	6,76	Boucherie	(Hamitouche & Chahed, 2012)
Poulet	8,8	Boucherie	(Abdelli et al., 2012)
Poulet	70	Abattoir	(Djeffal et al., 2010)

## 2.2. Campylobacter

Les toxi-infections alimentaires causées par *Campylobacter* sont considérées comme l'une des principales causes bactériennes de gastro-entérites dans les pays industrialisés (Hue et al., 2010) comme dans les pays en développement (Megraud, 2004).

### 2.2.1. Description générale des Campylobacter

Les *Campylobacters* appartiennent à la famille des *Campylobacteriaceae* dont le genre *Campylobacter* est le genre type. Les *Campylobacters* sont des bactéries de forme incurvée ou hélicoidale, de 0,2 - 0,5 µm sur 0,5 - 5,0 µm, à Gram négatif, très mobiles grâce à un 1 ou 2 flagelles polaires, Oxydase +, ne fermentant et n'acidifiant jamais les sucres, microaérophiles pour la plupart (Gledel, 1996a).

Parmi les nombreuses espèces du genre *Campylobacter*, une espèce est dominante en pathologie humaine, il s'agit de *Campylobacter jejuni*; *Campylobacter coli* et *Campylobacter fetus* sont également rencontrés (Megraud, 2004).

### 2.2.2. Caractéristiques des Campylobacter

- Température

Multiplication entre 5° C et 45° C, avec un optimum de croissance à 37° C (bactérie mésophile) (Megraud, 2004). Les *Campylobacters* thermotolérants (*Campylobacter jejuni*; *Campylobacter coli*, *Campylobacter lari*, *Campylobacter upsaliensis*) cultivent à 42-43° C ; La congélation, si elle provoque une disparition partielle, n'assure pas leur élimination (Gledel, 1996a). Cette bactérie est en revanche plutôt résistante à la réfrigération (0 à 10° C), cette survie variant selon les conditions de réfrigération (bactérie plus résistante sur supports solides) (Megraud, 2004).

- pH

La fourchette optimale de pH pour la croissance de *Campylobacter jejuni* est 6,5 - 7,5 et les bornes de pH d'inhibition de la croissance les plus couramment admises sont 4,7 et 8,2 (Megraud, 2004).

- NaCl

Les *Campylobacters* ne cultivent pas en présence de 3,5 de NaCl (Gledel, 1996a).

- Atmosphères gazeuses

Dans de nombreux travaux, la survie est meilleure quand la quantité de CO<sub>2</sub> présente est plus élevée (Megraud, 2004).

- Dessiccation

Les *Campylobacters* sont très sensibles aux atmosphères sèches et à la dessiccation lorsqu'ils sont maintenus à des températures supérieures à 20° C, moins aux températures de réfrigération (+ 4° C). Toutefois, la texture de la peau des volailles, généralement conservée jusqu'à la consommation, permet la protection des bactéries (Megraud, 2004).

- Désinfection

Le chlore est actif sur les *Campylobacters* (Gledel, 1996a).

### **2.2.3. Données épidémiologiques sur la campylobactériose humaine**

La source principale des infections humaines est l'ingestion d'aliments contaminés, en particulier les viandes crues ou insuffisamment cuites, principalement la viande des volailles (Hue et al., 2010).

Les *Campylobacters* sont l'une des premières causes des infections entériques d'origine zoonotique (OMS & FAO, 2009). En 2007, la campylobactériose a constitué de nouveau la maladie zoonotique la plus fréquemment signalée chez l'homme dans l'Union Européenne, avec 200507 cas confirmés, la plupart des États membres ayant fait état d'une augmentation de leur nombre (EFSA, 2009).

*Campylobacter jejuni* est responsable de 80 à 90 % des cas d'infections à *Campylobacter*. L'infection touche tous les groupes d'âge mais l'incidence est maximale chez le nourrisson et le jeune enfant. Le risque pour la santé humaine provient de la consommation de viande après une cuisson insuffisante ou d'une contamination croisée d'autres denrées alimentaires (EFSA, 2009). *Campylobacter* appartient à la flore commensale des animaux (volaille, porcs et bovins) et peut être transmis à l'Homme par l'intermédiaire d'aliments contaminés insuffisamment cuits, principalement la viande de volaille (poulet) (King & Mégraud, 2012). Les experts de l'EFSA ont conclu que la manipulation, la préparation et la consommation de viande de poulet peuvent expliquer directement 20 à 30 % des cas de campylobactériose chez l'homme (EFSA, 2010).

### 2.2.4. Données épidémiologiques sur la contamination des viandes de volaille par *Campylobacter*

*Campylobacter jejuni* et *Campylobacter coli* vivent en commensaux chez de nombreux animaux domestiques ou sauvages et en particulier chez les oiseaux (Gledel, 1996a).

Existence des formes viables non cultivables (VNC). Ce sont les cellules, au sein d'une suspension bactérienne, qui conservent une activité métabolique (ou respiratoire) résiduelle mais qui sont : Incapables de se reproduire dans ou sur un milieu normalement adapté à leur culture non revifiables par les techniques classiques de revivification. Les formes viables non cultivables pourraient induire une sous-estimation du niveau de contamination (Megraud, 2004).

A l'abattoir, la contamination des carcasses par *Campylobacter* est diminuée après l'échaudage, mais la dissémination de la bactérie peut encore se produire, en particulier au cours des processus de plumaison et d'éviscération (Hue et al., 2010).

### 2.2.5. Prévalence de contamination par *Campylobacter* des viandes de volaille :

La bactérie a été détectée chez 78,8 % des poulets suivant une enquête de référence menée par l'Autorité Européenne pour la Sécurité des Aliments (EFSA) à l'échelle de l'UE sur *Campylobacter* chez les poulets au moment de l'abattage a été réalisée en 2008 (EFSA, 2010). Les résultats ne sont pas loin en Algérie, le taux des viandes de poulet, prélevées au niveau des abattoirs, contaminées par *Campylobacter* est estimé à 80% selon (Messad et al., 2012).

Le Tableau 3 présente la prévalence de contamination par *Campylobacter* des viandes de volaille en Algérie.

**Tableau 3. Prévalence de contamination par *Campylobacter* des viandes de volaille en Algérie**

Espèce	Prévalence	Prélèvement	Origine	Référence
Volaille	17,14	Peau du cou	Abattoir	(Bouhamed et al., 2016)
Poulet	80	Peau du cou	Abattoir	(Messad et al., 2012)
Dinde	67	Fiente	Elevage	(Bouhamed & Hamdi, 2010)

### 2.3. *Listeria monocytogenes*

#### 2.3.1. Description générale des *Listeria*

Appartenant à la famille des *Listeriaceae* et au genre *Listeria* (Delarras, 2007). Petits bacilles droits, à Gram positif, de 0,4 à 0,5 µm de diamètre sur 0,5 à 2,5 µm de longueur, aux extrémités arrondies, se présentant de manière isolée ou, parfois, en courtes chaînes, non acido-résistants, non capsulés, non sporulés, mobiles lorsqu'ils sont cultivés à 20 - 28° C, aéro-anaérobies mais cultivant mieux en aérobiose, catalase positive et oxydase négative (Euzeby, 2009).

Le genre *Listeria* comprend sept espèces organisées en deux branches (Catteau, 1996):

- *Listeria monocytogenes*, *Listeria ivanovii*, *Listeria innocua*, *Listeria welshimeri* et *Listeria seeligeri* ;
- *Listeria grayi*, *Listeria murrayi*.

#### 2.3.2. Caractéristiques des *Listeria*

*Listeria monocytogenes* est très résistante :

- Température

*Listeria monocytogenes* est psychrotrophe, prolifère entre +1° C et +45° C, son optimum de croissance se situant à 30 -37° C (Catteau, 1996). Les températures de réfrigération des aliments ne permettent toutefois qu'une croissance très lente de *Listeria monocytogenes* (Brisabois, 2008). *Listeria monocytogenes* n'est pas considérée comme un germe thermorésistant et est rapidement détruite à 60° C (AFSSA, 2000).

- pH

*Listeria monocytogenes* peut se multiplier entre pH 5 et pH 9,6 selon (Pearson et Marth, 1990) cité par (Catteau, 1996).

- Aw

La valeur optimale de l'Aw est de 0,97 mais la croissance est possible pour une Aw de 0,943 (Euzeby, 2009), ce qui traduit une résistance particulière de la bactérie aux environnements pauvres en eau comme les surfaces des fromages ou les carcasses d'animaux de boucherie (Brisabois, 2008).

- NaCl

*Listeria* présente une certaine halotolérance et toutes les souches cultivent en présence de 10% de NaCl. Certaines souches tolèrent même des concentrations en sel de 20 % (Euzeby, 2009).

- Les désinfectants

Des études ont montré que *Listeria monocytogenes* est sensible à différents agents couramment utilisés dans l'industrie agro-alimentaire tels que les dérivés chlorés, les dérivés iodés, les acides anioniques ou les ammoniums quaternaires, lorsqu'ils sont utilisés à des concentrations respectives de 100 ppm, 25-45 ppm, 200 ppm et 100-200 ppm (AFSSA, 2000).

### **2.3.3. Les données épidémiologiques sur la listériose maladie humaine**

La listériose humaine, provoquée par la bactérie *Listeria monocytogenes*, est une maladie grave, pouvant entraîner une issue fatale (Brisabois, 2008). Seule *Listeria monocytogenes* semble pathogène pour l'homme (Catteau, 1996).

C'est une maladie rare, dont on décrit environ 300 cas chaque année en France (De Valk et al., 2000), mais grave puisque la létalité peut atteindre jusqu'à 30 % (Bornert, 2000a). La maladie se rencontre sous forme de cas sporadiques et sous forme d'épidémie, liés à la consommation d'aliment contaminé par *Listeria monocytogenes* (Delarras, 2007). Cependant, l'absence de spores chez cette bactérie ne lui permet pas une résistance importante lors des traitements thermiques de stabilisation des aliments (Brisabois, 2008).

### **2.3.4. Données épidémiologiques sur la contamination des viandes de volaille par *Listeria monocytogenes***

La listériose est une infection essentiellement animale, accidentellement humaine. Elle sévit de façon sporadique chez les animaux, mais peut évoluer de façon endémique dans certains élevages en fonction des techniques d'élevage (AFSSA, 2000). Elle peut être hébergé de façon commensale par un grand nombre d'espèces : mammifères, oiseaux domestiques ou sauvages, poissons, amphibiens... (Larpen, 1995).

Chez les oiseaux, les infections provoquent une septicémie, des nécroses du foie et des péricardites. Plus rarement, l'infection se traduit par des encéphalites (Toma, 2004).

Les études menées en abattoirs de volaille ont montré que la source initiale éventuelle de *Listeria monocytogenes* se situait très certainement dans les élevages (Lahhellac et al., 1996). Grâce à ses qualités de résistances et ses potentialités de multiplication, *Listeria monocytogenes* est capable de coloniser très facilement les ateliers de production (Catteau, 1996). Ses capacités de résistance et de croissance lui permettent de contaminer très facilement nos aliments (Catteau, 1996). La bactérie peut être présente dans différentes catégories d'aliments, ces aliments sont généralement conservés au froid (réfrigération) (Cuq, 2007). Les viandes crues sont très souvent contaminées en *Listeria monocytogenes* (Catteau, 1996).

### **2.3.5. Prévalence de contamination par *listeria monocytogenes* des viandes de volaille**

En Algérie peu de recherches ont été effectuées en vue d'estimer la contamination éventuelle par *Listeria monocytogenes* des viandes de poulet. Une étude réalisée en Algérie par Bouayad et al (2012), portant sur cent (100) échantillons de viandes de volaille issues de trois unités de transformation au niveau de la wilaya d'Alger, ont été analysés et 14 (14%) se sont avérés positifs à *Listeria monocytogenes*, qui est loin des taux de prévalence de contamination de peau de poulet dans différents régions de monde retrouvé par Skovgaard & Morgen (1988) et Gohil et al (1995) qui est respectivement 47% et 50% alors que la prévalence de contamination de peau de dinde est 15% selon Genigeorgis et al (1990).

### **2.4. *Staphylococcus aureus***

Les staphylocoques appartiennent à la famille des *Micrococcaceae*. Trente-deux espèces de staphylocoques ont été individualisées ; le critère de leur classification est la production de coagulase (De Buyser, 1996), il y a trois espèces principales productrices de la coagulase, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius*, *Staphylococcus hyicus* selon (Kloos et Bannerman, 1994) cité par (De Buyser, 1996). Parmi les staphylocoques, *Staphylococcus aureus* est la principale espèce entérotoxinogène (De Buyser, 1996).

#### **2.4.1. Description générale des *Staphylococcus aureus***

Ce sont des coques à Gram positif, immobiles, non sporulés, d'un diamètre de 0,8 à 1 µm, se présentant de manière isolée ou groupés par deux ou, le plus souvent, groupés en amas de forme irrégulière, aéro-anaérobies, à métabolisme fermentatif (Euzeby, 1999). *Staphylococcus aureus* se caractérise par la production de pigment, d'une coagulase (+), d'un facteur agglutinant lié à la paroi ayant une affinité pour le fibrinogène et de nombreuses autres enzymes et toxines responsables de sa virulence (De Buyser et al., 2003).

#### **2.4.2. Caractéristiques des *Staphylococcus aureus***

- **Température**

La température optimale (35° C - 37° C) (Barthe et al., 2003). Une exposition à une température de 60° C pendant 0,43 à 8 minutes permet de détruire 90 % des cellules bactériennes. La production d'entérotoxines peut se faire entre 10° C et 48° C (De Buyser et al., 2003).

- **pH**

*Staphylococcus aureus* est sensible aux acides (pH minimum de croissance de 4) (De Buyser et al., 2003).

- **A<sub>w</sub>**

Tolère une activité de l'eau exceptionnellement basse pour une bactérie (*A<sub>w</sub>* minimum de 0,83 en aérobiose, 0,90 en anaérobiose) (De Buyser et al., 2003).

- **Sensibilité aux désinfectants**

Il présente une résistance particulière vis à vis des produits à base d'iode, de chlore et les peroxydes. Il est particulièrement sensible aux aldéhydes et aux produits alcalins (De Buyser et al., 2003).

- **Les entérotoxines**

Les entérotoxines sont de petites protéines (PM = 30000) constituées d'une simple chaîne d'acides aminés repliée sur elle-même sous une forme globulaire. Elles sont faiblement

## Principales bactéries pathogènes qui contaminent les viandes de volaille

---

antigéniques : 7 entérotoxines ont été purifiées depuis 1959, elles sont désignées par les lettres A, B, C1, C2, C3, D et E (De Buyser, 1996).

Les entérotoxines sont thermostables ou partiellement dénaturées à la chaleur. La dénaturation des entérotoxines pourrait être réversible. Elles sont résistantes aux rayonnements ionisants et à la congélation (De Buyser et al., 2003). Elles sont plus stables à pH élevé, jusqu'à 10 - 11, qu'à pH bas (2 à 4) (De Buyser, 1996).

### **2.4.3. Données épidémiologiques sur les toxi-infections à Staphylocoques**

L'entérototoxicose staphylococcique représente une des causes majeures des TIA d'origine bactérienne observées dans le monde. En France, *Staphylococcus aureus* est le 2ème agent responsable de TIA après les Salmonella. De plus, il représente la première bactérie mise en cause parmi les foyers dont l'agent est suspecté mais non identifié (Cuq, 2007).

En effet, l'ingestion d'entérotoxines présentes dans les aliments provoque un syndrome gastro-intestinal ou Toxi-infection Alimentaire (TIA) à staphylocoques (De Buyser, 1996). Les aliments peuvent être contaminés par les mains des porteurs sains ou infectés qui les manipulent ou par contact avec une matière première ou du matériel ou des surfaces contaminés (De Buyser et al., 2003).

*Staphylococcus aureus* présente une bonne capacité de survie dans l'environnement grâce à sa faculté d'adaptation et à sa résistance au stress (De Buyser et al., 2003), et peut ainsi contaminer les aliments (FAO & OMS, 2003).

Un aliment, primitivement souillé par des staphylocoques pathogènes, puis cuit et rendu stérile, peut néanmoins rester dangereux en raison de la thermorésistance de l'entérotoxine (Toma, 2004).

Souvent bénigne, son incidence doit être largement sous-estimée, notamment au niveau des foyers familiaux (De Buyser et al., 2003). Cependant, l'incidence réelle de cette maladie est difficile à apprécier parce que beaucoup de TIA ne sont pas déclarées officiellement (De Buyser, 1996).

En bactériologie alimentaire, seules les espèces capables de produire des entérotoxines sont considérées comme pathogènes (De Buyser, 1996).

Mode de transmission : Ingestion d'aliments variés crus ou cuits, contaminés et renfermant des entérotoxines (plats cuisinés de viandes, volaille, poisson et fruits de mer...) (De Buyser et al., 2003).

#### **2.4.4. Données épidémiologiques sur la contamination par *Staphylococcus aureus* des viandes de volaille**

Ce sont des germes ubiquistes que l'on trouve aussi bien sur la peau des animaux que chez l'homme (Dennai & Kharrati, 2001). Son principal habitat est la muqueuse du nez, la bouche, la gorge et la peau d'individus sains. Il peut être disséminé facilement dans l'environnement (FAO & OMS, 2003).

Différents travaux ont montré que les souches de *Staphylococcus aureus* sont présentes, en faible nombre, sur les volailles vivantes ; par la suite, elles sont disséminées sur l'ensemble des carcasses notamment lors de la plumaison (Lahhellac et al., 1996).

#### **2.4.5. Prévalence de contamination par *Staphylococcus aureus* des viandes de volaille**

Le niveau de contamination par le même germe des viandes de volaille prélevées des abattoirs algériens oscille entre 30% à 46,66% selon (Djeffal et al., 2010) et (Guergueb et al., 2014). La prévalence de contamination par *Staphylococcus aureus* des viandes de poulet a été estimée de 16,66% des échantillons prélevés des abattoirs de Maroc en 2011 selon (Khallaf et al., 2014).

La prévalence de contamination par *Staphylococcus aureus* des viandes de volaille en Algérie est résumée dans le Tableau 4.

**Tableau 4. Prévalence de contamination par *Staphylococcus aureus* des viandes de volaille en Algérie**

<b>Espèce</b>	<b>Prévalence</b>	<b>Prélèvement</b>	<b>Localisation</b>	<b>Référence</b>
Poulet	16	Écouvillon respiratoire	Abattoir	(Titouche et al., 2016)
Poulet	46.66	Viandes	Abattoir	(Guergueb et al., 2014)
Poulet	10,5	Poumon	absent	(Benrabia et al., 2012)
Dinde	16,75	Poumon	absent	(Benrabia et al., 2012)
Poulet	30	Viandes	abattoir	(Djeffal et al., 2010)

### **3. Origines et modes de contamination bactérienne des viandes de volaille**

La volaille et la viande de volaille sont souvent contaminées par des micro-organismes potentiellement pathogènes tels que *Salmonella*, *Campylobacter*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Listeria*. Dans certaines occasions, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas* et *Clostridium perfringens* peuvent également être des agents pathogènes importants dans les produits de volaille (Bhaisare et al., 2014). Les types de micro-organismes présents dans les viandes et leur nombre dépendent des conditions sanitaires de l'environnement d'origine, des propriétés et de la qualité microbiologique des ingrédients ajoutés, de l'ampleur de la transformation ainsi que des conditions de stockage, de manipulation et de distribution ultérieures (Sofos, 1994).

#### **3.1. Les microorganismes présents sur les volailles vivantes**

##### **3.1.1. Au cours de la période d'élevage**

Si les muscles sont stériles chez les oiseaux vivants en bonne santé, divers microorganismes sont hébergés dans le tube digestif, les poumons, la peau, les plumes, etc (Rouger et al., 2017).

##### **3.1.2. Au cours du transport**

Pendant le transport vers l'abattoir, les oiseaux sont souvent stockés dans des cages superposées, où les fèces tombant d'une caisse supérieure dans une caisse inférieure pourrait provoquer une contamination croisée. Il existe un problème supplémentaire si les caisses utilisées ne sont pas soigneusement nettoyées et désinfectées entre chaque lot (WHO, 2002). De nombreuses études ont montré que pendant le transport, les caisses de transport d'oiseaux vivants favorisent le contact des excréments du poulet contaminé avec les plumes et les pattes des autres poulets (Corry et al., 2002) ; (Marin & Lainez, 2009). Mead (1995) a cité que 46 % des oiseaux d'un lot de poulets de chair exempts de salmonelles ont été contaminés pendant le transport et que 99 % des caisses contenaient des salmonelles avant le chargement du troupeau.

#### **3.2. La contamination bactérienne des carcasses de volaille pendant les procédés d'abattage**

L'abattage des volailles dans les abattoirs à grande échelle est un processus rapide et hautement automatisé. Malgré les progrès technologiques, les possibilités de contamination et de propagation des bactéries pendant l'abattage restent considérables (Althaus et al., 2017). Dans les abattoirs, les surfaces, l'air (aérosols) et les liquides renferment également des bactéries. Par conséquent, les carcasses et les découpes après l'abattage des volailles peuvent

être contaminées par les microorganismes de l'animal et de l'environnement de l'abattoir (Rouger et al., 2017).

### **3.2.1. Type d'abattoir**

Le processus d'abattage traditionnel conduit à une augmentation significative de l'incidence de la flore bactérienne (Cohen et al., 2007).

### **3.2.2. Au cours de la réception des volailles**

Lors du déchargement des caisses de transport et de l'attente des animaux, peut se poser le problème des contaminations croisées entre différents lots stockés sur le même quai et à proximité (ITAVI, 2008).

### **3.2.3. Au cours de la saignée**

On pourrait s'attendre à ce que le couteau d'abattage introduirait des microorganismes dans le système circulatoire et donc la musculature (Mead, 1995).

### **3.2.4. Au cours de l'échaudage**

Le but de cette opération de trempage est de faciliter la plumaison ultérieure. Cette étape est le siège d'importantes contaminations croisées, d'autant plus quand la température est basse (Cardinale et al., 2000a).

Ces contaminations peuvent être d'origine multiple (Cardinale et al., 2000a) :

- mauvais nettoyage et désinfection des bacs ;
- contamination du plumage des animaux ;
- contamination par les fientes des animaux libérées lors du relâchement sphinctérien consécutif à la mort ;
- contamination des pattes des animaux.

Les températures élevées (50 à 60° C) de l'eau chaude utilisée pour l'échaudage contribuent à stopper la croissance bactérienne. Cela permet de diminuer les comptes bactériens présents sur la peau. Cependant, les températures élevées dilatent les follicules des plumes et détendent la peau des volailles. Les étapes ultérieures du traitement peuvent donc conduire à un transfert des bactéries des plumes vers la peau et les follicules, préalablement dilatés par l'eau chaude, et à un piégeage des bactéries après le refroidissement des carcasses plumées (Rouger et al., 2017).

### **3.2.5. Au cours de la plumaison**

Ce poste de plumaison représente, avec l'échaudage par trempage, un lieu favorable à la dissémination des microorganismes non seulement au cours d'une journée de travail, mais

également lors de la reprise le lendemain (Colin, 1992). En effet la pression exercée par les doigts plumeurs entraîne un transfert de la contamination des plumes gorgées d'eau d'échaudage vers les follicules plumeux et la surface de la peau (Cardinale et al., 2000a). Dans ces conditions, les possibilités de contamination et de dissémination des salmonelles et des autres micro-organismes pathogènes, sont grandes. Elles peuvent se réaliser non seulement d'une carcasse à l'autre, à l'intérieur d'un même lot, mais également d'un animal à un autre issu d'un élevage différent (Colin, 1992). Les doigts plumeurs, lorsqu'ils sont mal nettoyés ou désinfectés, peuvent constituer une source supplémentaire de micro-organismes (*Salmonella* et même *Listeria*) (ITAVI, 2008). Enfin, au cours de cette étape, on observe un refroidissement progressif de la surface de la peau du fait de l'arrosage de la carcasse par l'eau de rinçage des plumeuses qui entraîne une fermeture des follicules plumeux, enfermant alors des germes (Cardinale et al., 2000a). De plus, certaines plumeuses mal réglées sont rincées en continu avec de l'eau qui arrose les pattes des animaux avant de s'écouler sur la carcasse (ruissèlement des matières fécales présentes sur les pattes) (ITAVI, 2008). La plumaison manuelle à sec est moins contaminante à condition que la personne assurant la plumaison se nettoie régulièrement les mains entre deux poulets ; sinon, elle intervient aussi comme vecteur de contamination croisée (Cardinale et al., 2000a).

### **3.2.6. Au cours de l'éviscération**

L'étape de l'éviscération, en raison du microbiote présent à des taux élevés dans le tube digestif, est un point critique de la contamination des carcasses. Le tractus gastro-intestinal des oiseaux héberge de nombreuses bactéries, dont certaines peuvent être potentiellement dangereuses pour le consommateur, comme *Campylobacter spp.* ou *Salmonella* (Rouger et al., 2017). A l'éviscération, si l'intestin se rompt dans la carcasse et libère les matières fécales sur le muscle. Dans tous les cas, le manipulateur dont les mains sont souillées intervient aussi dans la contamination (Cardinale et al., 2000a). Certaines espèces responsables d'intoxication alimentaire (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens*) peuvent habiter passagèrement la peau, surtout sur les mains et être transmises à un aliment (Leyral & Vierling, 2007). Il existe une corrélation entre le nombre de *Campylobacter* dans les caecums et le niveau de contamination des carcasses (Rouger et al., 2017). L'opération d'éviscération automatique peut favoriser le phénomène de dissémination des microorganismes. Le jeun préalable reste la précaution la plus efficace pour éviter cette contamination (CAVTK, 2003).

### **3.2.7. Au cours du refroidissement**

Les inters contaminations sont possibles entre les parois des caisses, des chariots ou autres carcasses. L'inhibition de la multiplication de *Salmonella* et de *Campylobacter* intervient par la diminution rapide de la température et de l'activité de l'eau à la surface de la peau. Le bilan de cette étape est en général neutre pour *Salmonella*, au contraire de *Listeria* qui émerge le plus souvent à cette étape, soit par contact des carcasses avec les parois des caisses ou des chariots de ressuage soit par multiplication à ces températures de réfrigération (ITAVI, 2008).

### **3.2.8. Au cours du conditionnement et de la découpe**

Le stockage à basse température favorise la croissance des bactéries psychrotrophes et psychrophiles. Certaines espèces peuvent survivre tout au long du processus, comme *Shewanella putrefaciens*, fréquemment retrouvée sur les carcasses lors de l'abattage et toujours présente après 14 jours de stockage à l'air. Au cours du stockage, la charge bactérienne augmente mais la diversité du microbiote diminue par rapport à celle initialement présente. L'altération microbienne est la conséquence de la croissance et des activités métaboliques des bactéries d'altération (Rouger et al., 2017). Les surfaces constituent des gîtes pour les bactéries d'autant plus important qu'elles sont en mauvais état ; fissures, porosité, oxydation..., les principales surfaces à considérer sont les plans de travail, les équipements divers et les machines (Alloui, 2005). A ce stade, les manipulations et les nombreux contacts avec des surfaces souillées (bacs, chariots, tables) peuvent être à l'origine de contaminations croisées. Cette étape n'est cependant pas considérée comme un site majeur de contamination par *Salmonella*. Elle l'est par contre pour *Listeria* (ITAVI, 2008).

### **3.3. L'évolution de la contamination au cours de la conservation**

L'effet de la réfrigération des carcasses par air froid ou par bain d'eau froide sur leurs contaminants microbiens a été évalué. La réfrigération par air froid ralentit le développement du nombre total de viables (environ 1 log) et provoque une baisse rapide de la température. Cela inhibe la multiplication des *Salmonella* et des *Campylobacter*, le refroidissement par air réfrigéré serait donc plus efficace. Cependant, il faut tenir compte du fait que *Listeria* peut se développer à cette température de stockage. La durée de conservation du produit peut être augmentée par un stockage à basse température et l'absence de rupture de la chaîne du froid (Rouger et al., 2017).

Cependant, le respect des règles fondamentales d'hygiène du personnel d'une part, la stricte application des mesures de nettoyage et de désinfection des locaux et du matériel d'autre part sont des méthodes permettant de limiter l'importance des contaminations bactériennes ; le

## Origines et modes de contamination bactérienne des viandes de volaille

respect de la chaîne du froid tant au niveau du transport que celui de la commercialisation assurera par la suite la garantie d'un produit d'une bonne qualité microbiologique.

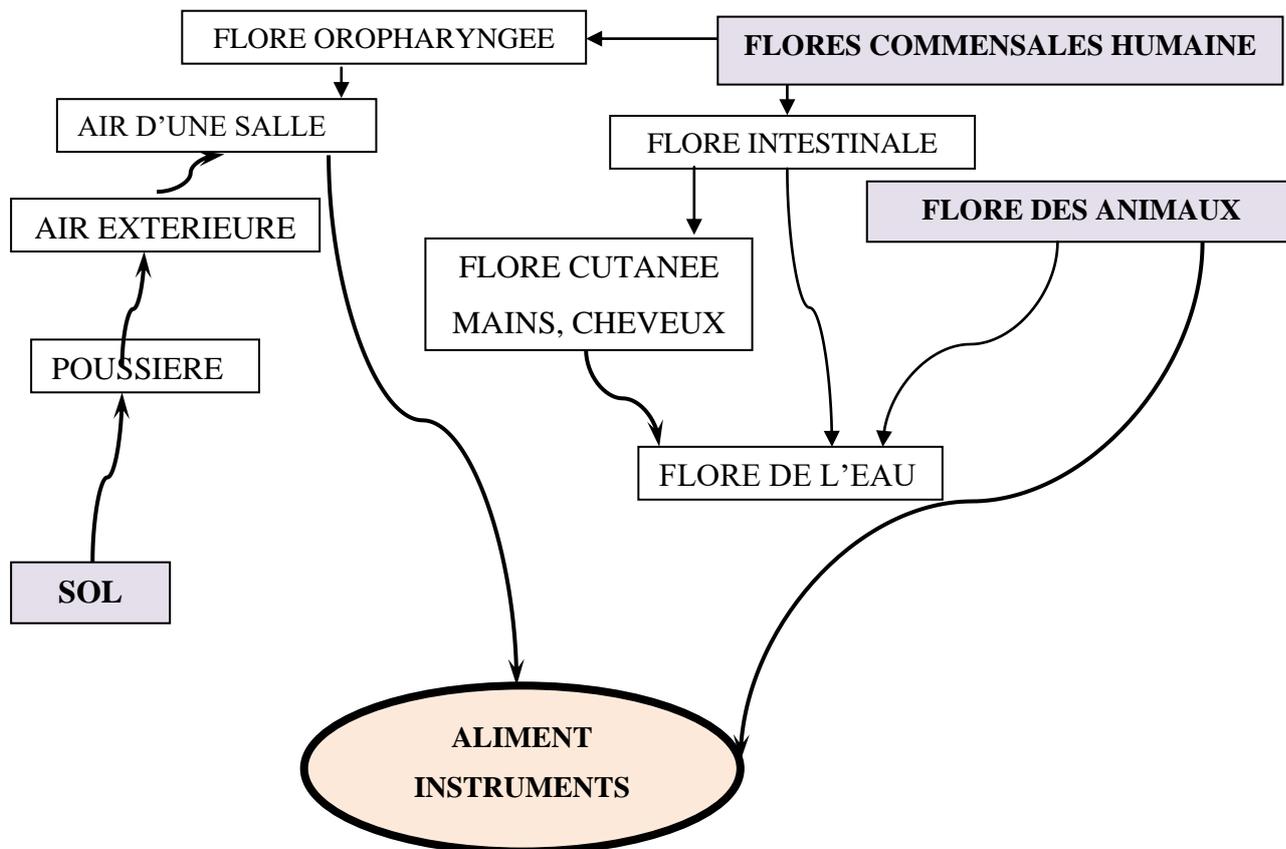


Figure 5. Schéma récapitulatif de l'origine des contaminants (Leyral & Vierling, 2007).

## **4. Moyens de lutte contre les problèmes d'altération et les risques sanitaires des viandes de volaille**

L'hygiène commence dès l'incubation et doit être adaptée à toutes les phases de la croissance et post-mortem, à toutes les phases de transformation des produits.

### **4.1. Élevage**

Conduite en bande avec respect de la marche en avant, tout plein tout vide avec nettoyage et désinfection des bâtiments, vides sanitaires entre bandes, etc. (FAO, 2003).

### **4.2. Abattage**

De bonnes pratiques de fabrication (BPH) ainsi qu'une bonne conception, un bon entretien et nettoyage de l'équipement et la mise en place des principes HACCP sont des conditions indispensables au processus d'abattage (FAO, 2003). De plus, une étape de décontamination des carcasses en fin de chaîne peut se révéler efficace (Kooh, 2007).

#### **❖ *La décontamination des viandes de volaille :***

La décontamination chimique peut constituer un outil dans les options de maîtrise hygiénique, en particulier pour les espèces avicoles et les microorganismes pathogènes pour lesquels aucune mesure spécifique n'est appliquée en élevage (cas de *Campylobacter*). Trois substances (dioxyde de chlore, chlorite de sodium acidifié, phosphate trisodique) sont jugées efficaces en termes de réduction des flores pathogène et d'altération (Kooh, 2007).

### **4.3. Distribution et vente au détail**

Les BPF, les BPH et les principes HACCP sont des conditions indispensables et toute une attention particulière doit être accordée à la température de stockage, à la prévention de la contamination croisée et à la durée de conservation (FAO, 2003).

### **4.4. Restauration**

Les BPF, les BPH et les principes HACCP sont des conditions indispensables qui doivent être appliqués tout le long des étapes de préparation et de service des aliments. La formation du personnel en matière d'hygiène alimentaire est très importante. Dans les cuisines ou cantines, chargées de la préparation d'aliments pour les malades et les personnes plus âgées, il est indispensable de prévenir la contamination croisée et de s'assurer que les poulets sont cuits de manière satisfaisante (FAO, 2003).

## Moyens de lutte contre les problèmes d'altération et les risques sanitaires des viandes de volaille

---

### **4.5. Consommation**

L'éducation/information du consommateur sur les règles d'hygiène de base et sur la manière de gérer les risques qu'implique la manipulation de poulets de chair dans les cuisines est considérée comme efficace pour la réduction de l'incidence de la salmonellose chez les humains. La presse, la radio, la télévision, la vidéo, le cinéma, le web, les brochures, etc. peuvent être utilisés. Ce genre d'information peut faire partie du programme scolaire des écoles. L'information peut être générale ou ciblée sur certains secteurs ou groupes, tels que des groupes sensibles à risque. L'expérience montre qu'une perspective à long terme est nécessaire pour que ce genre de programme éducatif porte ses fruits (FAO, 2003).

### 5. Resistance bactérienne aux antibiotiques

Le 30 avril 2014, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié son premier rapport mondial sur la résistance aux antimicrobiens qui souligne que « cette grave menace n'est plus une prévision, mais bien une réalité dans chaque région du monde, et que tout un chacun, quels que soient son âge et son pays, peut être touché ». Ajoutant que, si rien n'est fait, le monde s'achemine vers une ère post-antibiotique, « dans laquelle des infections courantes et de petites blessures seront à nouveau mortelles » (IP, 2017). Selon les prédictions, à l'horizon 2050 l'antibiorésistance pourrait tuer plus que le cancer, dix millions de personnes supplémentaires par an dans le monde pourraient décéder à cause de la résistance aux antibiotiques, selon le rapport d'O'Neill ; un rapport commandé par le gouvernement britannique en 2016 (Figure6).

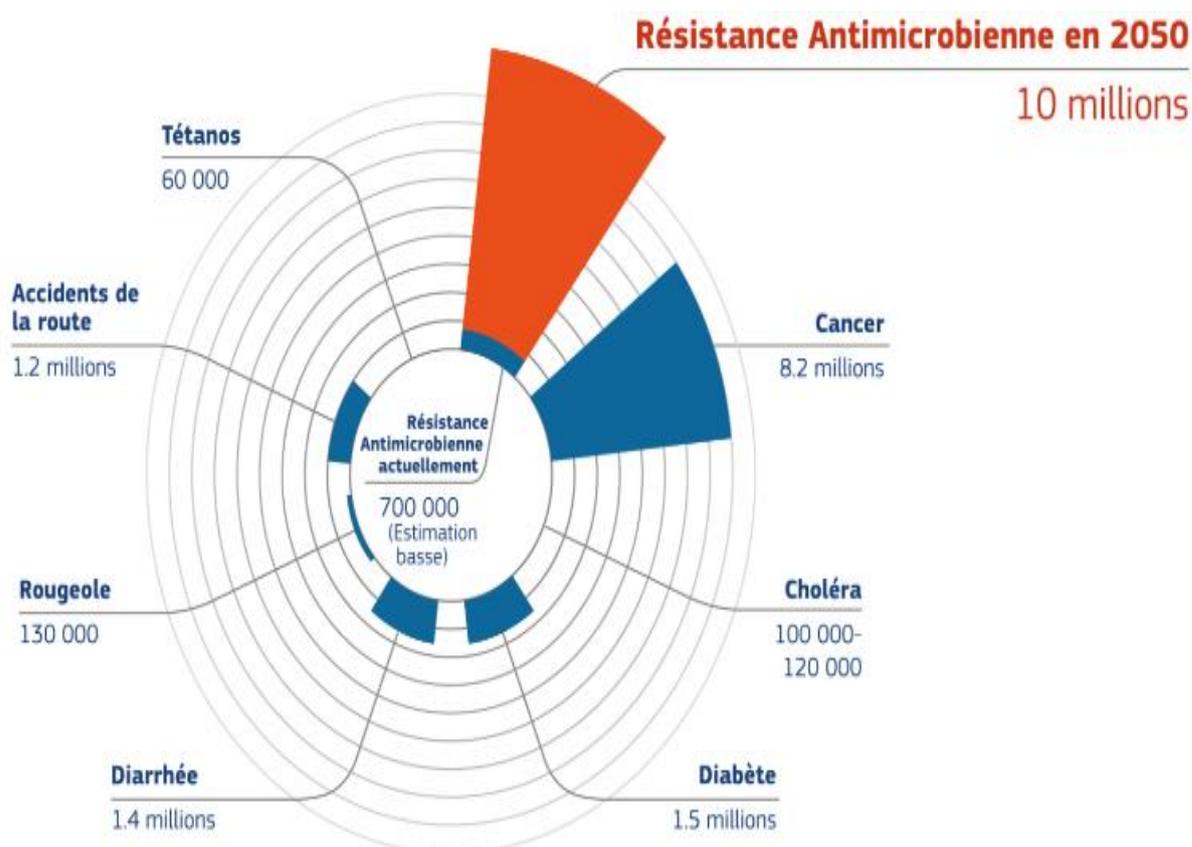


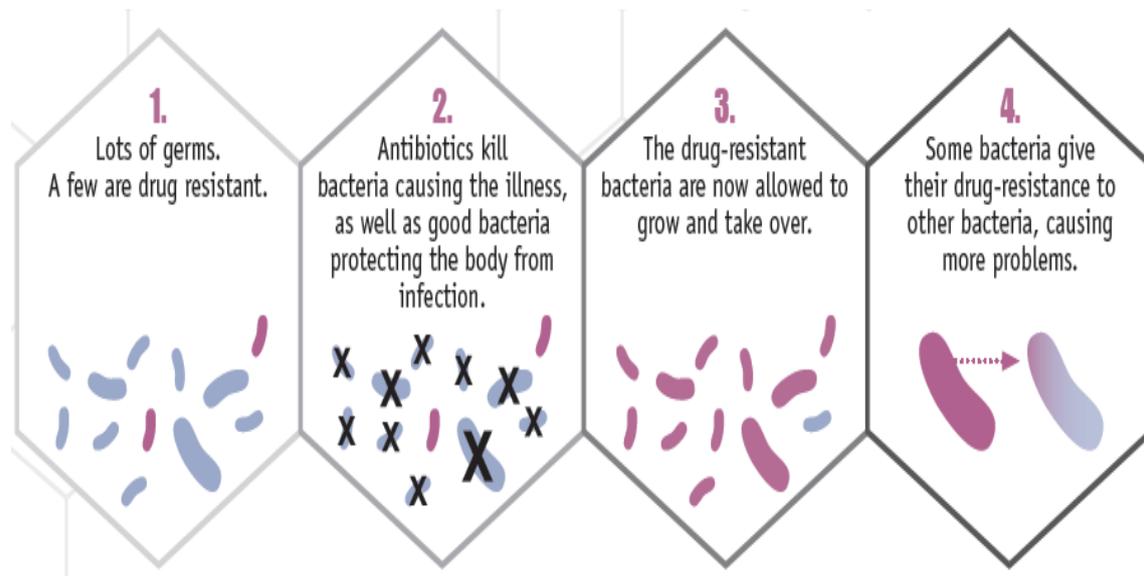
Figure6. Prévisions du nombre de décès, dans le monde à l'horizon 2050, causés par la résistance aux antibiotiques en comparaison à différentes causes majeures de mortalité selon le rapport d'O'Neill (EcoAntibio, 2017).

## Resistance bactérienne aux antibiotiques

L'antibiorésistance est une question complexe, liée à la capacité des bactéries de s'adapter rapidement à leur environnement. Les antibiotiques, tout comme les bactéries résistantes aux antimicrobiens et les déterminants de cette résistance existaient bien avant la découverte des antibiotiques et leur utilisation par l'homme. La résistance aux agents antimicrobiens est un mécanisme grâce auquel les bactéries peuvent survivre dans leur environnement et s'y développer (Acar & Moulin, 2012).

L'utilisation, souvent abusive, des antibiotiques favorise l'évolution des bactéries vers la résistance entraînant fréquemment des échecs thérapeutiques (Courvalin, 2008). L'émergence et la propagation de la résistance aux antibiotiques sont le résultat d'une pression sélective exercée par les agents antimicrobiens. L'exposition à un antimicrobien favorise la survie des souches bactériennes résistantes présentes dans une population (Carle, 2009).

La Figure 7 illustre le mécanisme de la sélection de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques.



**Figure 7. Sélection par pression de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques (CDC, 2013).**

Dans les pays où ils sont délivrés sans ordonnance pour l'homme ou l'animal, le problème de l'émergence et de la propagation des résistances est encore pire. De même, dans les pays dépourvus de guides thérapeutiques normalisés, les antibiotiques sont prescrits de manière excessive par les agents de santé et les vétérinaires et surconsommés par le grand public (OMS, 2020).

## Resistance bactérienne aux antibiotiques

---

Le premier rapport mondial sur la résistance aux antimicrobiens fait état de lacunes majeures dans le suivi de la résistance aux antibiotiques dans la Région africaine de l’OMS, des données n’étant rassemblées que dans un nombre limité de pays. Bien qu’il ne soit pas possible d’évaluer la véritable ampleur du problème, compte tenu du manque de données, celles dont on dispose sont inquiétantes (OMS, 2014).

La deuxième consultation OMS d’experts sur les antimicrobiens d’importance critique pour la médecine humaine a recommandé que trois classes de médicaments antimicrobiens soient considérées comme très prioritaires pour l’élaboration de stratégies de gestion des risques concernant la résistance antimicrobienne : les quinolones, les céphalosporines de la troisième et quatrième génération et les macrolides. La résistance à ces groupes de médicaments est détectée dans les agents pathogènes d’origine alimentaire comme *Salmonella* ainsi que le commensal *Escherichia coli*. L’identification de ces trois classes est reconnue comme une première étape pour identifier les groupes de médicaments prioritaires et les bactéries concernées (FAO, 2010).

Une résistance importante est constatée pour plusieurs bactéries qui se sont propagées dans les hôpitaux et les communautés. Il s’agit notamment de la forte résistance d’*E. coli* aux céphalosporines et fluoroquinolones de troisième génération – deux types de médicaments antibactériens essentiels et largement utilisés. Dans certaines parties de la région, jusqu’à 80% des infections à staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) se sont avérées résistantes à la méthicilline (SARM), ce qui signifie que le traitement par les antibiotiques classiques est inefficace (OMS, 2014).

### 5.1. Définition de la résistance

La résistance aux antimicrobiens est un terme tout à fait relatif (Muylaert & Mainil, 2013). On distingue trois types de résistance microbienne : génétique, microbiologique et clinique (Weiss, 2002).

La résistance aux antibiotiques peut être définie selon différents points de vue (AFSSA, 2006). Les définitions les plus fréquemment employées se fondent sur les critères microbiologiques (résistance *in vitro*) et sur les critères cliniques (résistance *in vivo*) (Muylaert & Mainil, 2013).

- Pour le clinicien la résistance est la plus pertinente dans le cadre de la pratique médicale courante, puisqu'elle se traduit par l'échec clinique d'une antibiothérapie (Weiss, 2002).
- Pour le pharmacologue, une souche bactérienne est résistante à un antibiotique si les concentrations atteintes au site d'action, sont inférieures à la concentration minimale inhibitrice (AFSSA, 2006).
- Selon les critères génétiques la résistance peut être définie comme un changement dans le code génétique du micro-organisme, codant ainsi un gène altéré (Weiss, 2002).
- Pour le microbiologiste une souche est dite résistante lorsqu'elle supporte une concentration d'antibiotique notablement plus élevée que celle qui inhibe le développement des autres souches de la même espèce selon le Rapport Technique n° 210 de l'OMS en 1961 (Poyart, 2002).
- Pour l'épidémiologiste, une souche bactérienne est résistante à un antibiotique si elle a une concentration minimale inhibitrice significativement différente de celles de la population normale (AFSSA, 2006).

La diversité de ces définitions est importante à prendre en compte car elle influence les motivations de lutte contre l'antibiorésistance. Elle joue aussi sur la ligne directrice à donner afin que la majorité des acteurs se sente concernée (AFSSA, 2006).

Il existe deux grands types de résistance aux antibiotiques, la résistance naturelle et la résistance acquise.

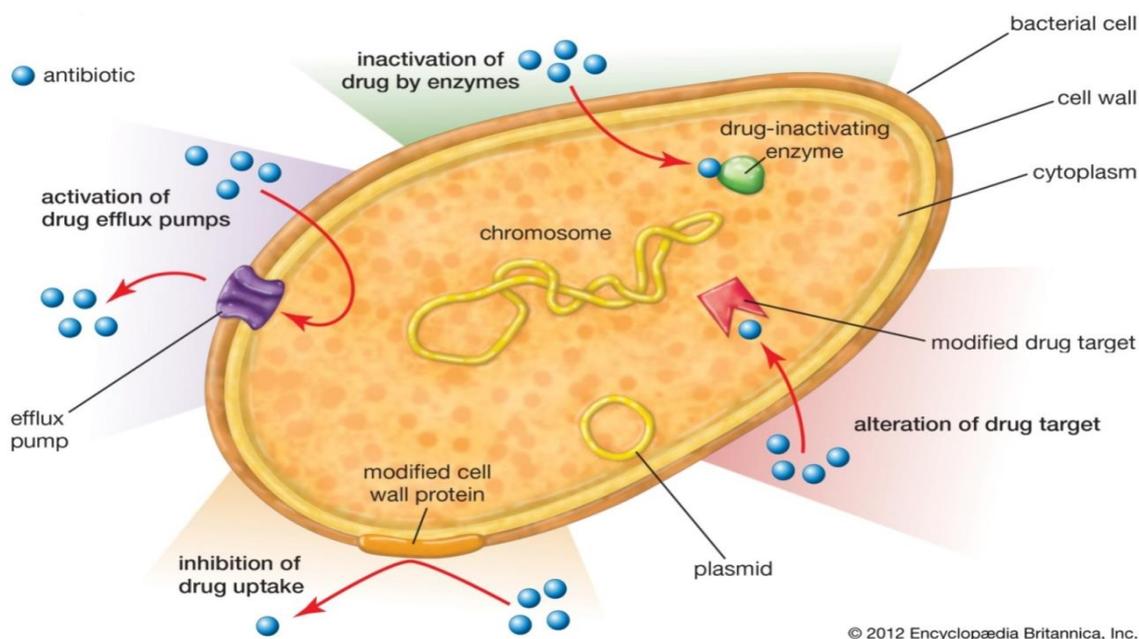
### 5.2. Résistance naturelle

Certaines espèces bactériennes sont naturellement résistantes aux antibiotiques. Ainsi le pneumocoque est résistant aux aminosides. Ce type de résistance, que l'on dénomme intrinsèque, a toujours existé (Michel-Briand, 2009).

La résistance intrinsèque (ou naturelle ou insensibilité) se définit comme une caractéristique fonctionnelle ou structurelle conférant une certaine tolérance, voir une insensibilité totale, à tous les membres d'un groupe de bactéries (une espèce, un genre ou parfois un groupe plus grand), vis-à-vis d'une molécule particulière ou vis-à-vis d'une classe d'antimicrobiens (Muylaert & Mainil, 2013). C'est une insensibilité aux antibiotiques, existant naturellement chez tous les membres d'un genre ou d'une espèce bactérienne. Elle fait, donc, partie du patrimoine génétique normal du germe (Yala et al., 2001). La résistance bactérienne naturelle est permanente et d'origine chromosomique. Elle est stable, transmise à la descendance (transmission verticale) lors de la division cellulaire, mais elle n'est généralement pas transférable d'une bactérie à l'autre (transmission horizontale) (Carle, 2009).

Ce type de résistance est détecté dès les premières études réalisées sur l'antibiotique afin de déterminer son activité et contribue à définir son spectre antibactérien (Carle, 2009). Pour chaque classe d'antibiotique, il existe des espèces bactériennes sur lesquelles l'antibiotique est inactif par défaut de cible ou d'accès à la cible (AFSSA, 2006).

La Figure 8 présente exemples des mécanismes de résistance aux antibiotiques.



**Figure 8. Exemples des mécanismes de résistance aux antibiotiques (d'après l'Encyclopædia Britannica 2009)**

### **5.3. Résistance acquise**

Contrairement à la résistance intrinsèque (naturelle), la résistance acquise se définit comme une caractéristique propre à quelques souches bactériennes d'un genre ou d'une espèce particulière, provoquant l'émergence et la diffusion de résistances au sein de populations de germes normalement sensibles (Muylaert & Mainil, 2013).

Les bactéries peuvent développer de la résistance à un antibiotique préalablement sensible, ce qui implique des changements génétiques. Cette résistance est souvent instable (Carle, 2009). A l'inverse, la résistance acquise n'est présente que chez certaines souches de la même espèce ou du même genre ; dans certains cas, elle peut concerner la grande majorité de ces souches comme, par exemple, la production de pénicillinase chez le staphylocoque qui intéresse plus de 90 % des souches (Courvalin, 2008).

On décrit deux phénomènes majeures à la base de l'acquisition de résistances par modifications du génome bactérien (Muylaert & Mainil, 2013), à savoir, les mutations spontanées (Carle, 2009) responsables des résistances endogènes (Muylaert & Mainil, 2013), et l'acquisition de gènes par un autre micro-organisme (Carle, 2009) responsables des résistances exogènes (Muylaert & Mainil, 2013). En outre, certaines résistances résultent de l'association d'une mutation et d'un transfert horizontal de gène, comme par exemple les événements conduisant à l'élargissement du spectre des bêtalactamases ou qui leur confèrent une résistance aux inhibiteurs de bêtalactamases cité par (Muylaert & Mainil, 2013).

### 5.3.1. Mutation chromosomique spontanée (évolution verticale)

La mutation chromosomique spontanée est un phénomène rare (Yala et al., 2001). Elle constitue un mécanisme de résistance aux antibiotiques chez environ 10 à 20 % des bactéries (Carle, 2009).

Les gènes de résistance se situent alors dans le chromosome de la bactérie. Une mutation n'affecte qu'un caractère, et la résistance ne concerne généralement qu'un antibiotique ou qu'une famille d'antibiotiques ayant le même mécanisme d'action. L'utilisation d'une association de deux ou de plusieurs antibiotiques semble pouvoir prévenir l'émergence de mutants résistants. Par exemple, la résistance à la rifampicine et aux quinolones résulte toujours d'une mutation (Carle, 2009).

La résistance se fait par mutation de gène, apparaît dans toute la population bactérienne. La bactérie, devenue résistante, donnera une progéniture elle-même résistante (Michel-Briand, 2012).

La Figure 9 illustre la transmission verticale d'un gène bactérien de résistance antibiotique.

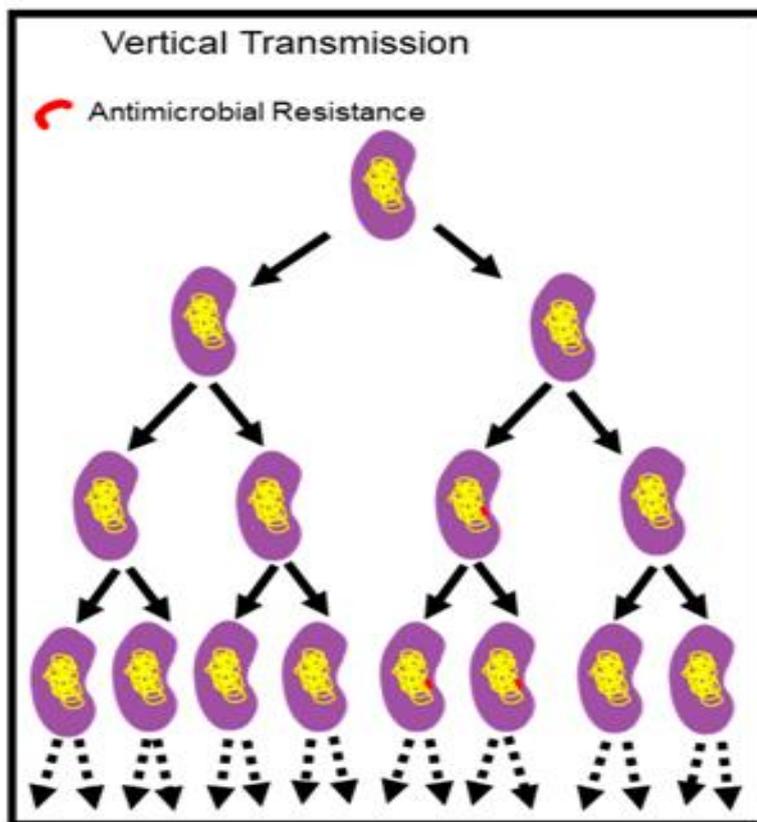


Figure 9. Transmission verticale d'un gène bactérien de résistance antibiotique (Hedman et al., 2020)

### 5.3.2. Acquisition de gènes de résistance par un autre organisme (évolution horizontale)

La résistance bactérienne par acquisition d'information génétique exogène représente la majorité des cas isolés en clinique et s'observe aussi bien chez les bactéries à gram positif qu'à gram négatif (Carle, 2009). C'est l'acquisition de nouveaux gènes capables de rendre la bactérie insensible à un antibiotique ou à un groupe d'antibiotiques (Yala et al., 2001).

L'acquisition de nouveau matériel génétique peut se faire soit par échange direct de matériel chromosomique (Carle, 2009). Soit par échange d'éléments mobiles. Dans ce dernier cas, les gènes de résistance se trouvent dans un fragment d'ADN bactérien situé à l'extérieur et sur certains éléments mobiles du chromosome (Carle, 2009), par transfert d'ADN de **plasmides** conjugatifs ou de **transposons** (Yala et al., 2001).

La résistance par acquisition de gènes de résistance résulte de la migration de ces gènes depuis des micro-organismes où ils existent à l'état naturel, vers les bactéries pathogènes par l'intermédiaire des plasmides (Michel-Briand, 2012).

#### • Plasmides

L'information génétique est portée par des plasmides, transférables à d'autres bactéries par conjugaison, transduction ou transformation (Yala et al., 2001).

#### • Transposons

Ce sont des fragments d'ADN "sauteurs" qui peuvent s'intégrer soit dans le chromosome soit dans des plasmides, en allant de l'un à l'autre (Yala et al., 2001).

Les antibiotiques favorisent ce transfert et sélectionnent la population bactérienne devenue résistante (Michel-Briand, 2012). Cette forme de résistance est transférable d'une bactérie à l'autre et même à des bactéries d'espèces différentes (Carle, 2009).

Les gènes codant pour la résistance peuvent être transférés d'une bactérie à l'autre de manière horizontale, au moyen de trois mécanismes : la *transformation*, la *transduction* et la *conjugaison* (Acar & Moulin, 2012).

La *transformation* permet l'acquisition et l'incorporation d'ADN libre dans l'environnement (dénude) à la suite de la mort de la bactérie mère (Carle, 2009).

La *transduction* est un mécanisme de transfert de gènes, dont le vecteur est un virus bactérien appelé bactériophage. Ce mécanisme permet le transfert d'information génétique entre bactéries appartenant essentiellement à la même espèce (Carle, 2009).

Les plasmides sont souvent transférés par conjugaison. La *conjugaison* est un processus au cours duquel l'ADN est transféré d'une bactérie donatrice à une bactérie réceptrice par un

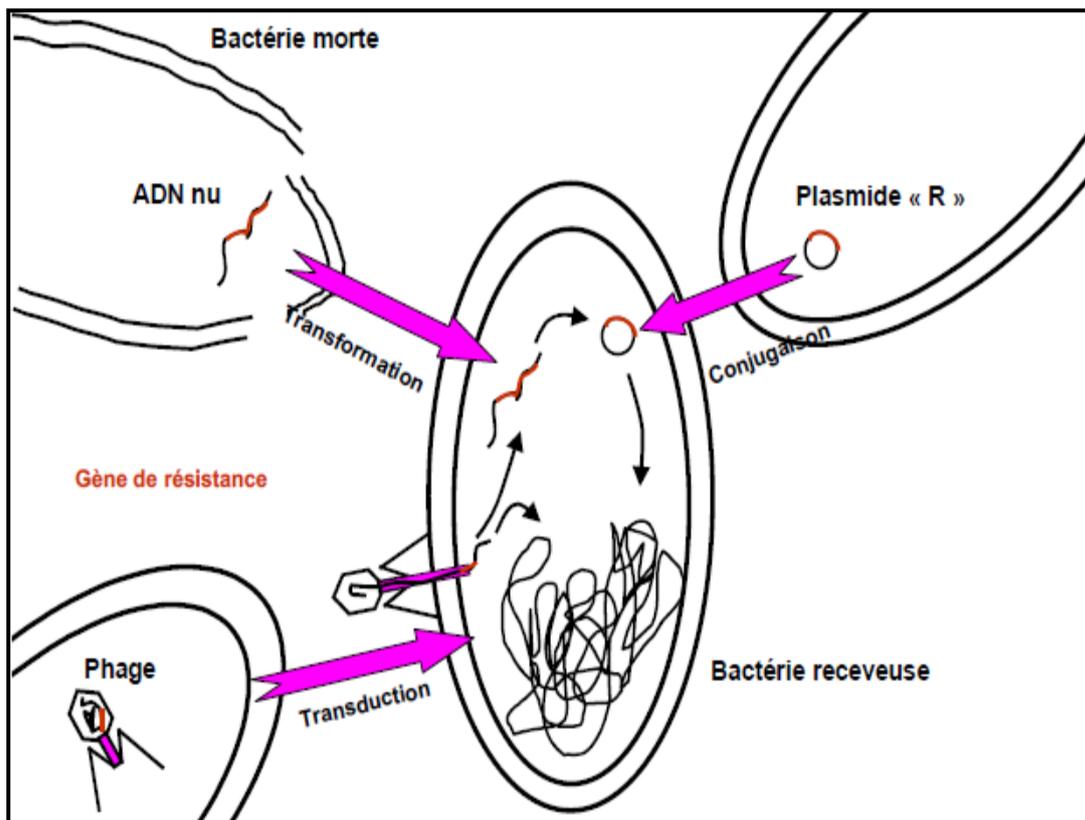
## Resistance bactérienne aux antibiotiques

mécanisme complexe nécessitant un étroit contact cellulaire et responsable en grande partie de l'émergence d'une résistance chez les bactéries pathogènes (Carle, 2009).

En pareil cas, la résistance se transmet aux bactéries filles. Les bactéries ayant reçu cet élément mobile peuvent se rétablir et redevenir sensibles aux antibiotiques si elles ne sont pas exposées à ces derniers (Carle, 2009).

Les mécanismes de transfert (

Figure 10) correspondent à des mécanismes bien connus : transformation (à partir d'ADN nu, notamment dans l'écosystème du sol), conjugaison (à partir de plasmides), transduction (à partir de phages) (AFSSA, 2006).



**Figure 10. Mécanismes de transmission horizontale de gènes de résistance aux antibiotiques (AFSSA, 2006)**

### 5.4. Multi-résistance ou phénomène de résistance croisée et co-résistance

Une bactérie résistante à un antibiotique devient souvent résistante à plusieurs molécules. Les bactéries sont dites multi-résistantes lorsqu'à la suite d'une accumulation de résistances naturelles et acquises, elles ne sont sensibles qu'à un petit nombre d'antibiotiques. Elles sont alors résistantes à plusieurs antibiotiques ou classes pharmacologiques d'antibiotiques (Carle, 2009).

Deux phénomènes contribuent à la multi-résistance aux antibiotiques : la résistance croisée et la co-résistance.

Parfois, la résistance à un antibiotique confère de la résistance à un autre antibiotique, et c'est ce que l'on appelle la résistance croisée. (Carle, 2009). La résistance croisée correspond à la résistance à tous les membres d'une classe d'antibiotiques due à un seul mécanisme de résistance (Courvalin, 2008).

Dans la co-résistance, plusieurs mécanismes de résistance sont associés chez la même bactérie, parfois stabilisés par intégration dans le chromosome. Chacun confère (par résistance croisée) la résistance à une classe d'antibiotiques, ce qui entraîne *in fine* un large phénotype résistant de la bactérie hôte. Là encore, la conséquence de cette organisation génétique est la co-sélection. Dans ce cas, une classe d'antibiotiques à laquelle la bactérie est résistante pourra sélectionner la résistance à des classes d'antibiotiques non reliées (Courvalin, 2008).

On parle de résistance croisée, lorsqu'une résistance à un antibiotique engendre une résistance à un autre composé par un seul et même mécanisme biochimique. Le phénomène de résistance croisée peut survenir parmi tous les membres d'une classe d'antibiotiques. La co-résistance se définit, quant à elle, comme l'existence au sein d'une bactérie de plusieurs mécanismes conférant chacun une résistance à diverses familles d'antibiotiques. Les gènes correspondants sont souvent adjacents (physiquement liés) et exprimés d'une façon coordonnée comme dans les intégrons. La co-sélection, c'est-à-dire la sélection d'un microorganisme résistant à un antibiotique lors d'une exposition à un autre agent antimicrobien, résulte des phénomènes de résistance croisée et de co-résistance (Muylaert & Mainil, 2013).

### 5.5. Mécanismes de la résistance des bactéries aux antibiotiques

Il existe quatre mécanismes principaux par lesquels les micro-organismes développent de la résistance (Carle, 2009) et ils sont présentés au tableau 5.

Les mécanismes de résistance principalement invoqués sont la modification de la cible de l'antibiotique, la production d'enzymes, et l'efflux<sup>1</sup>. Il en existe d'autres, mais leur importance est toutefois moins cruciale pour les agents pathogènes que l'on rencontre dans la pratique courante, surtout extra-hospitalière (Weiss, 2002).

Les mécanismes de résistance sont variés, mais on peut les classer en quatre catégories principales (Tableau 5).

**Tableau 5. Mécanismes de résistance aux antibiotiques (Carle, 2009) et (AFSSA, 2006)**

Mécanismes de résistance	Conséquences	Familles concernées
Pompes à efflux	Antibiotique éjecté de la cellule par transport actif et site d'action devenant inaccessible.	Tétracyclines, Macrolides, Phénicolés, Quinolones, Bêta-Lactamines
Réduction de la perméabilité cellulaire	Changements de perméabilité de la paroi ou de la membrane bactérienne empêchant le médicament d'atteindre sa cible.	Phénicolés, Tétracyclines
Altération des sites de liaisons cibles par l'antibiotique	Baisse de l'affinité de l'antibiotique pour son site d'action.	Bêta-Lactamases, Estérases (Macrolides), Phosphorylases (Aminosides, Macrolides), Acétyltransférases (Chloramphénicol)
Inhibition enzymatique	Production d'une enzyme qui inactive ou détruit l'antibiotique ; Mécanisme de résistance le plus répandu.	Triméthoprim-Sulfamides, Tétracyclines, Macrolides, Bêta-Lactamines, Fluoroquinolones ...

### **5.6. Autres mécanismes d'échappement aux antibiotiques**

#### **5.6.1. La tolérance**

Peut se traduire par un échec thérapeutique. Elle survient chez les cocci à Gram positif avec les antibiotiques inhibant la synthèse de la paroi et particulièrement avec les bêta-lactamines (Michel-Briand, 2009).

#### **5.6.2. La persistance**

Elle se manifeste au cours d'un traitement par les bêta-lactamines : 0,01 % des bactéries de départ persistent après vingt-quatre heures de contact avec l'antibiotique, alors que le reste des bactéries a été éliminé. Les bactéries persistantes sont dans un état métabolique inactif, ne permettant pas l'action des bêta-lactamines nécessitant des bactéries en pleine croissance. La persistance a un regain d'actualité car ce processus intervient dans la résistance des bactéries génératrices de biofilms ou dans la tuberculose (Michel-Briand, 2009).

#### **5.6.3. La dépendance**

Est un cas extrême : la bactérie ne peut se développer que si l'antibiotique est présent, elle est dépendante de l'antibiotique. Des dépendances entre entérocoques et glycopeptides ou bacille de Koch et streptomycine et streptomycine. Les bactéries à Gram négatif peuvent aussi être dépendantes de la présence d'aminosides (Michel-Briand, 2009).

### **5.7. Evaluation de l'antibiorésistance**

Les effets des antibiotiques sur une population bactérienne peuvent être étudiés *in-vitro* par différents tests dits statiques ou dynamiques.

Les principaux tests statiques déterminent l'état de la population bactérienne après un temps d'exposition à une concentration d'antibiotique. On peut ainsi déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) pour une souche donnée. La CMI est la première concentration en antibiotique pour laquelle aucune croissance bactérienne n'est observée. La concentration ayant réduit la population d'un facteur 1000 est définie comme la concentration minimale bactéricide (CMB) (AFSSA, 2006).

#### **5.7.1. Méthodologie de l'antibiogramme**

L'antibiogramme est conçu pour prédire la sensibilité des bactéries aux antibiotiques en termes d'efficacité clinique. Il permet de catégoriser une souche pathogène en catégories cliniques sensible (S), intermédiaire (I) ou résistante (R) et non en classes thérapeutiques comme « modérément sensible » (AFSSA, 2006).

##### ***Méthodes de dilution***

Les méthodes de dilution sont effectuées en milieu liquide ou en milieu solide. Elles consistent à mettre un inoculum bactérien standardisé au contact de concentrations croissantes d'antibiotiques selon une progression géométrique (AFSSA, 2006).

##### ***Méthode de diffusion***

La méthode de diffusion en milieu gélosé consiste à évaluer simultanément l'activité inhibitrice de plusieurs anti-infectieux représentatifs des principales familles d'antibiotiques sur une souche bactérienne en mesurant les diamètres d'inhibition autour de disques chargés en antibiotique (AFSSA, 2006).

##### ***Le Etest (AES)***

Le Etest permet de déterminer la CMI grâce à l'utilisation de bandelettes imprégnées d'un gradient exponentiel continu de l'antibiotique à tester. Le Etest associe les caractéristiques des méthodes de diffusion et de dilution en milieu solide. Les bandelettes sont appliquées sur la surface d'un milieu gélosé préalablement ensemencé avec un inoculum de la souche à étudier. Après incubation, l'inhibition de la croissance se traduit par une ellipse d'inhibition dont les points d'intersection avec la bandelette définissent la CMI. Une échelle de lecture, imprimée sur la bandelette, permet une interprétation rapide (AFSSA, 2006).

### 5.7.2. Méthodologie moléculaire

#### *Détection de gènes de résistance*

Différents outils moléculaires sont actuellement utilisés pour la détection et la caractérisation des gènes et des mutations impliqués dans la résistance aux antibiotiques. Ces gènes de résistance aux antibiotiques sont situés soit sur des structures auto-réplicatives autonomes (de type plasmides), soit sur le chromosome.

La méthode de choix, utilisée à la fois pour la détection des gènes de résistance et pour la mise en évidence de mutations est la PCR (Polymerase Chain Reaction). La PCR est utilisée pour mettre en évidence un gène responsable d'un phénotype de résistance mais également pour estimer la prévalence des gènes de résistance dans une population bactérienne (AFSSA, 2006).

## 6. Epidémiologie des résistances aux antibiotiques dans le domaine avicole

La résistance aux antibiotiques des bactéries pathogènes pour l'Homme est un risque pour la santé publique car elle réduit l'efficacité des antibiotiques utilisés en première intention et complique la prise en charge du patient. Pour des sujets sous traitement antibiotique, elle conduit à un sur-risque d'infections d'origine alimentaire par des souches résistantes (Sanders et al., 2012).

### 6.1. Antibiorésistance des bactéries qui contaminent les viandes de volaille

#### 6.1.1. La résistance des salmonelles aux antibiotiques

*Salmonella* constitue la seconde cause de toxi-infections alimentaires chez l'Homme et demeure la cause la plus fréquente de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) d'origine bactérienne au niveau européen. Le réservoir principal de *Salmonella* est le tractus gastro-intestinal des mammifères et des oiseaux (volailles domestiques). La transmission à l'Homme se fait essentiellement par la consommation d'aliments contaminés crus ou peu cuits. Pour les individus les plus sensibles, le traitement de la salmonellose se fait par l'administration d'antibiotiques. Cependant, les bactéries peuvent acquérir des caractères d'antibiorésistance et donc résister aux traitements. Ce phénomène constitue une menace pour la santé publique (Marault et al., 2016).

Le niveau de résistance affiché par les isolats de *Salmonella* à partir de la volaille est détaillé dans le Tableau 6 pour chaque antibiotique.

**Tableau 6. Résistance aux antibiotiques des salmonelles isolées des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries**

Famille	Antibiotique	Prévalence (%)	Pays	Référence
Quinolones Et Fluoroquinolones	Ciprofloxacin	47,36	Algérie	(Samia et al., 2021)
		17,24	Bangladèch	(Rahman et al., 2018)
		3,5	Vietnam	(Ta et al., 2014)
	Nalidixic Acid	100	Brazil	(Souza et al., 2020)
		72,3	Chine	(Yang et al., 2020)
	Enrofloxacin	20	Brazil	(Souza et al., 2020)
		21,1	Chine	(Yang et al., 2020)
Norfloxacin	0	Egypte	(Awad et al., 2020)	
Aminoglycosides	Amikacine	7,5	Chine	(Yang et al., 2020)
		34,48	Bengladech	(Rahman et al., 2018)
	Kanamycine	19,2	Chine	(Yang et al., 2020)

## Epidémiologie des résistances aux antibiotiques dans le domaine avicole

	Streptomycine	3,1	Vietnam	(Ta et al., 2014)
		95	Brazil	(Souza et al., 2020)
		48,7	Chine	(Yang et al., 2020)
		80,65	Egypte	(Awad et al., 2020)
		58	Algérie	(Elgroud et al., 2009)
	Gentamicine	47,36	Algérie	(Samia et al., 2021)
		17,9	Chine	(Yang et al., 2020)
		3,23	Egypte	(Awad et al., 2020)
		13,79	Bangladech	(Rahman et al., 2018)
		5,7	Vietnam	(Ta et al., 2014)
Pénicillines	Ampiciline	85	Brazil	(Souza et al., 2020)
		55	Chine	(Yang et al., 2020)
		41,6	Vietnam	(Ta et al., 2014)
	Amoxiciline	47,36	Algérie	(Samia et al., 2021)
		85	Brazil	(Souza et al., 2020)
		67,8	Egypte	(Awad et al., 2020)
		44,83	Bangladech	(Rahman et al., 2018)
Carbapenem	Imipenem	0,3	Chine	(Souza et al., 2020)
Céphalosporines	Ceftiofur	75	Brazil	(Souza et al., 2020)
		14,5	Chine	(Yang et al., 2020)
	Cefotaxime	85	Brazil	(Souza et al., 2020)
		14,8	Chine	(Yang et al., 2020)
	Cefoxitin	85	Brazil	(Souza et al., 2020)
		1,9	Chine	(Yang et al., 2020)
B- Lactam/B- Lactamase Inhibitor	Amoxilin- Clavulanate	85	Brazil	(Souza et al., 2020)
		9,7	Chine	(Yang et al., 2020)
		83,88	Egypte	(Awad et al., 2020)
Nitrofuranes	Nitrofurantoin	45	Brazil	(Souza et al., 2020)
Phénicolé	Chloramphenicol	25,8	Chine	(Yang et al., 2020)
		37,4	Vietnam	(Ta et al., 2014)
Tetracycline	Tetracycline	100	Brazil	(Souza et al., 2020)
		47,8	Chine	(Yang et al., 2020)
		66,67	Bangladech	(Rahman et al., 2018)
		59,1	Vietnam	(Ta et al., 2014)
Sulfamide	Sulfamethoxazole- Trimethoprim	93,55	Egypte	(Awad et al., 2020)
		75,86	Bangladech	(Rahman et al., 2018)
Rifamycine	Rifampicine	100	Algerie	(Samia et al., 2021)

### 6.1.2. La résistance des *Escherichia coli* aux antibiotiques

*Escherichia coli* correspond à des bacilles à coloration de Gram négatif, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*, et au genre *Escherichia*. La majorité des souches d'*E. coli* sont de simple commensaux du tube digestif de l'homme et des animaux à song chaud. Toutefois, certaines souches d'*E. coli* sont entéropathogènes. Elles peuvent également être à l'origine de pathologies extra-intestinal (méningites, infections urinaires) (Dromigny, 2011).

*E. coli* peut être recherché dans les aliments pour animaux, chez les animaux servant à la production de denrées alimentaires et dans les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine. Cette bactérie est fréquemment retenue comme indicateur dans les programmes de surveillance et de suivi, car elle fournit des informations sur les réservoirs potentiels de gènes d'antibiorésistance susceptibles d'être transférés à des bactéries pathogènes (OIE, 2020a).

Chez les volailles, tandis que quelques souches d'*E. Coli* sont réellement pathogènes, cette bactérie est le plus souvent opportuniste en s'associant à d'autres maladies ou à des stress. Le traitement est par des antibiotiques améliore beaucoup la situation, mais il faut bien choisir l'antibiotique car la résistance est fréquente (Reid et al., 2001).

La multirésistance aux médicaments semble être courante pour les *E. coli* et géographiquement généralisée. L'émergence de multiples souches résistantes aux antimicrobiens souvent couplée à la résistance aux quinolones et aux céphalosporines de troisième génération dans certaines régions (Frankel & Ron, 2018).

Ainsi l'émergence de souches porteuses de bêta-lactamases à spectre étendu (BLSE) a été observée d'abord chez les isolats cliniques d'*E. coli* puis, peu après, par les dispositifs de surveillance à l'abattoir. Les taux de résistance au céfotaxime chez *E. coli* augmentent très rapidement en production avicole, puisque ce type de résistance n'était pas observé avant 2005 et concernait plus de 4 % des souches isolées des *caeca* de poulets de chair prélevés aléatoirement à l'abattoir en 2007. Les risques associés à l'émergence de ce nouveau phénotype de résistance sont de deux types : pour la santé animale, il s'agit d'un risque de perte d'efficacité clinique des bêta-lactamines utilisées comme traitement de colibacilloses chez les animaux avec la possibilité d'avoir des souches multirésistantes impossibles à traiter ; pour la santé publique, la diffusion vers l'homme de salmonelles résistantes et/ou de gènes de résistance transmissibles soit par contact avec les animaux soit *via* l'alimentation. En effet, une grande partie des *E. coli* présents dans la flore intestinale humaine ont pour origine notre alimentation (Sanders, 2010). Le niveau de résistance affiché par les isolats d'*E. coli* à partir de la volaille est détaillé dans le Tableau 7 pour chaque antibiotique.

**Tableau 7. Résistance aux antibiotiques des *E. coli* isolés des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries**

Famille	Antibiotiques	Prévalence(%)	Pays	Référence
Quinolones et Fluoroquinolones	Ciprofloxacine	96	Inde	(Hussain et al., 2017)
		26,66	Égypte	(Moawad et al., 2017)
		33,33	Romanie	(Dan, 2015)
	Acid Nalidixique	75,5	Corée	(Kim et al., 2020)
		33,33	Égypte	(Moawad et al., 2017)
		44,44	Romanie	(Dan, 2015)
Enrofloxacin	13,33	Égypte	(Moawad et al., 2017)	
Aminoglycosides	Kanamycine	0	Romanie	(Dan, 2015)
	Streptomycine	60	Égypte	(Moawad et al., 2017)
	Gentamicin	11,11	Romanie	(Dan, 2015)
		23	Inde	(Hussain et al., 2017)
Pénicillines	Ampiciline	69,1	Corée	(Kim et al., 2020)
		80	Égypte	(Moawad et al., 2017)
		27,7	Romanie	(Dan, 2015)
	Amoxiciline	27,7	Romanie	(Dan, 2015)
Céphalosporines	Cefotaxime	40	Égypte	(Moawad et al., 2017)
		0	Romanie	(Dan, 2015)
	Ceftazidim	33,33	Égypte	(Moawad et al., 2017)
	Ceftriaxone	20	Égypte	(Moawad et al., 2017)
B- Lactamase	Amoxilin-Clavulanate	66,66	Égypte	(Moawad et al., 2017)
Phénicol	Chloramphenicol	9	Inde	(Hussain et al., 2017)
		20	Égypte	(Moawad et al., 2017)
		22,22	Romanie	(Dan, 2015)
Tétracycline	Tétracycline	64	Corée	(Kim et al., 2020)
		80	Égypte	(Moawad et al., 2017)
		93	Inde	(Hussain et al., 2017)
		66,66	Romanie	(Dan, 2015)
Sulfamide	Sulfamethoxazole-Trimethoprim	96.6	Algérie	(Laarem et al, 2017)
		61	Inde	(Hussain et al., 2017)
		66,66	Égypte	(Moawad et al., 2017)
		22,22	Romanie	(Dan, 2015)

### 6.1.3. La résistance des *Staphylococcus aureus* aux antibiotiques

Alors qu'il s'agit d'un commensal parmi les plus fréquents de notre flore normale, *Staphylococcus aureus* est un pathogène redoutable qui a su développer des résistances à chaque nouvel antibiotique introduit depuis un demi-siècle. La plasticité de son génome lui confère la capacité de s'adapter à toutes les conditions environnementales, et notamment d'acquérir des gènes de résistance aux antibiotiques et de développer des mécanismes de régulation pour s'adapter à des concentrations croissantes d'antibiotiques. Ainsi, dès 1941 sont apparus les staphylocoques résistants à la pénicilline, grâce à l'acquisition d'une pénicillinase plasmidique, enzyme dégradant la pénicilline. La résistance à la pénicilline, initialement restreinte au milieu hospitalier, a très vite diffusé en milieu communautaire et concerne actuellement plus de 90 % des souches de *S. aureus*. Pendant les années 1950 sont apparues les souches de *S. aureus* multirésistantes : à la résistance à la pénicilline était associée la résistance à la streptomycine, à l'érythromycine, à la tétracycline, au chloramphénicol ainsi qu'aux sulfamides. L'introduction en 1959 de la méticilline, dérivée semi-synthétique de la pénicilline, pour le traitement des infections staphylococciques a soulevé un grand espoir. Mais à peine un an plus tard, les premières souches hospitalières de *S. aureus* résistantes à la méticilline (SARM) sont apparues dans un hôpital de Grande-Bretagne.

Ainsi, en dehors des mutations spontanées, *S. aureus* diversifie son génome grâce aux échanges de matériel génétique avec d'autres espèces bactériennes par des phénomènes de transfert horizontal de gènes (Dumitrescu et al., 2010).

Ces dernières années, les études menées dans l'Union européenne ont montré la présence de souches de *Staphylococcus aureus* résistantes à la méticilline (SARM) chez l'animal. De nombreuses études menées aux Pays-Bas et en Allemagne ont contribué à mieux caractériser ce risque. La plupart des souches font partie d'un complexe clonal particulier (CC398) présent en portage chez le porc et d'autres espèces animales avec risque de portage des personnes travaillant au contact des animaux (éleveur, vétérinaire, personnel d'abattoir). Le risque potentiel pour la santé publique est que ces souches acquièrent des facteurs de virulence les rendant plus pathogènes pour l'homme ou pour les animaux (Sanders, 2010).

Le niveau de résistance affiché par les isolats de *Staphylococcus aureus* à partir de la volaille est détaillé dans le Tableau 8 pour chaque antibiotique.

## Epidémiologie des résistances aux antibiotiques dans le domaine avicole

**Tableau 8. Résistance de *Staphylococcus aureus* aux antibiotiques des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries**

Famille	Antibiotiques	Prévalence (%)	Pays	Référence
Bêtalactamines	Méthicilline	0	Italie	(Pesavento et al., 2007)
		76,4	Turquie	(Gundogan et al., 2005)
	Oxacilline	7,89	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
		70	Espagne	(Miranda et al., 2008)
		66,66	Italie	(Pesavento et al., 2007)
	Ampicilline	55,26	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
		58,33	Italie	(Pesavento et al., 2007)
	Penicilin G	25	Italie	(Pesavento et al., 2007)
		52,9	Turquie	(Gundogan et al., 2005)
Céfalotine	0	Italie	(Pesavento et al., 2007)	
Quinolones	Ciprofloxacine	50	Algérie	(Benrabia et al., 2020)
		7,89	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
		17,8	Espagne	(Miranda et al., 2008)
Aminosides	Gentamicine	13,15	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
		0	Espagne	(Miranda et al., 2008)
	Streptomycine	18,42	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
Phenicol	Chloramphénicol	21,05	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
		2	Espagne	(Miranda et al., 2008)
Sulfamides	Sulfamethoxazole /trimethoprim	28,94	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
		8,33	Italie	(Pesavento et al., 2007)
	Sulfisoxazole	24,8	Espagne	(Miranda et al., 2008)
Cycline	Tetracycline	82,5	Algérie	(Benrabia et al., 2020)
		44,73	Thaïlande	(Akbar & Anal, 2013)
		8,33	Italie	(Pesavento et al., 2007)
	<u>Doxycycline</u>	58,4	Espagne	(Miranda et al., 2008)
Lincosamides	Clindamycine	67,3	Espagne	(Miranda et al., 2008)
		8,33	Italie	(Pesavento et al., 2007)
Macrolides	Erythromycine	20,8	Espagne	(Miranda et al., 2008)
		8,33	Italie	(Pesavento et al., 2007)
		5,8	Turquie	(Gundogan et al., 2005)
Nitrofuranes	Nitrofurantoïne	28,7	Espagne	(Miranda et al., 2008)
Glycopeptides	Teicoplanin	0	Italie	(Pesavento et al., 2007)
	Vancomycin	0	Italie	(Pesavento et al., 2007)
Polypeptides	Bacitracin	100	Turquie	(Gundogan et al., 2005)

### 6.1.4. La résistance des *Listeria* aux antibiotiques

*Listeria monocytogenes* est une bactérie responsable d'une zoonose appelée listériose. *Listeria monocytogenes* est présente naturellement dans l'environnement et dans certains aliments consommés par l'homme. Cette bactérie, de type Gram positif, est l'agent responsable de la listériose. L'ingestion d'aliments contaminés par *Listeria monocytogenes* entraîne des septicémies, des gastroentérites sévères et des infections du système nerveux central, plus particulièrement chez les personnes âgées et les sujets immunodéprimés. Chez les femmes enceintes, l'infection par *Listeria* peut aboutir à des avortements, des accouchements prématurés et des infections périnatales (Ribet & Cossart, 2010).

La source principale de contamination des aliments par *Listeria monocytogenes* avant remise aux consommateurs semble être le milieu de production. *Listeria monocytogenes* peut survivre longtemps. Parfois de un à trois ans, ou même plus, voire même indéfiniment. De plus, certains clones de *Listeria monocytogenes* peuvent mieux être adaptés à la viande crue et aux environnements et aux produits finis dans les industries des viandes (Dromigny, 2011).

Cette bactérie pathogène possède une extraordinaire capacité à s'adapter aussi bien aux stress de l'environnement, ce qui lui permet, par exemple, de survivre et de se multiplier sur le sol, qu'aux différents traitements qu'elle rencontre dans la chaîne alimentaire (addition de sel, congélation, etc.). Cette adaptabilité résulte d'un arsenal de gènes qu'elle possède, et dont elle régule finement l'expression, grâce à différents mécanismes, qui lui permettent de détecter son entrée dans un organisme, et ainsi d'exprimer des gènes critiques pour sa virulence (Duva & Cossart, 2019).

Le niveau de résistance affiché par les isolats de *Listeria monocytogenes* à partir de la volaille est détaillé dans le Tableau 9 pour chaque antibiotique.

**Tableau 9. Résistance de *Listeria monocytogenes* aux antibiotiques des viandes de volaille prélevées à partir des boucheries**

Famille	Antibiotiques	Prévalence (%)	Pays	Référence
Bêtalactamines	Oxacillin	82,9	Japon	(Maung et al., 2019)
	Ampicillin	27	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		3,63	Turquie	(Cadirci et al., 2020)
		0	Japon	(Maung et al., 2019)
	Penicilin G	12,5	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		18,18	Turquie	(Cadirci et al., 2020)
	Amoxicillin/ Clavunate	9,3	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		1,81	Turquie	(Cadirci et al., 2020)
Cefoxitine	100	Japon	(Maung et al., 2019)	
Phenicol	Chloramphenicol	3,1	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		14,54	Turquie	(Cadirci et al., 2020)
Sulfamides	Sulfamethoxazole/ Trimethoprim	13,5	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		45,45	Turquie	(Cadirci, 2020)
Cycline	Tetracycline	14,5	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		3,63	Turquie	(Cadirci, 2020)
	<u>Oxytetracycline</u>	5,2	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		1,81	Turquie	(Cadirci et al., 2020)
Macrolides	Erythromycine	4,1	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		1,81	Turquie	(Cadirci et al., 2020)
Glycopeptides	Vancomycin	7,2	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
Carbapinem	Merpenem	23,9	Turquie	(Gucukoglu et al., 2020)
		14,54	Turquie	(Cadirci et al., 2020)
Cephalosporine	Céfoxitine	100	Japon	(Maung et al., 2019)

### **6.2. Pratiques favorisant l'apparition de l'antibiorésistance en aviculture**

L'accroissement de la taille des groupes d'animaux, ou encore l'élevage d'animaux en densité élevée va accroître les risques d'émergence de pathologie et donc la consommation d'antibiotiques (Guillot et al., 2014). L'augmentation de la prévalence et la dissémination des résistances était une issue prévisible du recours croissant à l'antibiothérapie (Muylaert & Mainil, 2013). L'utilisation d'antibiotiques dans le monde animal pour augmenter la productivité représente également un grand défi à relever (Weiss, 2002).

#### **6.2.1. Risques liés à l'usage préventif des antibiotiques en aviculture**

Il s'agit bien dans le cas de la prophylaxie de protéger un groupe contre l'infection AVANT sa survenue au sein du groupe, et dans le cas de la métaphylaxie de protéger un groupe contre l'infection APRES sa survenue au sein du groupe (Guillot et al., 2014). L'usage incontrôlé d'antibiotiques peut conduire à une sélection de bactéries pathogènes résistantes (Sanders et al., 2012). Les types de traitements antibiotiques peuvent influencer le risque de développement de l'antibiorésistance (Guillot et al., 2014).

La conséquence la plus importante de l'utilisation d'antibiotiques à faible dose dans la volaille est le développement des souches multirésistantes dans les pathogènes bactériens (Venkitanarayanan et al., 2019). Les antibiotiques constituent un facteur puissant de sélection de la résistance aux antimicrobiens chez les bactéries (Acar & Moulin, 2012). Lors d'un traitement préventif, le risque associé à la pression de sélection exercée sur les bactéries des flores commensales est présent chez tous les animaux traités, alors que le bénéfice thérapeutique est dépendant de la présence effective de la bactérie pathogène, qui n'est que suspectée. Le rapport bénéfice sur risque des traitements préventifs apparaît donc comme défavorable en matière de risque de résistance aux antibiotiques (Guillot et al., 2014).

### **6.2.2. Risques liés à l'usage des antimicrobiens chez les volailles en tant que facteur de croissance**

Plus de 110 pays évalués, en majorité des pays en développement et des pays émergents, ne disposent pas encore de législation pertinente relative aux conditions appropriées d'importation, de fabrication, de distribution et d'usage des produits vétérinaires, y compris les antimicrobiens. La législation est parfois totalement absente. Lorsqu'elle existe elle n'est très souvent pas appliquée faute de moyens publics pour effectuer les contrôles (OIE, 2020b). En Afrique, 16 pays autorisent les antibiotiques en tant que promoteurs de croissance, majoritairement par manque de législation et ce sont les tétracyclines qui sont les plus utilisés (OIE, 2017). Dans ces pays les antimicrobiens sont le plus souvent directement ou indirectement accessibles à tous sans contrainte. Plus grave encore, ces produits circulant comme des marchandises courantes sont le plus souvent frelatés (dosage inférieur à la mention écrite sur le flacon, molécule différente ou placebo intégral). Des milliers de tonnes de produits antimicrobiens frelatés destinés aux animaux sont en circulation dans le monde (le problème est similaire pour les produits destinés à l'homme) (OIE, 2020b).

Les additifs antibiotiques pour l'alimentation animale sont interdits en Europe depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006 (la Suède l'avait interdit depuis 1986 (Sanders et al., 2012), mais toujours autorisée à visée préventive et curative, notamment collectivement pour un groupe d'animaux, du fait de la promiscuité dans l'élevage industriel qui rend impossible le traitement individuel (AFSSA, 2006).

L'arrêt de l'utilisation des promoteurs de croissance en Europe en 2006 a entraîné une diminution de la résistance bactérienne isolée chez les animaux, les aliments et les hommes (Mølbak, 2004).

### **6.3. Transmission à l'homme via la consommation des viandes de volaille**

L'inquiétude suscitée par la résistance des bactéries aux antimicrobiens et par la difficulté qui en résulte de traiter certaines infections chez l'homme a conduit à multiplier depuis quelques années les études consacrées à la résistance chez les animaux d'élevage, dans les denrées alimentaires, dans l'environnement et chez l'être humain, ainsi qu'aux mécanismes de transfert entre bactéries des traits génétiques codant pour la résistance et aux configurations ou voies de risque favorisant la propagation de la résistance (Wooldridge, 2012).

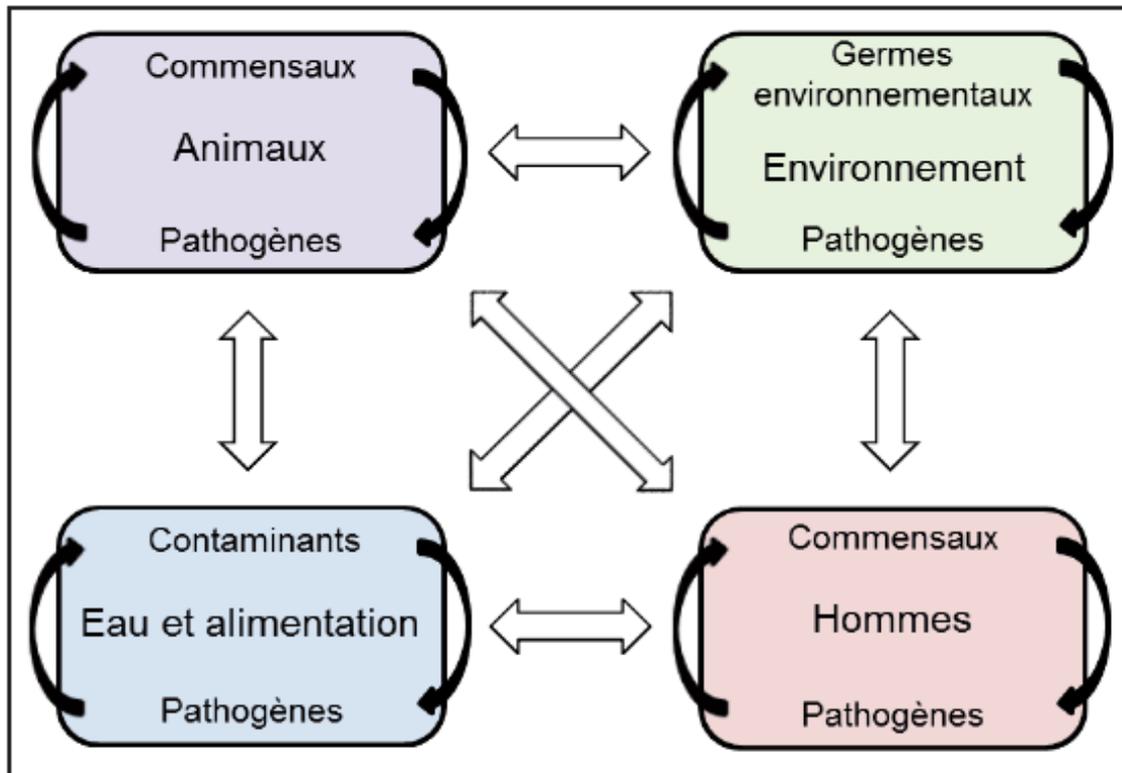
Les bactéries MDR (Multi-Drug-Resistant) peuvent être transmises entre les animaux et les humains (Ajiboye et al., 2009). Le risque de transfert entre bactéries d'éléments génétiques codant pour la résistance dans des populations mixtes peut ouvrir des voies de propagation diverses, nombreuses et complexes (Wooldridge, 2012).

La flore intestinale des animaux peut constituer un réservoir de bactéries antibiorésistantes capables d'infecter ou de coloniser les hommes par la chaîne alimentaire (Vuuren, 2001). À l'heure actuelle, de nombreux éléments indiquent que le transfert direct à l'homme des traits de la résistance, via la chaîne alimentaire et les denrées d'origine animale constitue l'une des voies de propagation de la résistance (Wooldridge, 2012). Il existe un risque de transfert à l'homme des bactéries résistantes présentes chez les animaux, qui se produit généralement par voie alimentaire (Aidara-Kane, 2012). Ces souches sont fréquemment présentes chez les animaux destinés à la consommation humaine, y compris chez les volailles (Vuuren, 2001). Il est donc clair que certains problèmes de résistance humaine sont directement issus du monde animal (*Salmonella*, *Campylobacter*, entérocoque résistant à la vancomycine, etc.) (Weiss, 2002).

L'utilisation des agents antimicrobiens chez l'homme comme chez les animaux élevés pour l'alimentation humaine a des conséquences majeures sur la santé humaine et animale, car elle peut favoriser le développement de bactéries résistantes (pathogènes et/ou commensales porteuses de gènes codant pour la résistance) (Aidara-Kane, 2012). La contamination bactérienne des carcasses de poulet se produit généralement pendant l'abattage et la transformation, et ces micro-organismes peuvent survivre dans le produit vendu au consommateur (Vuuren, 2001).

Le développement de la résistance chez les bactéries des animaux pouvant conduire à des infections d'origine alimentaire (*Salmonella*, *Campylobacter*) ou opportunistes (*E. coli*, *Enterococcus sp.*, *Staphylococcus aureus*) est à surveiller dans le contexte d'une approche de santé publique globale (Sanders et al., 2012).

La Figure 11 propose une vue simplifiée de l'épidémiologie des résistances aux antibiotiques citée par (Muylaert & Mainil, 2013) et, la Figure 12 illustre la résistance aux antimicrobiens associée à la production intensive de volaille.



**Figure 11. Vue simplifiée de l'épidémiologie des résistances aux ATB, d'après Boerlin et White (2006) citée par Muylaert & Mainil (2013)**

Les bactéries peuvent être transférées (flèches blanches) entre les animaux et les hommes par l'intermédiaire de l'eau et de l'alimentation, par contact direct ou encore via l'environnement. Les résistances aux antibiotiques, quant à elles, s'échangent via le transfert de matériel génétique s'opérant entre les bactéries d'un compartiment mais également entre les bactéries de différents compartiments (Muylaert & Mainil, 2013).

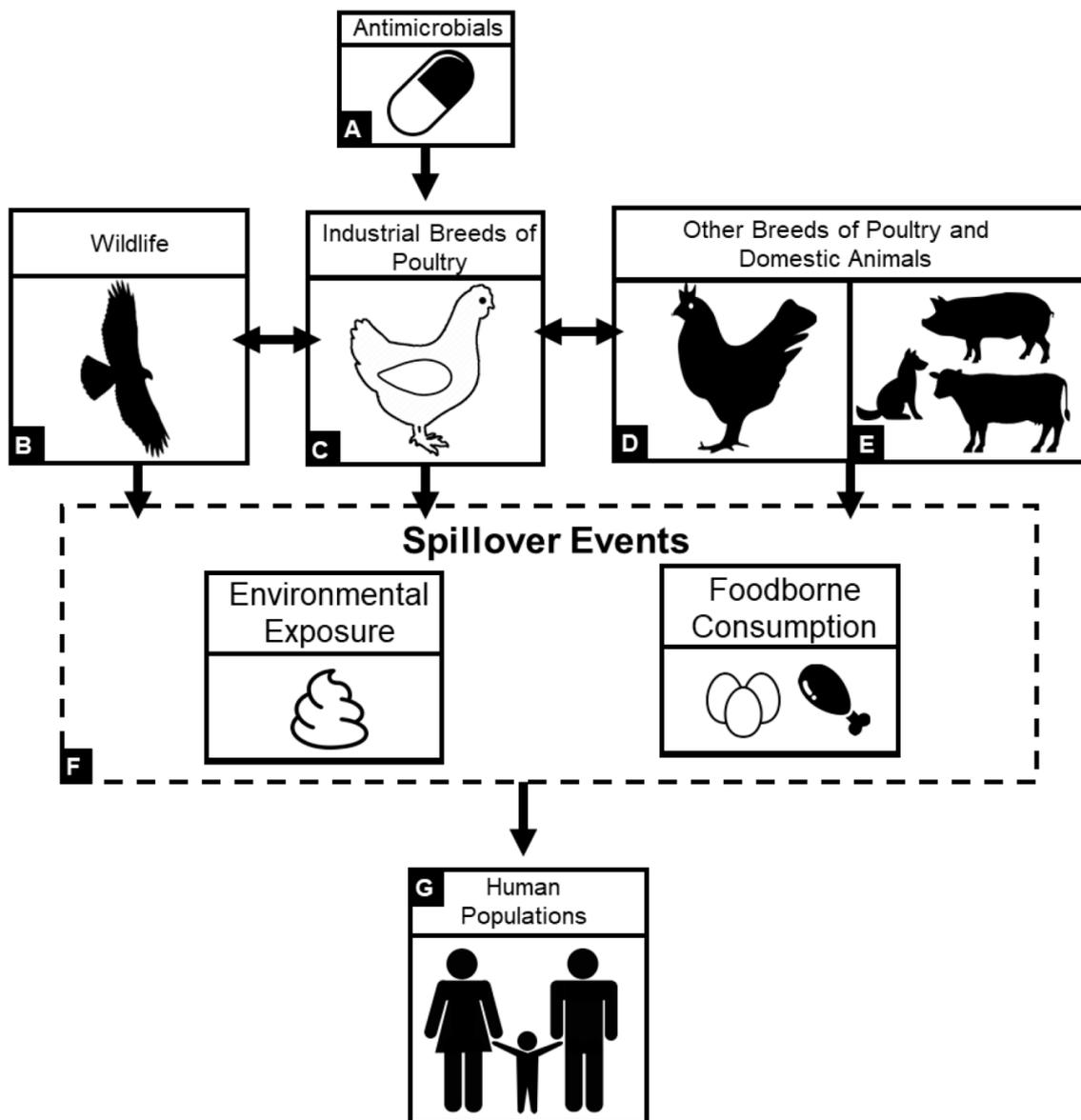


Figure 12. Graphique conceptuel illustrant la résistance aux antimicrobiens associés à la production intensive de volaille (Hedman et al., 2020)

### **6.4. Moyens de lutte contre l'antibiorésistance**

En mai 2015, l'OMS, la FAO et l'OIE ont adopté un plan d'action mondial pour combattre la résistance aux antimicrobiens. Il se décline en cinq axes :

- sensibiliser le personnel de santé et le public,
- renforcer la surveillance et la recherche,
- prendre des mesures d'assainissement, d'hygiène et de prévention des infections,
- optimiser l'usage des antimicrobiens en santé humaine et animale,
- soutenir des investissements durables pour la mise au point de nouveaux traitements, diagnostics ou vaccins.

La résistance aux agents antimicrobiens considérés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme étant d'une importance critique en médecine humaine, en particulier les fluoroquinolones, les céphalosporines de troisième et de quatrième génération et les macrolides, évolue de manière particulièrement préoccupante (Aidara-Kane, 2012).

La réduction de l'utilisation des antibiotiques est l'un des moyens permettant de maîtriser la résistance à ces agents ; néanmoins, cet objectif requiert la mise en œuvre d'un large éventail de mesures appropriées (Acar & Moulin, 2012).

L'OMS encourage les secteurs de l'agriculture, de la production agroalimentaire, de la santé animale et de la santé publique à coopérer en vue d'éliminer le fardeau de la résistance aux agents antimicrobiens imputable à l'utilisation de ces agents chez les animaux destinés à l'alimentation humaine (Aidara-Kane, 2012).

Ainsi, la réduction de cet usage est un des leviers d'action importants mais ne doit pas être le seul pour maîtriser le risque associé à l'antibiorésistance chez les animaux (Guillot et al., 2014).

Des efforts concertés doivent être déployés pour réduire l'utilisation inappropriée de ces agents (par exemple en tant que promoteurs de croissance) et pour limiter la propagation des bactéries résistantes (Aidara-Kane, 2012).

Le risque de développement d'une résistance aux antibiotiques ne peut être réduit que par une réglementation et des politiques appropriées (Thapa et al., 2020).

---

# **ETUDE EXPERIMENTALE**

# Facteurs de risque associés à la contamination bactérienne des viandes de volaille

## I. Facteurs de risque associés à la contamination bactérienne des viandes de volaille

### 1. Matériel biologique

L'étude a été réalisée de janvier 2018 à juillet 2020 et a porté sur 10 boucheries à Biskra (Algérie). Différents types d'échantillons de viande de volaille (n=159) ont été achetées dans chaque boucherie, avant et après l'apparition de la COVID-19. Tous les échantillons ont été soumis à une analyse bactériologique.

#### - Définition des variables explicatives

Dans cette étude, une seule variable prédictive était quantitative, à savoir la contamination de la viande de volaille par les coliformes fécaux, tandis que neuf variables étaient catégoriques (Tableau 10).

**Tableau 10. Définition des variables explicatives catégorielles incluses dans l'analyse de la contamination bactérienne et pourcentage de viande de volaille échantillonnée pour chacune des variables**

Variables	Niveau	Viande de volaille (%)
Carcasses/coupées	Carcasse	48 (29.94)
	Coupé	111 (70.06)
Échantillons	Peau cuisse	64 (40.12)
	Viande de cuisse	45 (28.14)
	Peau du cou	20 (12.57)
	Foie	14 (8.98)
	Escalope de dinde	16 (10.18)
Avant/après COVID-19	Avant COVID-19	130 (81.44)
	Après COVID-19	29 (18.56)

## 2. Méthodes

### 2.1. Analyses bactériologiques

Les prélèvements étaient conditionnés dans des sacs stériles et ont été acheminés sous froid au laboratoire dans les meilleures conditions d'asepsie possibles (glacière désinfecté) et dans les brefs délais (moins de 6 h) afin d'éviter toute variation de la population microbienne. Les analyses bactériologiques concernent : la flore aérobie mésophile totale et les coliformes fécaux.

#### Dénombrement des coliformes fécaux et dénombrement de la viabilité totale

Pour estimer le nombre de coliformes fécaux et la flore aérobie mésophile totale (FMAT), selon un calcul basé sur la technique de la plaque de coulée ; les échantillons sont préparés en effectuant une dilution gravimétrique, 1:10 dans une solution saline physiologique à 0,85 %. Les analyses ont été effectuées conformément aux exigences de l'AFNOR (Tableau 11).

**Tableau 11. Milieux et caractéristiques de culture pour les groupes bactériens dénombrés**

Groupe bactérien	Standard	Milieu de culture	Condition de culture
FMAT	NFV 8-051	PCA	30° C pendant 72h
Coliformes fécaux	NFV 08-60	VRBL	44° C pendant 48h

#### 2.1.1. Opération préliminaire

Chaque échantillon a été testé pour la flore mésophiles aérobies totales (FMAT), et les coliformes fécaux. La FMAT et les coliformes fécaux ont été dénombrés en préparant une suspension mère à 1/10 dans une solution saline physiologique à 0,85 %, puis en effectuant des dilutions décimales jusqu'à  $10^{-7}$ .

Le titre de cette solution mère est obtenu en réalisant le rapport (T : titre) :

$$T = \frac{\text{Poids de l'aliment}}{\text{Volume total (diluant + aliment)}}$$

### 2.1.2. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT)

#### 2.1.2.1. Milieu de culture

Le dénombrement de cette microflore est réalisé par la méthode d'ensemencement en profondeur sur gélose standard pour dénombrement PCA (Plate Count Agar).

#### 2.1.2.2. Mode opératoire

Toutes les opérations se déroulent à proximité de la flamme du bec Bunsen (Figure 13). À l'aide d'une pipette, 1 ml de la plus petite dilution est prélevé puis déposé dans une boîte de Pétri. La même pipette est employée pour effectuer le prélèvement dans les dilutions supérieures. 15 ml de PCA, revivifiés au bain-marie et refroidies sont coulés dans les boîtes de Pétri. L'ensemble est ensuite mélangé suivant une technique standardisée ; en maintenant la boîte de Pétri couverte sur la surface de la table, il faut décrire 6 cercles de 150 mm de diamètre environ dans le sens des aiguilles d'une montre, puis 6 cercles en sens inverse, ensuite 6 allers et retours de haut en bas et 6 autres, de gauche à droite, en prenant garde de ne pas faire d'éclaboussures.

Après complet refroidissement du milieu, une deuxième couche mince de PCA est versée. Lorsque cette dernière couche est solidifiée, la boîte est mise en incubation à 30° C en position renversée.

#### 2.1.2.3. Lecture et interprétation

Elle s'effectue au bout de 72 heures d'incubation. Selon la norme Française XPV08-102 relative aux règles générales pour le comptage des colonies et l'expression des résultats. Chaque boîte retenue devra contenir au plus 300 colonies et au moins 30 colonies. Le nombre de micro-organismes par gramme de produit est calculé à partir des boîtes retenues au niveau de deux dilutions successives à l'aide de la formule suivante :

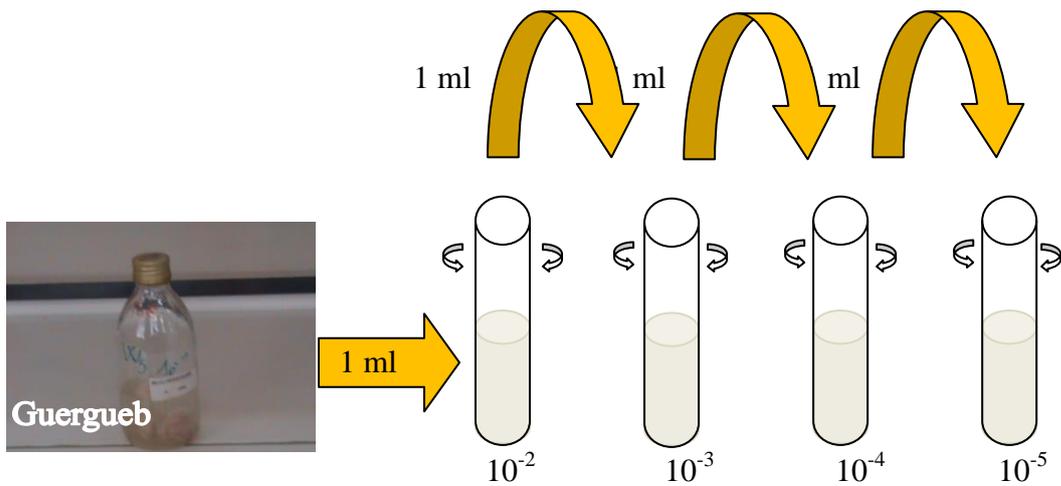
$$N = \frac{\sum c}{V (n_1 + 0,1 n_2) d}$$

- N : Nombre d'UFC par gramme de produit initial.
- $\Sigma c$  : somme totale des colonies comptées.
- $N_1$  : nombre de boîtes comptées dans la première dilution (la plus faible).
- $N_2$  : nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution (la plus forte).
- d : taux de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.
- V : le volume de solution déposée.

Les résultats sont exprimés par le nombre d'Unité Formant une Colonie (UFC) par gramme présentes dans l'aliment.

### Préparation des échantillons

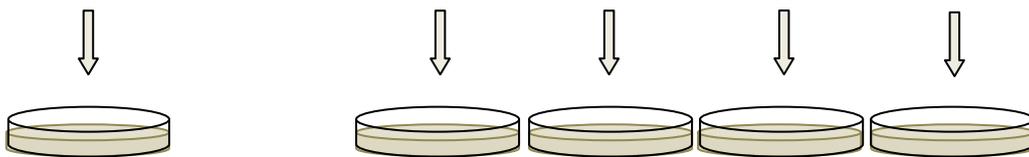
Préparation des dilutions



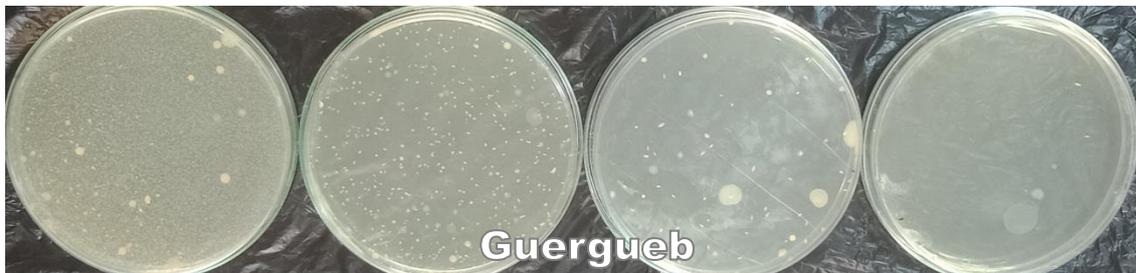
Solution mère à titre  $10^{-1}$

Dilution successive dans 9ml de NaCl 85 ‰

**Ensemencement en profondeur** : 1 ml de l'échantillon + couler le milieu (15 ml de PCA)



**Incubation à 30° C pendant 72h**



Aspect du milieu PCA après développement de la FMAT

**Dénombrement des bactéries**

Figure 13 : Technique de dénombrement de la FMAT selon la norme Afnor NFV 8-051.

### 2.1.3. Dénombrement des coliformes fécaux

#### 2.1.3.1. Milieu de culture

Milieu VRBL (Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre).

#### 2.1.3.2. Mode opératoire

Toutes les opérations se déroulent à proximité de la flamme du bec Bunsen (Figure 14). À l'aide d'une pipette, 1 ml de la plus petite dilution est prélevé puis déposé dans une boîte de Pétri. La même pipette est employée pour effectuer le prélèvement dans les dilutions supérieures. 15 ml de VRBL, revivifiés au bain-marie et refroidies sont coulés dans les boîtes de Pétri. L'ensemble est ensuite mélangé suivant une technique standardisée ; en maintenant la boîte de Pétri couverte sur la surface de la table, il faut décrire 6 cercles de 150 mm de diamètre environ dans le sens des aiguilles d'une montre, puis 6 cercles en sens inverse, ensuite 6 allers et retours de haut en bas et 6 autres, de gauche à droite, en prenant garde de ne pas faire d'éclaboussures. Après complet refroidissement du milieu, une deuxième couche mince de VRBL est versée. Lorsque cette dernière couche est solidifiée, la boîte est mise en incubation à 44,5° C en position renversée, pendant 24 heures.

#### 2.1.3.3. Lecture et interprétation

Elle a lieu au bout de 24 heures. Selon la norme Française XPV08-102 relative aux règles générales pour le comptage des colonies et l'expression des résultats. Chaque boîte retenue devra contenir au plus 150 colonies et au moins 15 colonies. Le nombre de micro-organismes par gramme de produit est calculé à partir des boîtes retenues au niveau de deux dilutions successives à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\sum c}{V (n_1 + 0,1 n_2) d}$$

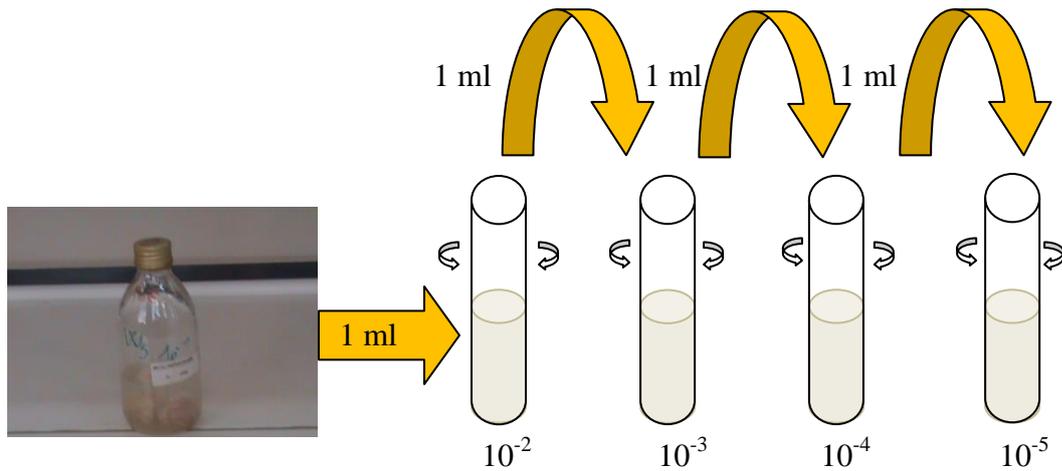
- N : Nombre d'UFC par gramme de produit initial.
- $\Sigma C$  : somme totale des colonies comptées.
- n1 : nombre de boîtes comptées dans la première dilution (la plus faible).
- n2 : nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution (la plus forte).
- d : taux de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.
- v : le volume de solution déposée.

Les résultats sont exprimés par le nombre d'unité formant une Colonie (UFC) par gramme présentes dans l'aliment.

## Méthodes

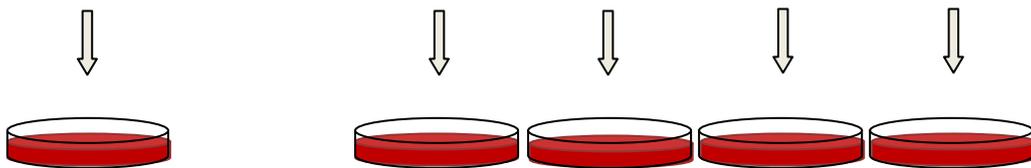
Préparation des échantillons

Préparation des dilutions

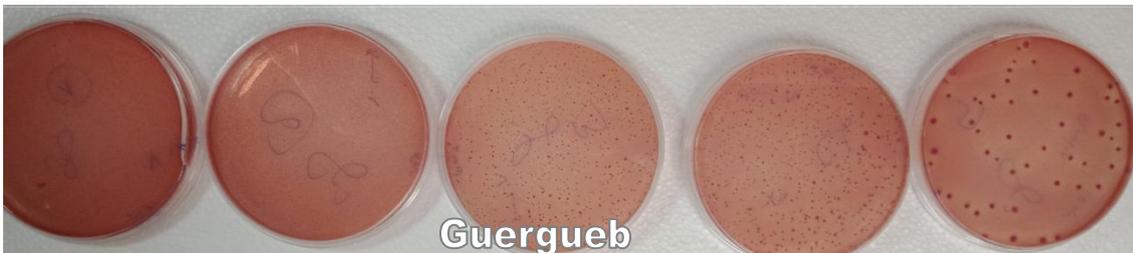


Solution mère à titre  $10^{-1}$  Dilution successive dans 9ml de NaCl 85%

1 ml de l'échantillon + couler le milieu (15 ml de VRBL)



Incubation à  $44,5^{\circ}$  C pendant 24h



Aspect du milieu VRBL après développement des coliformes fécaux

Dénombrement des bactéries

**Figure 14. Technique de dénombrement des Coliformes fécaux selon la norme Afnor NFV 0860.**

### **2.2. Analyses statistiques**

Des statistiques descriptives, l'analyse des correspondances multiples (ACM) et la régression linéaire multiple ont été utilisées pour examiner si les différents facteurs examinés étaient associés à la contamination bactérienne de la viande de volaille. Des statistiques descriptives ont été utilisées pour analyser les données. En outre, les numérations microbiennes ont été transformées en  $\log_{10}$  UFC/g pour l'analyse statistique. La signification statistique a été fixée à  $p\text{-Value} \leq 0.05$  avec un intervalle de confiance de 95% (IC 95%). Le logiciel SPSS (Statistical package for social science version 21, IBM/SPSS) a été utilisé pour les analyses descriptives et la régression linéaire multiple. L'ACM a été réalisée avec le logiciel R.

### 3. Résultats

#### 3.1. Contamination de la viande de volaille par la FMAT

Le niveau moyen de contamination de la viande de volaille par la FMAT était de  $6,40 \pm 0,81$   $\log_{10}$ UFC/g.

#### 3.2. Facteurs affectant la contamination bactérienne des viandes de volaille

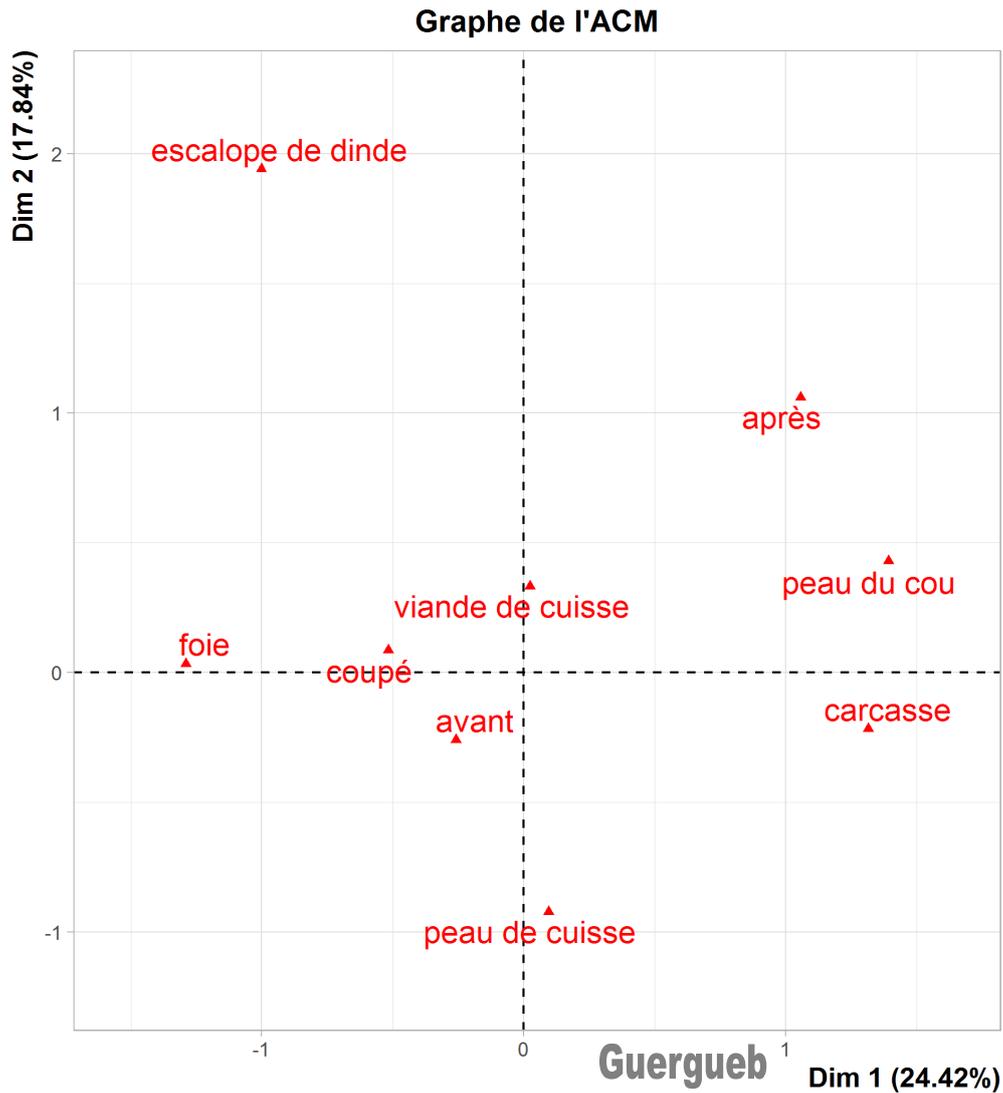
La relation entre la contamination des viandes de volaille par la FMAT et les facteurs examinés a été analysée. Dans un premier temps, une analyse des correspondances multiples (ACM) a été effectuée pour identifier les hypothèses, dont la validité a ensuite été testée par la régression linéaire multiple.

##### 3.2.1. Analyse des correspondances multiples (ACM)

Dans cette section, nous étudions le lien possible entre la contamination de la viande de volaille par le FMAT et certains facteurs de risque, à savoir :

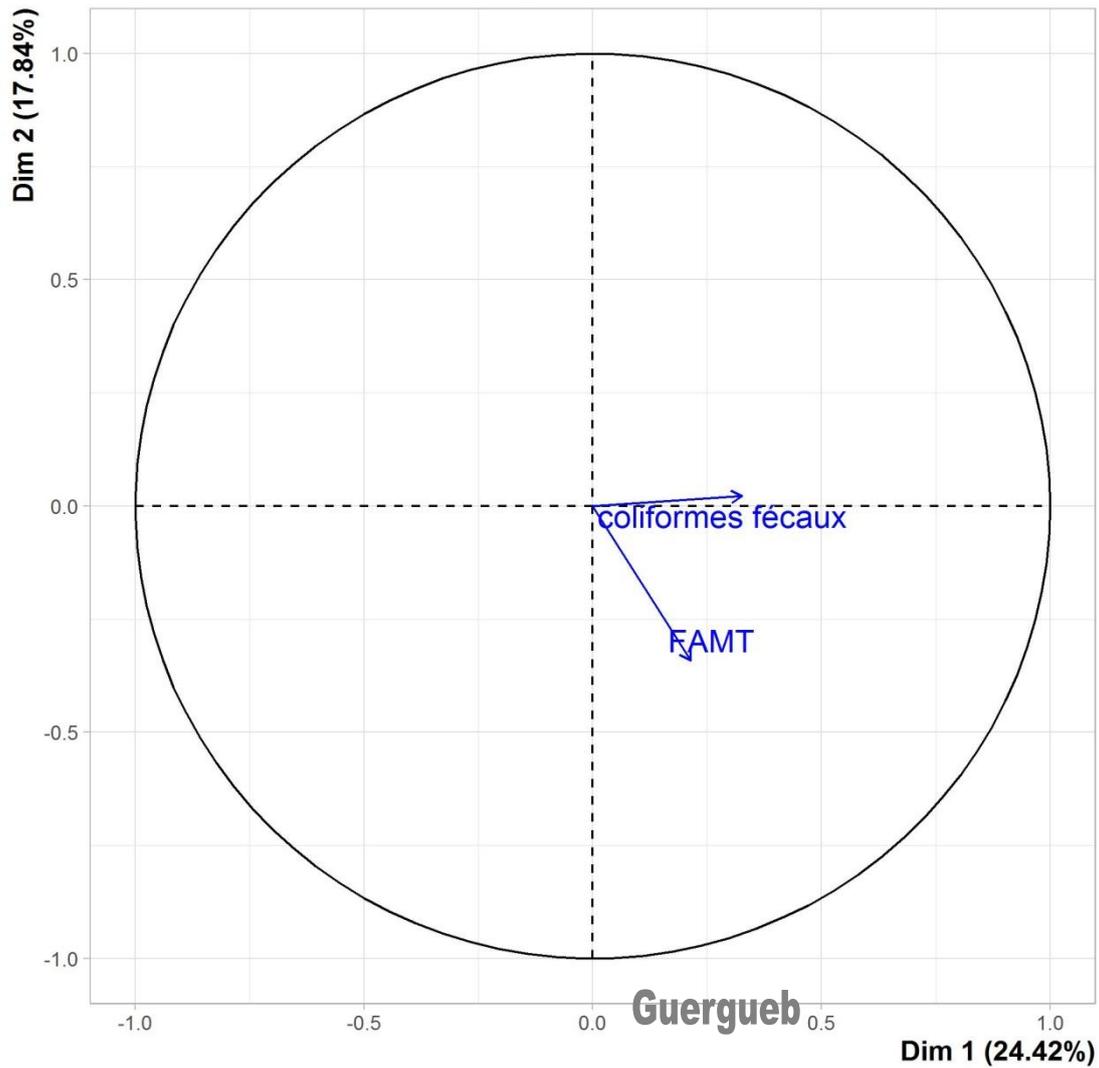
- La contamination de la viande de volaille par les coliformes fécaux,
- Carcasse entière emballée à l'abattoir ou découpée à la boucherie,
- Type de l'échantillon : peau de cuisse, viande de cuisse, peau de cou, foie, escalope de dinde,
- Avant ou après l'apparition de COVID-19.

Les deux premières dimensions expliquent 42,54 % de l'ACM (inertie), ce qui indique que 42,54 % de la variabilité totale du nuage d'individus est représentée dans ce plan (Figure 15 et Figure 16). La Figure 15 montre la répartition des facteurs qualitatifs selon la première (24,42 % de la variance totale) et la deuxième (17,84 % de la variance totale) dimensions, tandis que la Figure 16 montre la représentation graphique des facteurs quantitatifs de ces deux dimensions.



**Figure 15. Résultats de l'ACM avec représentation graphique des variables qualitatives pour la première (Dim1) et la deuxième (Dim 2) dimensions**

carcasse = carcasse entière emballée à l'abattoir, coupé = pièce découpée à la boucherie, avant = avant l'apparition de COVID-19, après = après l'apparition de COVID-19, peau de cuisse, viande de cuisse, foie, escalope de dinde, peau du cou



**Figure 16. Représentation graphique des variables quantitatives sur les deux premières dimensions**

D'après la Figure 15 et Figure 16, il est évident que les carcasses entières, les peaux de cuisses et la viande de volaille achetées avant COVID-19 étaient les plus contaminées par la FAMT, tandis que l'escalope de dinde était la moins contaminée par la FAMT. Il existe une corrélation positive entre la FAMT et la contamination fécale des viandes de volaille.

### 3.2.2. Régression linéaire multiple

Une régression linéaire multiple a été effectuée pour décrire et prédire les variations de la contamination de la viande de volaille par la FMAT, en fonction des facteurs étudiés. Le Tableau 12 présente un résumé du modèle de régression.

**Tableau 12 : Résumé du modèle de régression multiple en fonction de la contamination de la viande de volaille par la FMAT**

<b>Model 1</b>	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> ajusté</b>	<b>Erreur standard</b>
1	0.697	0.486	0.461	0.57

Le coefficient de corrélation était  $R=0,697$  (valeur  $P < 0,001$ ) : il existe une corrélation fortement significative entre les différents facteurs de risque et la contamination de la viande de volaille par la FMAT au niveau des boucheries. Le coefficient de détermination était  $R^2=0,486$ , c'est-à-dire que ce modèle de régression explique 48,6% des variations de la contamination de la viande de volaille par la FMAT, tandis que les 51,4% restants s'expliquent par d'autres facteurs. Ce modèle peut être écrit par les coefficients du Tableau 13. Les résidus de la régression sont normalement distribués et distribués de manière égale (Figure 17). Ces résidus sont indépendants (Figure 18).

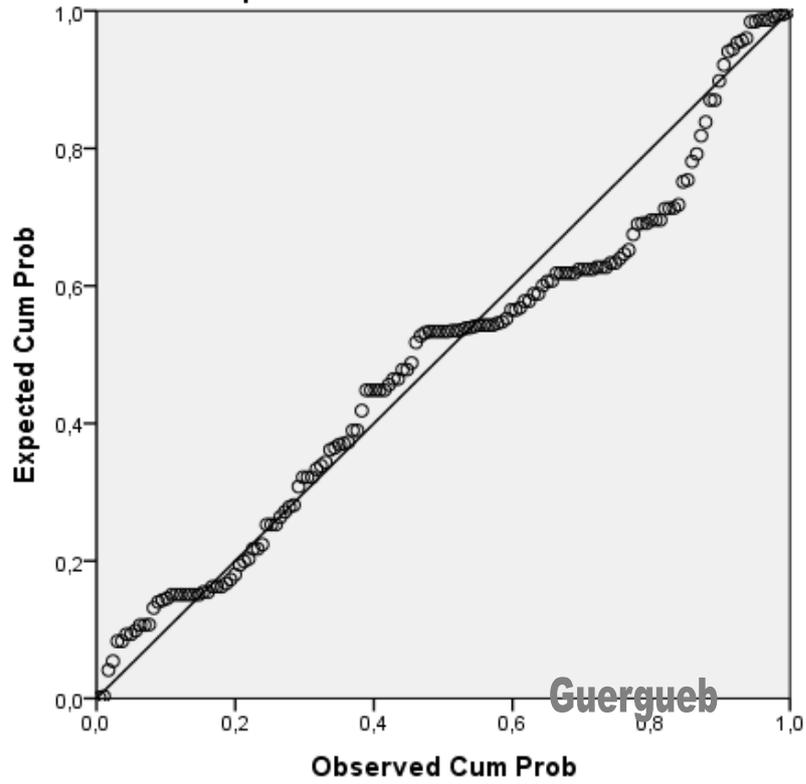


Figure 17. Distribution normale des résidus

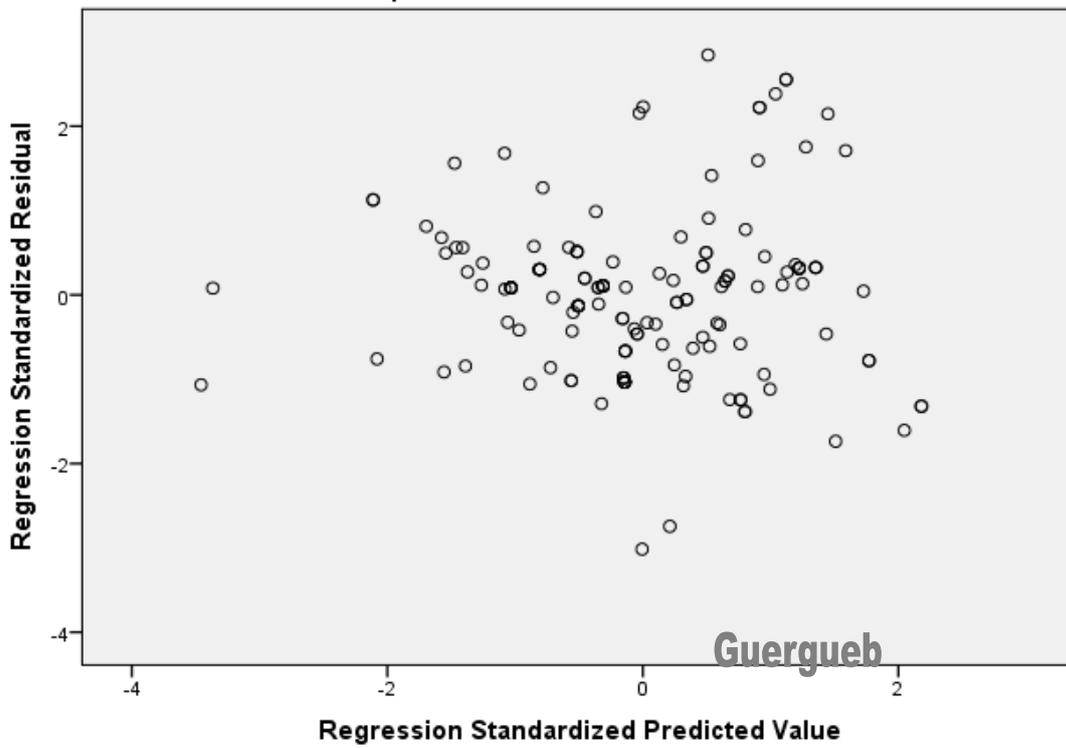


Figure 18. Le diagramme de dispersion des résidus standardisés par rapport aux valeurs prévues.

## Résultats

**Tableau 13 : Résumé des coefficients du modèle de régression linéaire multiple en fonction de la contamination par le FMAT des viandes de volaille au cours de la période 2018-2020**

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Valeur p
	A	Standard error	Beta		
(Constante)	5.522	0.352		15.706	0.000
Coliformes fécaux	0.477	0.054	0.602	8.803*	0.000
Viande cuisée	-0.204	0.118	-0.114	-1.722	0.087
Peau du cou	-0.114	0.146	-0.051	-0.780	0.437
Foie	-0.183	0.168	-0.071	-1.089	0.278
Escalope de dinde	-0.557	0.163	-0.228	-3.426*	0.001
Carcasse/coupé	-0.295	0.117	-0.164	-2.526*	0.013
Avant/après COVID-19	-0.639	0.129	-0.330	-4.969*	0.000

\* niveau de signification valeur  $p \leq 0,05$

Les facteurs les plus influents sur la contamination de la viande de volaille par la FMAT sont les suivants :

- Coliformes fécaux : l'augmentation d'un  $\log_{10}$  UFC/g de la contamination de la viande de volaille par les coliformes fécaux a augmenté la contamination de la viande de volaille par la FMAT de 0,477  $\log_{10}$  UFC/g.
- Avant/après COVID19 : l'achat de viande de volaille après COVID-19 a diminué la contamination de la viande de volaille par la FMAT de 0,639  $\log_{10}$  UFC/g.
- Escalope de dinde : ce type de viande a réduit la contamination de la viande de volaille par la FMAT de 0,557  $\log_{10}$  CFU/g.
- Carcasse/coupé : la caractéristique de coupé a réduit la contamination de la viande de volaille par la FMAT de 0,295  $\log_{10}$  CFU/g.

Le modèle de régression linéaire multiple est donc :

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_0$$

Où : Y = FMAT en  $\log_{10}$  UFC/g,  $X_1$  = coliformes fécaux en  $\log_{10}$  UFC/g,  $X_2$  = avant/après COVID-19,  $X_3$  = escalope de dinde,  $X_4$  = carcasses/coupé.

L'équation permettant de prédire la contamination de la viande de volaille par la FMAT a les coefficients suivants :

$$\beta_1 = 0,477 \pm 0,054 ; \beta_2 = -0,639 \pm 0,129 ; \beta_3 = -0,557 \pm 0,163 ; \beta_4 = -0,295 \pm 0,117 ; \beta_0 = 5,522 \pm 0,352.$$

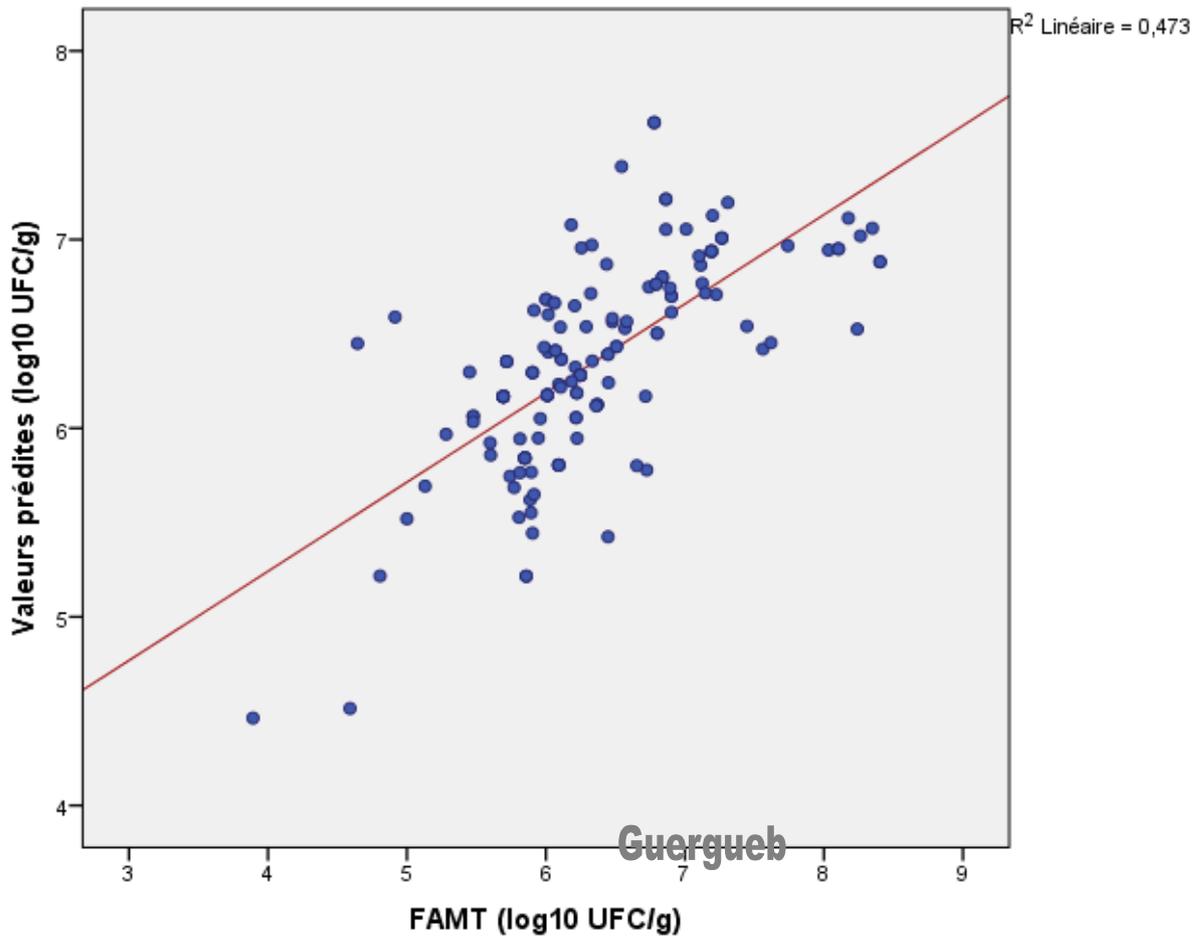
## Résultats

Par conséquent, le modèle de régression s'écrit comme suit :

$Y = 0,477 X_1 + (-0,639)X_2 + (-0,557)X_3 + (-0,295)X_4 + 5,522$  avec une erreur type de 0,57  $\log_{10}$  UFC/g.

La Figure 19 montre la dispersion des valeurs FMAT, réelles et prédites, contaminant la viande de volaille selon l'équation de prédiction :

$Y = 0,477 X_1 + (-0,639)X_2 + (-0,557)X_3 + (-0,295)X_4 + 5,522$  avec une erreur type de 0,57  $\log_{10}$  UFC/g.



**Figure 19. Modèle de régression multiple du FMAT associé aux facteurs étudiés selon l'équation de prédiction**

### 4. Discussion

La présente étude a été conçue pour estimer les relations entre le niveau de contamination bactérienne de la viande de volaille et certains facteurs dans les boucheries.

Cette étude a utilisé l'ACM et la régression linéaire multiple pour estimer les facteurs associés à la contamination de la viande de volaille.

L'analyse des correspondances multiples (ACM) a été utilisée pour montrer les associations entre la contamination bactérienne de la viande de volaille et les facteurs de risque étudiés. L'ACM a permis de décrire et de visualiser les relations entre la FMAT et ces facteurs. Ce qui constitue une méthode très utile pour décrire et visualiser les relations entre plusieurs variables et catégories dans les données d'enquête (FAO, 2003).

L'ACM est à l'origine, une méthode statistique descriptive visant à mettre en correspondance simultanée de plus de deux variables ou caractères (Palm, 2007). Cette méthode factorielle adaptée aux tableaux dans lesquels un ensemble d'individus est décrit par plusieurs variables qualitatives (Pagès, 2021). C'est une méthode exploratoire multidimensionnelle qui fournit une représentation synthétique des catégories issues d'une batterie de critères qualitatifs, référentiel d'un protocole d'expérimentation ou d'enquête (Desbois, 2008). La représentation met en évidence, à la fois les liaisons entre une variable et un facteur et les liaisons entre les variables (Escofier, 1979).

La méthode de régression linéaire multiple a été utilisée pour permettre la prédiction et pour modéliser la relation entre la contamination bactérienne de la viande de volaille associée à des facteurs spécifiques dans les boucheries. Ainsi la régression linéaire multiple a été utilisée pour estimer les coefficients de l'équation linéaire afin de prédire la valeur de la contamination bactérienne de la viande de volaille.

L'analyse de régression est une technique statistique permettant d'étudier et de modéliser la relation entre les variables. Un objectif important de l'analyse de régression est d'estimer les paramètres inconnus dans le modèle de régression (Montgomery et al., 2021). L'analyse linéaire de la régression, appelée aussi plus simplement régression linéaire, est l'une des méthodes statistiques les plus utilisées dans les sciences appliquées et dans les sciences de l'homme et de la société (Foucart, 2006). La régression multiple est une généralisation de la régression simple (Rousson, 2013). Cette dernière est une méthode statistique largement utilisée pour modéliser la relation existant entre une variable  $y$ , appelée variable à expliquer, et plusieurs variables  $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_p$ , appelées variables explicatives (Akossou, 2005). Son objectif est double : il consiste tout d'abord à décrire les relations entre une variable privilégiée, appelée variable expliquée (ou dépendante), et plusieurs variables jouant un même rôle par rapport à la première, appelées variables explicatives (ou indépendantes) (Foucart,

2006). Cette modélisation est effectuée parce qu'on s'intéresse directement à la quantification de l'effet de chacune des variables  $x_j$  sur la variable  $y$  (Akossou, 2005). Dans ce cas, l'intérêt se porte sur les valeurs estimées des coefficients de régression (Akossou, 2005). Elle permet aussi d'effectuer des prévisions de la variable expliquée en fonction des variables explicatives (Foucart, 2006). Les facteurs significatifs de cette étude seront examinés.

### **4.1. Contamination des viandes de volaille par la FMAT**

L'un des tests microbiologiques les plus couramment effectués sur les aliments est la numération viable totale (TVC), également connue sous le nom de numération sur plaque standard ou numération sur plaque aérobie (APC) (Forsythe et Hayes, 1998), et de flore mésophiles aérobies totales (FMAT).

C'est l'ensemble des bactéries aptes à se multiplier en aérobie, aux températures moyennes, plus précisément celles dont la température optimale de croissance est située entre 25° C et 45° C. Cet ensemble englobe les bactéries pathogènes pour l'humain, d'une part, et divers microorganisme d'altération d'autre part ; il faut toujours noter que la pratique généralisée de la conservation des aliments à basse température réduit leur importance sur le plan de l'altération au profit des bactéries psychrotrophes (Barthe et al., 2003). La flore aérobie mésophile totale (FMAT) témoigne l'insuffisance du nettoyage et de la désinfection quand elle est présente en grande quantité (LHL, 2011).

Il s'agit d'un indicateur microbiologique général et largement appliqué de la qualité des aliments, indiquant l'adéquation du contrôle de la température et de l'assainissement pendant la transformation, le transport et le stockage, et révélant les sources de contamination pendant la production (Herrera, 2001). Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale est un indicateur de contamination générale par des micro-organismes (Da Silva et al., 2018).

Dans cette étude, les moyennes de FMAT de la viande de volaille prélevée dans les boucheries ( $6,40 \pm 0,81$ ) sont similaires à celles rapportées précédemment à la ville népalaise Biratnagar :  $5,8 \log_{10}$  UFC/g cité par Mahato (2019), la moyenne de la FMAT du poulet cru collecté sur les marchés de Maurice, se situe entre 5,7 et  $6,4 \log_{10}$  UFC/g selon Heetun et al (2015) et entre 5,79 et  $5,85 \log_{10}$  UFC/g de mésophiles dans les échantillons de cuisses et d'ailes respectivement, en Espagne suivant les résultats de Álvarez-Astorga et al (2002). Toutefois, des résultats plus élevés que les nôtres ont été signalés par Bantawa et al. (2018), à la ville népalaise Dharan, où  $8,22 \pm 0,14 \log_{10}$  UFC/g était la moyenne de la valeur de la FMAT des viandes de poulet. En revanche, des niveaux inférieurs aux nôtres ont été signalés par Kozačinski et al.(2006) en Croatie, où la population moyenne de bactéries mésophiles

aérobies variait de  $3,7 \log_{10}$  CFU/g (bréchet),  $4,7 \log_{10}$  CFU/g (filets) à  $5,4 \log_{10}$  UFC/g (viande de poulet découpée au détail).

Cette variabilité de la charge microbienne pourrait être attribuée à la fois au site échantillonné et à la méthode d'échantillonnage (Grau, 1986). Il existe cependant d'autres facteurs et la présente étude a examiné plusieurs facteurs qui influencent le niveau de contamination bactérienne des viandes de volaille.

### **4.2. Facteurs affectant la contamination bactérienne de la viande de volaille**

#### **4.2.1. Contamination par les coliformes fécaux**

Coliformes cultivant à  $44,5^{\circ}$  C. Ces germes renseignent sur les conditions de l'abattage (Cartier, 1990) cité par (Dennai & Kharrati, 2001). Les coliformes fécaux vivent dans les intestins de l'homme et des animaux, leur présence traduirait de mauvaises conditions au cours de l'opération d'abattage et sont témoins de contamination fécale (Barthe et al., 2003).

L'étude actuelle a révélé une augmentation de  $0,477 \log_{10}$  UFC/g (valeur  $P < 0,001$ ) de la contamination de la viande de volaille par la FMAT associée à l'augmentation de chaque  $\log_{10}$  UFC/g de contamination de la viande de volaille par les coliformes fécaux (Tableau 13).

La Figure 15 et Figure 16 ont montré qu'il existe une corrélation positive entre la contamination de la viande de volaille par la FMAT et la contamination de la viande de volaille par les coliformes fécaux. Ces résultats confirment ceux de (CHIPLEY, 1987) qui a établi une corrélation entre le niveau de contamination par les coliformes et le nombre total de bactéries.

#### **4.2.2. Viandes de volaille achetées avant et après l'apparition de COVID-19**

COVID-19 est la maladie causée par un nouveau coronavirus appelé SARS-CoV-2. L'OMS a appris l'existence de ce nouveau virus le 31 décembre 2019, à la suite d'un rapport sur un groupe de cas de "pneumonie virale" à Wuhan, en République populaire de Chine (OMS, 2020b). La COVID-19 est désormais une pandémie qui touche de nombreux pays dans le monde (OMS, 2020a).

Il y a eu une diminution de  $0,639 \log_{10}$  UFC /g (valeur  $P < 0,001$ ) de la contamination de la viande de volaille par la FTAM associée à l'achat de viande de volaille après COVID-19 (Tableau 13). La Figure 15 montre qu'une corrélation positive a été trouvée entre la caractéristique avant COVID-19 et la contamination de la viande de volaille par la FMAT.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que : le gouvernement algérien a publié plusieurs décrets dans le but de fixer des mesures supplémentaires pour prévenir et lutter contre la propagation du Coronavirus (COVID-19). Par exemple : l'obligation de porter un masque de

protection (Décret-exécutif, 2020a), la mise à disposition des utilisateurs et des clients de produits désinfectants ; notamment des gels hydro-alcooliques, le nettoyage et la désinfection quotidienne des locaux par les commerçants (Décret-exécutif, 2020b).

Après l'apparition de cette pandémie, un usage accru des biocides a été observé. L'agent causal, le nouveau coronavirus (SARS-CoV-2) est contre-attaqué par une application approfondie de désinfectants et de stérilisants. Cependant, le virus a muté plus de 30 fois au cours de cette pandémie mondiale, créant la panique et conduisant à une pathogénicité accrue et par conséquent à des mesures d'assainissement plus strictes pour le contrôler (Paul et al., 2021).

Ces résultats corroborent les conclusions de (Jay, 2000), qui a suggéré que le microbiote sur les mains et les vêtements extérieurs des personnes manipulant les produits reflète généralement l'environnement et les habitudes des individus, et que les organismes en question peuvent être ceux provenant des sols, des eaux, de la poussière et d'autres sources environnementales. D'autres sources importantes sont celles qui sont communes dans les cavités nasales, la bouche et la peau, et celles provenant du système gastro-intestinal qui peuvent pénétrer dans les aliments en raison de mauvaises pratiques d'hygiène personnelle.

Froning (1987) a indiqué que la croissance des micro-organismes peut être minimisée par la mise en œuvre de bonnes pratiques de contrôle de la qualité. Mead (1995) a indiqué que les étapes essentielles pour prévenir des niveaux excessifs de contamination comprennent le lavage et la réfrigération rapides des oiseaux éviscérés et des procédures efficaces de nettoyage et de désinfection de l'équipement et des surfaces de travail à la fin de la période de traitement, avant la production du lendemain. Froning (1987) a également suggéré que les installations de lavage des mains adjacentes aux opérateurs dans les usines réduisent la contamination bactérienne pendant la découpe et l'emballage.

### **4.2.3. Escalope de dinde**

Il y a eu une diminution de  $0,55 \log_{10}$  UFC/g (valeur  $P=0,001$ ) de la contamination de la viande de volaille par la FMAT associée à l'escalope de dinde (Tableau 13). Selon la figure 15, une corrélation négative a été constatée entre la contamination de la viande de volaille par le FMAT et l'escalope de dinde.

Une explication possible de ce phénomène pourrait être que l'escalope de dinde, qui est une partie profonde des viandes de volaille, est sans peau et donc moins contaminée par les bactéries. Ces résultats concordent avec les conclusions d'autres études, dans lesquelles la contamination microbienne se produit sur toute la surface extérieure de la carcasse et dans la cavité abdominale (Mead, 2007). La peau des viandes de volaille soutient la croissance de la flore d'altération mieux que les tissus musculaires (Jay, 2000).

### **4.2.4. Carcasse complète ou coupée**

On a constaté une diminution de  $0,295 \log_{10}$  UFC/g (valeur  $P=0,013$ ) de la contamination de la viande de volaille par la FMAT associée aux échantillons coupés (Tableau 13). Selon la Figure 15 et la Figure 16, le niveau de contamination de la viande de volaille par la FMAT est positivement corrélé avec la caractéristique de la carcasse entière.

Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que dans ces boucheries, les morceaux découpés proviennent de carcasses entières préalablement emballées à l'abattoir, et que le boucher retire et nettoie les parties trop contaminées ou mal nettoyées à l'abattoir, pour finalement exposer les morceaux découpés dans des vitrines réfrigérées. Conformément aux présents résultats, des études antérieures ont démontré que l'élimination des contaminants introduits pendant l'abattage sur les surfaces de la viande, ralentit ou empêche la croissance des contaminants (Niven, 1986). Le parage de la peau ou des tissus extérieurs réduit également le nombre et les types d'agents pathogènes sur les carcasses et les produits finis habillés (Jay, 2000).

Dans l'ensemble, de nombreuses études ont porté sur la plupart des méthodes mentionnées ci-dessus pour éliminer les micro-organismes des carcasses d'abattage, et des réductions des FMAT sont courantes (Jay, 2000).

# Facteurs de risque associés à la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées à partir des viandes de volaille

## II. Facteurs de risque associés à la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées à partir des viandes de volaille

### 1. Matériel biologique

La recherche a porté sur dix (10) boucheries à Biskra et a été menée de janvier 2018 à juillet 2020. Avant et après l'apparition de la COVID-19, des échantillons de viande de volaille (n= 159), de différentes coupes (parties) ont été achetés dans chaque boucherie. Des analyses bactériologiques ont été effectuées sur tous les échantillons.

#### Définition des variables explicatives

##### - Variable dépendent

Dans la présente recherche, la variable dépendante était : la proportion (%) de résistance aux antibiotiques testés dans chaque souche bactérienne isolée de la viande de volaille.

##### - Variables prédictives

Dans cette étude, deux variables prédictives étaient quantitatives qui sont la contamination de la viande de volaille par les coliformes fécaux et par la FMAT, tandis que neuf (09) variables étaient catégorielles (Tableau 14).

**Tableau 14. Définition des variables explicatives catégorielles incluses dans l'analyse des bactéries isolées**

Variabiles catégorielles	Niveau	Viande de volaille (%)
Avant/après COVID-19	Avant COVID-19	130 (81.44)
	Après COVID-19	29 (18.56)
Échantillons	Peau cuisse	64 (40.12)
	Viande de cuisse	45 (28.14)
	Peau du cou	20 (12.57)
	Foie	14 (8.98)
	Escalope de dinde	16 (10.18)
Carcasses/coupées	Carcasse	48 (29.94)
	Coupé	111 (70.06)

## 2. Méthodes

### 2.1. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques concernent :

- *Escherichia coli*
- *Salmonella*
- *Staphylococcus aureus*
- *Listeria*

#### 2.1.1. Recherche et identification d'*Escherichia coli*

##### 2.1.1.1. Milieux de culture utilisés

Plusieurs milieux de culture ont été préparés, selon les recommandations du fabricant, à savoir :

- ❖ des milieux pour culture et isolement des germes :
  - la *solution* de chlorure de sodium (NaCl) à 85‰
  - la gélose Violet Red Bile Lactose (VRBL)
  - la gélose ordinaire : gélose nutritive
  - la gélose Mac Conkey
  
- ❖ des milieux d'identification :
  - le milieu triple sugar iron (TSI)
  - le milieu Mannitol- Mobilité
  - le milieu citrate de Simmons
  
- ❖ des milieux utilisés pour la coloration de Gram :
  - violet de gentiane
  - la solution de Lugol
  - l'alcool
  - la fuchsine de Ziehl diluée
  
- ❖ Ainsi des milieux ou tests prêt à l'emploi :
  - Brilliant Green Bile Broth with Durham (BGLB)
  - le peroxyde d'hydrogène
  - le milieu Urée-indole
  - les galeries Analytical Profile Index (API 20 E)
  - les disques de B-galactosidase (ONPG)
  - les disques d'oxydase

### 2.1.1.2. Isolement et identification d'*Escherichia coli*

La technique de recherche utilisée est celle de la norme AFNOR V08-017. La Figure 21 présente les étapes d'identification d'*E. coli*.

Ensemencement et incubation :

Les dilutions décimales  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  sont effectuées, après revivification de la suspension mère pendant 30 minutes. Un millilitre (1 ml) de chaque dilution est prélevé puis introduit dans des boîtes de pétri stériles. Environ 15 ml de gélose Violet Red Bile Lactose (VRBL) chauffée puis refroidie à  $50^{\circ}\text{C}$  est ajouté. Après homogénéisation par mouvements rotatifs, et solidification de la gélose, une deuxième couche d'environ 5 ml est coulée au-dessus de la première couche, pour empêcher le développement d'éventuelle flore de contamination superficielle après ensemencement.

Après une période d'incubation des boîtes refroidies à  $44,5^{\circ}\text{C}$  pendant 24h, les colonies caractéristiques de *E. coli* (Figure 20) qui ont poussé en profondeur sont violacées, d'un diamètre de 0,5 mm au plus et entourées d'un halo rougeâtre sont retenues pour l'identification suivant (FDA, 2020).

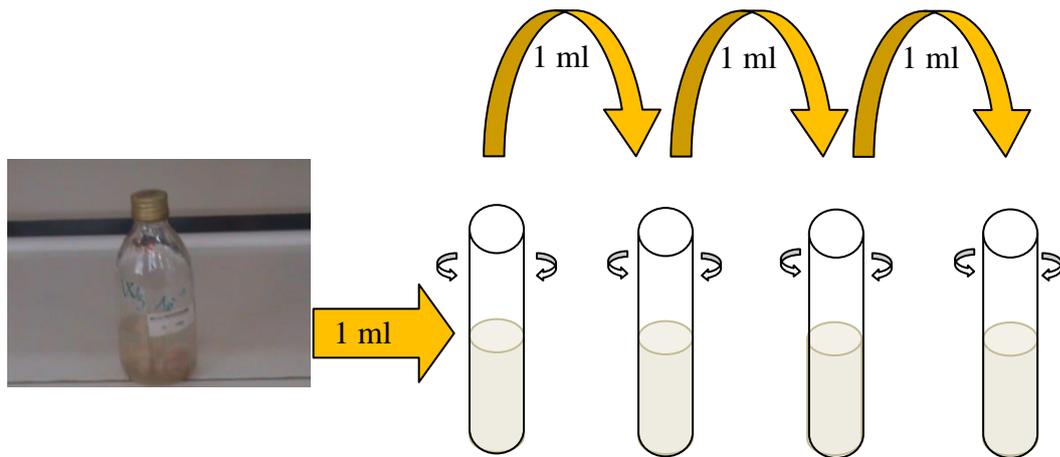


Figure 20. Aspect d'*E. coli* sur la gélose VRBL

## Méthodes

### Préparation des échantillons

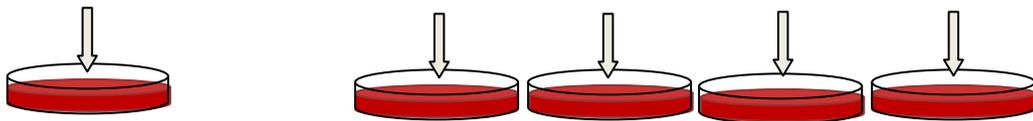
### Préparation des dilutions



Solution mère à titre  $10^{-1}$

Dilution successive dans 9 ml de NaCl 85‰

1 ml de l'échantillon + couler le milieu (15 ml de VRBL)



Incubation à  $44,5^{\circ} C$  pendant 24h

Production de gaz dans un tube de BGLB et utilisation du citrate



Gaz dans un tube de BGLB (+)



Utilisation du citrate (-)

Identification Biochimique sur galerie API

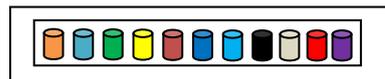


Figure 21. Les étapes d'identification d'*E. coli*

### - Isolement des colonies d'*Escherichia coli* sur la gélose Mac Conkey

Les colonies caractéristiques d'*E. coli* repiquées dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose de Mac-Conkey. Ce milieu sélectif pour les bactéries à Gram négatif a l'avantage de faire pousser toutes les entérobactéries notamment les *E. coli*.

Les différentes boîtesensemencées ont été ensuite incubées à 37° C pendant 24 heures. La lecture est faite après 24 heures.

Les colonies apparues ont été observées sur le plan macroscopique puis une colonie rose a été choisie et cultivée dans des tubes contenant de la gélose nutritive. Ces boîtes ont été ensuite incubées dans l'étuve à 37° C pendant 24 heures.

Les différentes boîtes de pétriensemencées ensuite incubées à 37° C pendant 24 heures après lesquelles la lecture a été faite. Les colonies *E. coli* se présentent sous forme de grosses colonies rondes, lactose positive de couleur rose, sèches, plates et à contour régulier (Figure 22).

### - Purification des colonies d'*Escherichia coli*

Les colonies suspectées à l'étape précédente sont isolées sur gélose nutritive pour une purification. Après 24h d'incubation à 37° C (Figure 23), les différentes étapes ci-dessous sont réalisées.



Figure 22. Isolement d'*E. coli* sur la gélose MacConkey



Figure 23. Purification des souches *E. coli* sur la gélose MacConkey gélose nutritive

### - L'identification

L'identification des souches a porté sur une série de tests biochimiques et morphologiques.

#### - *Identification morphologique*

##### - *Etat frais*

##### - Principe

L'observation microscopique à l'état frais permet d'apprécier la morphologie des bactéries, leur mode de groupement, leur abondance et leur type de mobilité.

##### - Technique

L'examen direct se réalise en déposant une goutte d'eau physiologique et une colonie sur une lame porte-objet. Cette lame est recouverte d'une lamelle en évitant d'emprisonner les bulles d'air, la préparation est examinée au microscope optique à l'objectif x 40 puis x 100.

##### - Résultat

*E. coli* se présentent sous forme de bacilles mobiles (Figure 24).



Figure 24. Etat frais des bacilles d'*E. coli*

### - *Coloration de Gram*

Chaque culture pure a fait l'objet d'une coloration de Gram.

#### - Principe

La coloration de Gram est la coloration de base en bactériologie et elle permet une classification des bactéries selon leur structure.

C'est une coloration qui permet de différencier les bactéries d'après leur forme et aussi pour leur affinité pour les colorants liés à la structure générale de la paroi. Elle est l'un des caractères essentiels de la classification des bactéries.

#### - Technique

Le principe de cette méthode consiste à :

On étale les bactéries sur une lame de verre, on les fixe par la chaleur, puis on recouvre le frottis successivement avec une solution de violet de gentiane et un mordant, la solution de Lugol ; la préparation est ensuite traitée avec l'alcool. Ensuite, on procède à une contre-coloration avec la fuchsine de Ziehl diluée.

#### - Résultat

La lecture se fait au grossissement x 100 avec une goutte d'huile à immersion. *E. coli* apparaît sous la forme de bacille à Gram négatif colorées en rose (Figure 25).



**Figure 25. Coloration de Gram des bacilles d'*E. coli***

### - *Identification biochimiques*

Les bacilles à Gram négatif sont ensuite soumis aux tests biochimiques. Les tests biochimiques ayant servi à l'identification sont :

### - *Production de gaz sur de Brilliant Green Bile Broth with Durham (BGLB)*

Des colonies caractéristiques ont été transférées chacune dans un tube de BGLB (Brilliant Green Bile Broth with Durham Tube).

Après une période d'incubation (24 et 48 h) à 35° C, les tubes ont été examinés pour la production de gaz.

Le tube BGLB à gaz positif présente une pellicule comme c'est le cas pour *E. coli* (Figure 26)



**Figure 26. Production de gaz par *E. coli* dans les tubes de BGLB.**

- ***Production de l'oxydase***

- Principe

Le test de l'oxydase est fondé sur la production bactérienne d'une enzyme oxydase intracellulaire.

- Technique et lecture

Ce test est réalisé à l'aide de disques d'oxydase prêts à l'emploi.

La réaction des oxydases consiste à imprégner les disques avec quelques gouttes d'eau distillée stérile et d'appliquer sur ces disques une colonie bactérienne à l'aide de l'anse de platine.

Une réaction positive se traduit par l'apparition d'une coloration violette. Dans le cas contraire le disque reste inchangé.

- Résultats

La lecture du résultat était immédiate et sans incubation à l'endroit où on a déposé la colonie *E. coli*, on a oxydase négative (Figure 27)

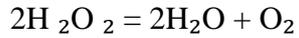


**Figure 27. Oxydase négative d'*E. coli***

- **Production de catalase**

- Principe

La catalase est une enzyme qui décompose le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en eau et en oxygène, selon la réaction suivante :



- Technique

Une colonie est déposée l'aide d'une pipette Pasteur sur une lame. Un frottis est réalisé sur lequel on dépose quelques gouttes de peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (à 10 volumes).

- Résultats

*E. coli* est catalase positive. La présence de catalase se matérialise par une effervescence, production de bulles (Figure 28).

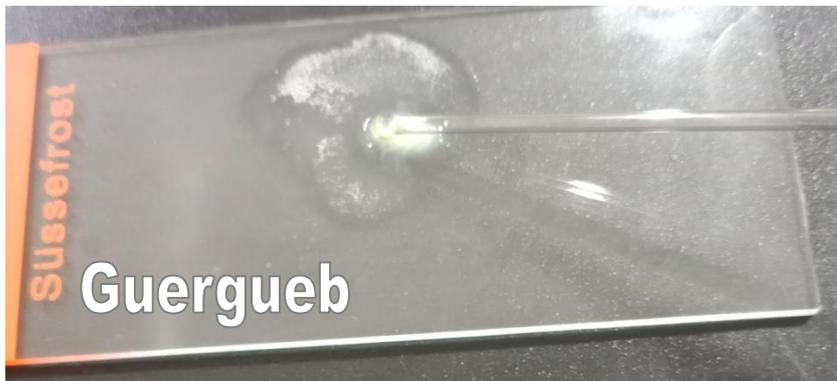


Figure 28. Production de catalase par *E. coli*.

### – *Milieu TSI (Triple Sucres Iron Agar)*

#### – Principe

C'est un milieu coulé en pente et en culot. Il permet d'étudier la fermentation de trois sucres (glucose, lactose, saccharose), d'apprécier la production ou non de l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) et de noter la production ou non de gaz à partir du glucose.

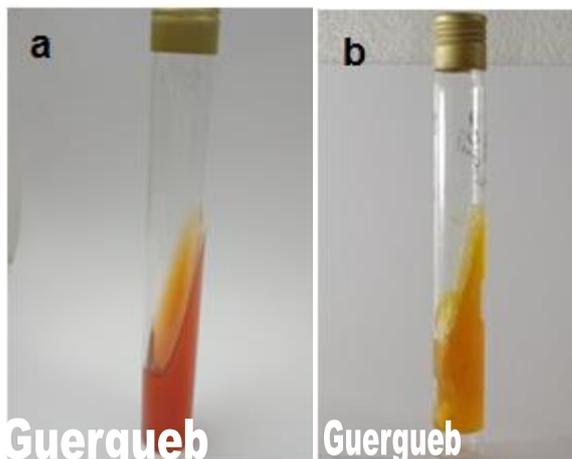
#### – Technique

Elle consiste à ensemencer la pente de la gélose par stries serrées puis du culot par piqûre centrale, la lecture se fait après 18h d'incubation à 37° C.

#### – Résultats

L'indicateur de pH est le rouge de phénol. La présence des *E. coli* est révélée par (Figure 29) :

- la fermentation du glucose qui se traduit par virage au jaune du milieu qui était rouge à l'origine (culot) ;
- la fermentation du lactose sur la pente qui se traduit également par virage au jaune ;
- la présence de gaz qui se matérialise par le décollement du culot et/ou la présence de bulles d'air ;
- absence de production d'hydrogène sulfuré  $H_2S$  qui se traduit par absence de coloration noire.



**Figure 29. Milieu TSI avant (a) et après (b) la fermentation des souches d'*E. coli*.**

- **Milieu Urée-indole**

- Principe

La mise en évidence de l'uréase s'est faite en utilisant le milieu urée-indole. Ce milieu liquide est utilisé pour rechercher l'uréase et la production d'indole.

- Technique et lecture

La recherche se fait en ensemencant un tube à essai contenant 0,5 ml de milieu Urée-indole, avec quelques gouttes de la suspension bactérienne après l'avoir préparée dans de l'eau physiologique. Ensuite le tube est incubé à 37° C pendant 24 heures.

Et la lecture se fait comme suite :

- la production d'uréase qui se matérialise par un changement de la coloration du jaune au rose, du fait de l'alcalinisation du milieu ;

- la présence d'indole qui se matérialise par un anneau rouge, après addition du réactif de Kovacs ;

- Résultats

Les *E. coli* sont uréase (-) et indole (+). La présence *d'E. coli* est constatée lorsque le milieu Urée-indole demeure inchangé, et la présence d'indole qui se matérialise par un anneau rouge à la partie supérieure du milieu, après addition de quelques gouttes du réactif de Kovacs dans le tube ensemencé (Figure 30).



**Figure 30. Aspect du milieu Urée-Indole après incubation en présence d'*E. coli***

### - **Milieu Mannitol-mobilité**

#### - Principe

Le milieu Mannitol-mobilité est une gélose molle conditionnée en tubes et qui permet d'étudier la fermentation du mannitol ainsi que la mobilité des souches des germes.

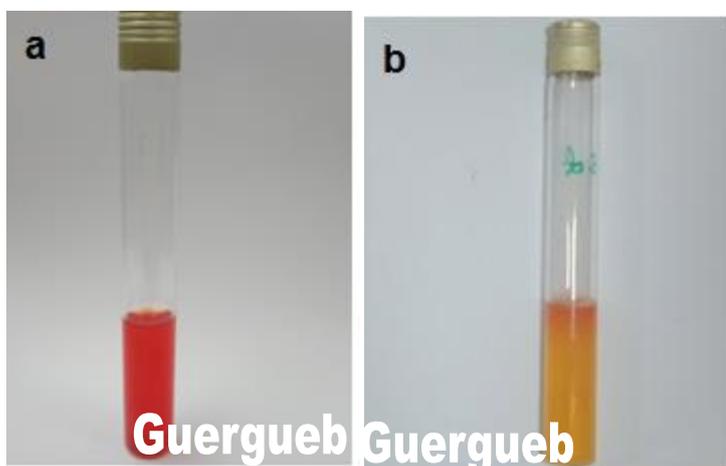
#### - Technique et lecture

L'ensemencement se fait par piqûre centrale avec la souche à tester à l'aide d'une anse de platine (fil droit sans boucle) et l'incubation à 37° C pendant 24 heures.

La mobilité du germe est marquée par la présence de zone trouble de migration et, la fermentation du mannitol se traduit par un virage du milieu au jaune.

#### - Résultats

• Milieu Mannitol-Mobilité : les *E. coli* sont mannitol (+) et mobilité (+), voir Figure 31.



**Figure 31. Milieu Mannitol-Mobilité avant (a) et après (b) fermentation d'*E. coli*.**

### - *Milieu de Citrate de Simmons*

#### - Principe

Ce milieu coulé en tubes est utilisé pour l'étude de l'utilisation du citrate comme seule source de carbone par les germes.

Il contient un indicateur de pH qui est le bleu de bromothymol, ce qui confère au milieu une coloration verte à l'état acide.

#### - Technique et lecture

La pente du milieu estensemencée par des stries longitudinales, réalisées à l'anse de platine, à partir d'une suspension bactérienne. Ne pas visser le bouchon à fond afin de permettre les échanges gazeux. Mettre à l'incubation 37° C pendant 24h.

Les germes qui utilisent le citrate comme seule source de carbone entraînent une alcalinisation du milieu, d'où le virage du vert au bleu et la lecture se fait comme suit :

- Virage de l'indicateur de pH en bleu : il y a eu une alcalinisation du milieu et la souche est citrate de Simmons (+) (Figure 33).

- Pas de virage de l'indicateur de pH : il n'y a pas une alcalinisation et le milieu ne présente pas de culture. La souche est citrate de Simmons (-) (Figure 32 (a)).

Une couleur inchangée indique que la bactérie est citrate négatif, comme c'est le cas pour *E. coli* (Figure 32 (b)).

#### - Résultats

• Citrate de Simmons : les *E. coli* sont citrate (-). Le caractère Citrate négatif des souches d'*E. coli* est mis en évidence par le milieu Citrate de Simmons, de couleur verte coulé dans un tube en position inclinée (Figure 32 (b)).

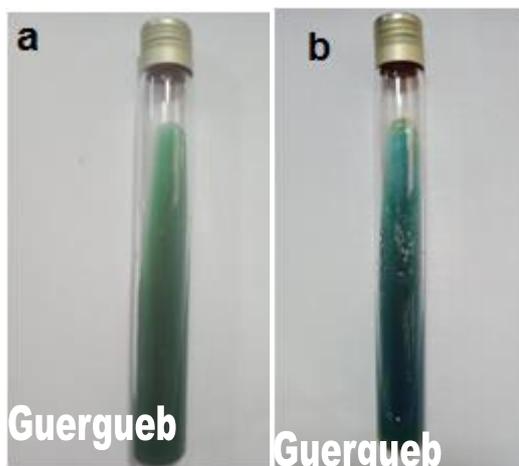


Figure 32. Aspect du milieu Citrate de Simmons avant (a) et après (b) la multiplication d'*E. coli*.



Figure 33. Citrate de Simmons positive.

### - **Identification par la galerie Analytical Profile Index (API 20 E)**

La galerie API 20 E est un système standardisé pour l'identification des *Enterobacteriaceae* et autres bacilles à Gram négatif. Elle permet de réaliser 20 tests biochimiques miniaturisés. La liste complète des bactéries qu'il est possible d'identifier est présente dans un catalogue analytique.

#### - Principe de la galerie Api 20 E

Les cupules sontensemencées avec une suspension bactérienne qui reconstitue les milieux. Les réactions produites après la période d'incubation de 18-24 h à 37 C°, se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du tableau de lecture et l'identification est obtenue à l'aide du catalogue analytique.

#### - Mode opératoire

Remplir tubes et cupules des tests CIT, VP et GEL avec la suspension bactérienne 18 à 24 heures sur milieu solide. Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests. Créer une anaérobiose dans les tests ADH, LDC, ODC, H2S, URE en recouvrant leur cupule d'huile de paraffine afin de maintenir l'anaérobiose nécessaire aux réactions. Incuber à 37° C pendant 24 heures.

#### - Lecture de la galerie

La lecture de la galerie (Figure 34) est réalisée, après incubation, en se référant au tableau de lecture. L'Identification bactérienne est réalisée à l'aide du Catalogue Analytique qui donne le nom de la bactérie correspondant au profil biochimique obtenu.



**Figure 34. Profil biochimique sur galerie API 20E d'*E. coli***

### **2.1.2. Recherche et identification des salmonelles**

#### **2.1.2.1. Milieux utilisés**

Plusieurs milieux sont utilisés en fonction des étapes du protocole expérimental.

#### **2.1.2.2. Mode opératoire**

La recherche de *Salmonella* a été faite en 4 étapes selon la norme ISO 6579 :

- Pré-enrichissement
- Enrichissement en milieux sélectifs liquides
- Isolement sur milieu sélectif gélosé
- Identification biochimique

La technique utilisée pour la recherche des salmonelles était classique (Figure35).

# Méthodes

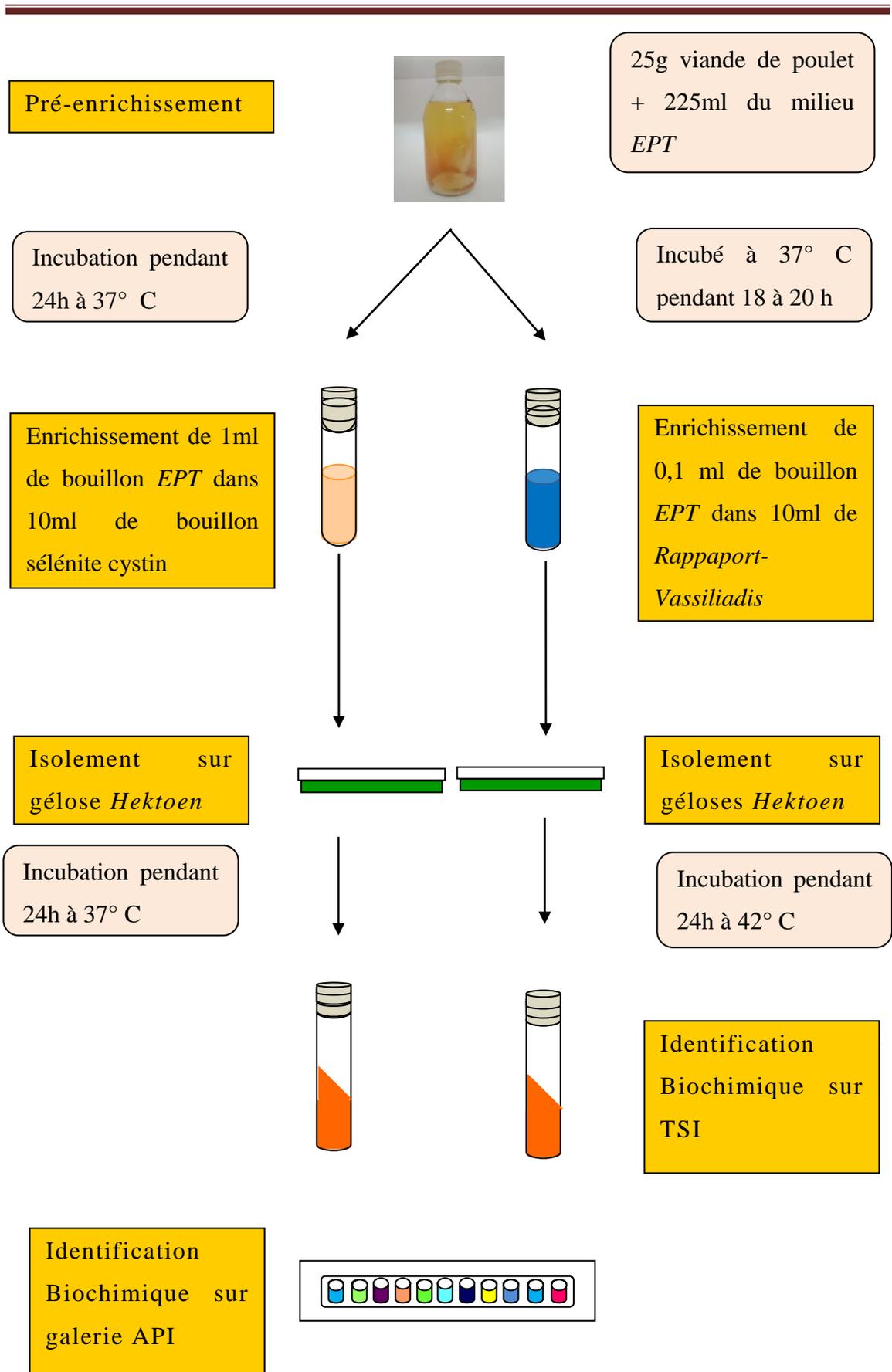


Figure 35. Recherche des salmonelles dans les viandes de volaille selon la norme Afnor ISO 6579.

### - Pré-enrichissement

Un morceau de peau ou un cube de viande ont été prélevés ; dans de parfaites conditions d'asepsie (bec bunsen) ; et mesuré (25g), puis mélangé avec 225 ml d'un milieu de pré-enrichissement : Eau Péptonée Tamponnée (EPT). Le mélange a ensuite été homogénéisé, puis laissé pour revivification à température ambiante pendant 30 minutes puis incubé à 37° C pendant 18 à 20 heures (Figure 36).



Figure 36. Échantillon de viande de volaille dans l'eau peptonée tamponnée

### - Enrichissement en milieux sélectifs liquides

1 ml et 0,1 ml du pré-enrichissement étaient respectivement transférés pour enrichissement dans 10 ml de bouillon Sélénite cystine et 10 ml de bouillon Rappaport-Vassiliadis (RV) et incubés respectivement à 37° C et 42° C pendant 24 heures (Figure 37).

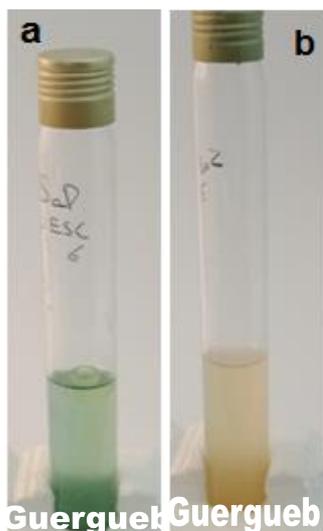


Figure 37. Bouillon Sélénite cystine (a) et bouillon Rappaport-Vassiliadis (b) après multiplication des salmonelles

### - Isolement sur milieu sélectif gélosé

Un milieu sélectif gélosé a été utilisé : la gélose Hektoen. Les colonies sont ensemencées par technique de stries d'épuisement à partir d'un même bouillon d'enrichissement mis en incubation à l'étuve 37° C.

Après 24 heures, les colonies isolées sur la gélose Hektoen présentant les caractéristiques macroscopiques des salmonelles : colonies verdâtre ou bleuâtres à centre noir (Figure 38 et Figure 39) sont repiquées sur gélose ordinaire pour être soumises à une identification plus fine (Figure 40).

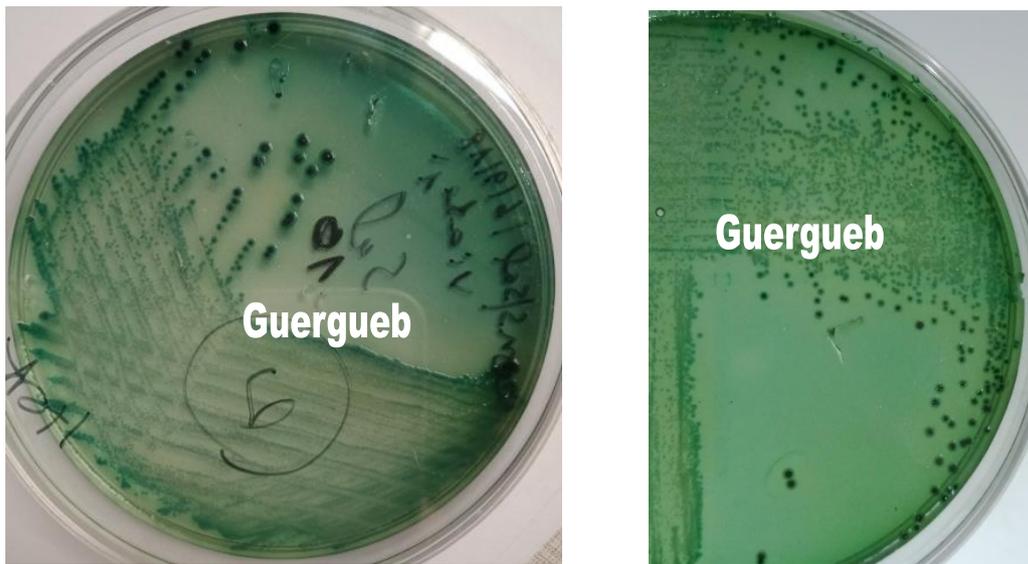


Figure 38 : Aspect du milieu Hektoen après développement des salmonelles.

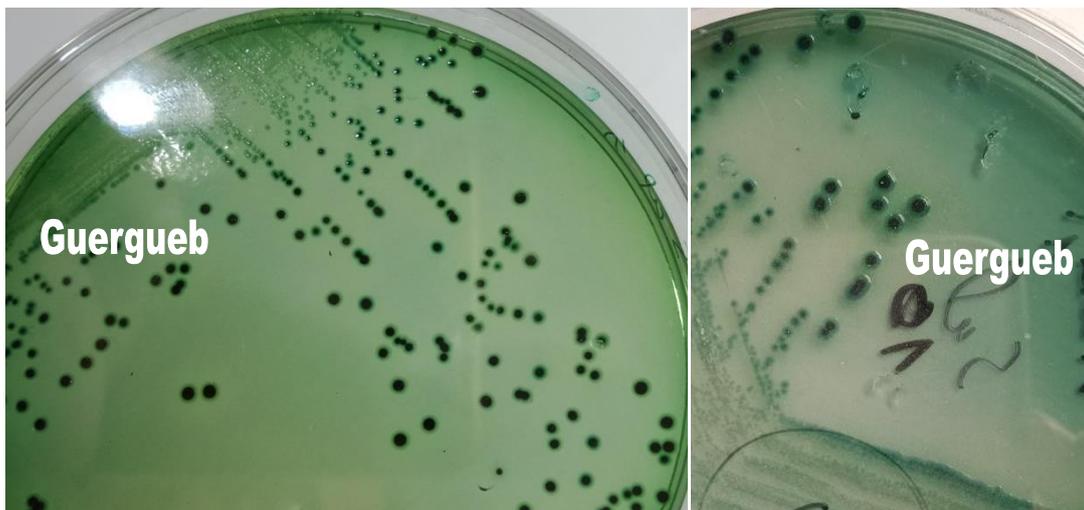
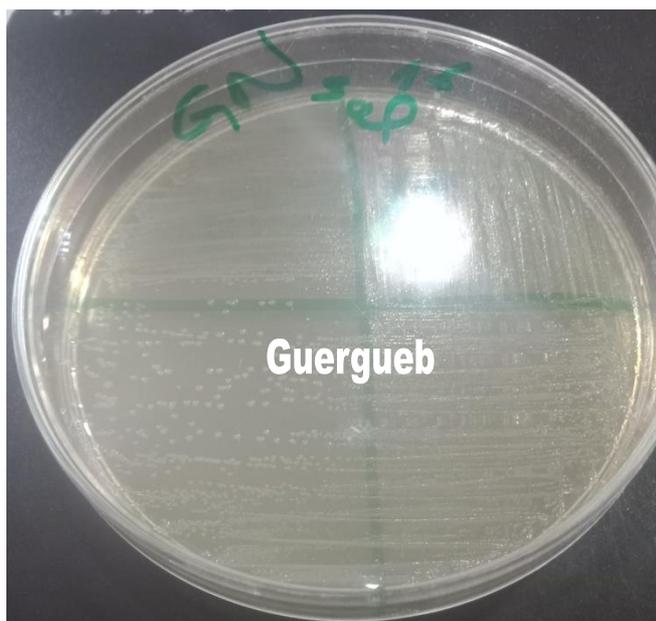


Figure 39. Purification des salmonelles sur la gélose Hektoen



**Figure 40 : Aspect de la gélose nutritive après développement des salmonelles**

**- Identification biochimique**

Le profil biochimique de *Salmonella* est présenté dans le Tableau 15.

**Tableau 15 : Caractéristiques biochimiques de salmonella (Poelma et al., 1984 ; Wauters et al., 1987) cité par (Oumokhtar et al., 1998).**

Caractères biochimique de Salmonella	
Réduction des nitrates	+
Glucose	+
Lactose	-
H <sub>2</sub> S	+
Gaz	+
Rouge de méthyle	+
Voges Proskauer	-
Uréase	
Indole	-
Mannitol	+
Mobilité	+
Citrate	+
Lysine décarboxylase	+
Phénylalanine désaminase	-
Saccharose	-

- *Milieu urée-indole*

Inoculation d'un tube contenant le milieu urée-indole. Incubation à l'étuve à 37° C pendant 24 heures. Les résultats sont présentés dans la Figure 41.



**Figure 41. Milieu urée-indole après multiplication des salmonelles**

- *Milieu TSI*

L'identification biochimique était réalisée grâce à l'ensemencement de colonie caractéristique par piqûre puis en strie d'un tube de T.S.I: Triple-Sugar-Iron Medium, les résultats sont présentés dans la Figure 42.



**Figure 42 : Aspect du milieu T.S.I après développement des salmonelles.**

## Méthodes

### - Galerie API 20E

La confirmation se réalise par l'inoculation d'une galerie API 20E avec des souches caractéristiques. Incubation à 37° C pendant 24 heures. Les résultats sont présentés dans la Figure 43.



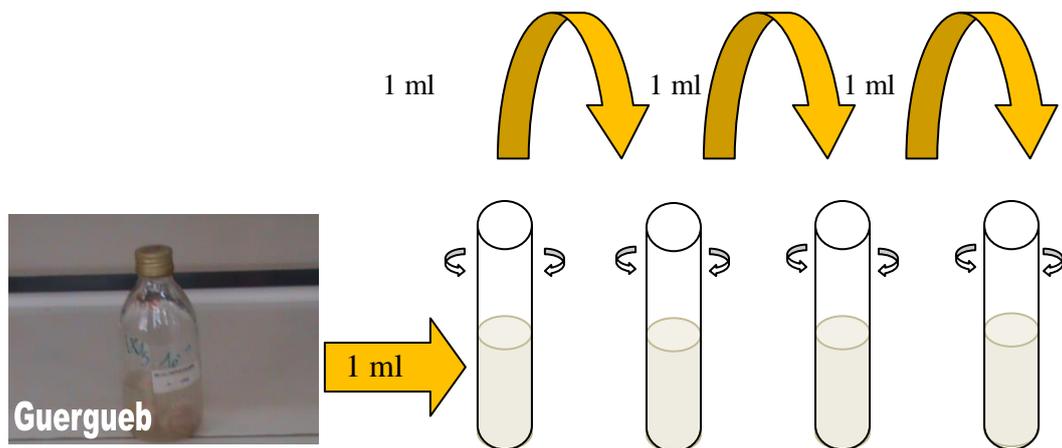
Figure 43 : Aspect des galeries API 20E après développement des salmonelles.

### 3.1.3. Recherche et identification des *Staphylococcus aureus*

La recherche des *Staphylococcus aureus* a été faite selon la norme Afnor V 08-057-1 (Figure 44), ensuite isolement sur milieu sélectif gélosé, enfin l'identification biochimique.

Préparation des échantillons

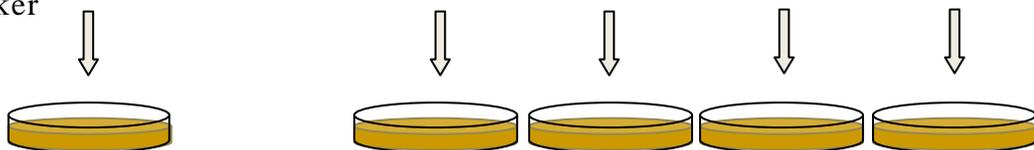
Préparation des dilutions



Solution mère à titre  $10^{-1}$

Dilution successive dans 9 ml de TSE

Ensemencement de surface de 0,1 ml de l'échantillon sur milieu Baird-Parker



Incubation à 37° C pendant 24 à 48h

**Figure 44 : Technique d'isolement des *S. aureus* selon la norme Afnor V 08-057-1.**

### 3.1.3.1. *Isolement des colonies de Staphylococcus aureus*

#### - **Milieu utilisé**

Pour l'isolement des staphylocoques un ensemencement de surface sur le milieu sélectif Baird-Parker. C'est un milieu sélectif qui permet l'isolement des souches de *Staphylococcus aureus* et le dénombrement des colonies.

On ajoute à ce milieu de base émulsion de jaune d'œuf au tellurite de potassium à raison 5 ml de cette émulsion pour 90 ml du milieu sélectif de Baird-Parker.

#### - **Mode opératoire**

Le milieu de base est revivifié, puis refroidis à environ 47° C au moyen du bain marie.

Après l'addition de l'émulsion de jaune d'œuf au tellurite de potassium. Le milieu est préalablement coulé en boîte de Pétri et convenablement séché avant l'opération.

L'ensemencement se fait en surface. Un inoculum de 0,1 ml de la solution mère est rétabli en surface à l'aide d'un étaleur en verre. A répéter avec la dilution suivante, en utilisant une nouvelle pipette stérile. L'incubation se fait à 37° C.

#### - **Lecture**

Elle a lieu au bout de 24 à 48 heures.

Seules les *staphylococcus* présumés pathogènes sont isolées. Ils se traduisent par l'apparition sur le milieu de colonies noires, brillantes, bombées, cerclées d'un petit liseré blanc opaque et entourées d'un halo – d'éclaircissement (Figure 45 et Figure 46).

D'autres germes peuvent pousser sur ce milieu. Il s'agit de staphylocoques coagulase négatives (SCN), de microcoques ou de bacilles. Ces colonies différentes des staphylocoques coagulase(+) par l'absence d'un halo clair et par leur bord irrégulier.

Les colonies caractéristiques de *Staphylococcus aureus* sont repiquées dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose de Chapman. Ce milieu sélectif pour les staphylocoques.

Les différentes boîtes ensemencées ont été ensuite incubées à 37° C pendant 24 heures.

La lecture est faite après 24 heures (Figure 47).

### - Purification des colonies de *Staphylococcus aureus*

Les colonies apparues ont été observées sur le plan macroscopique puis une colonie jaune a été choisie et cultivée dans des boîtes contenant de la gélose nutritive. Ces boîtes ont été ensuite incubées dans l'étuve à 37° C pendant 24 heures. Les différentes étapes ci-dessous sont réalisées.

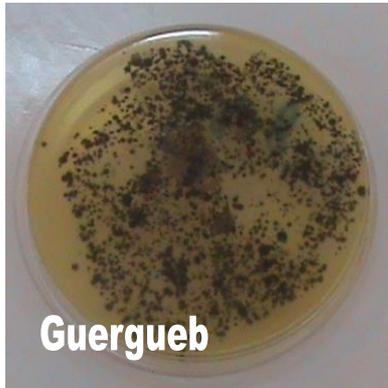


Figure 45. Aspect du milieu Baird Parker après le développement des staphylocoques

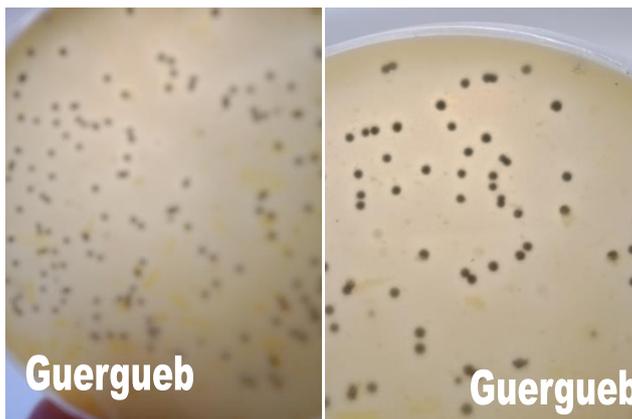


Figure 46. Colonies de *Staphylococcus aureus* sur gélose Baird Parker

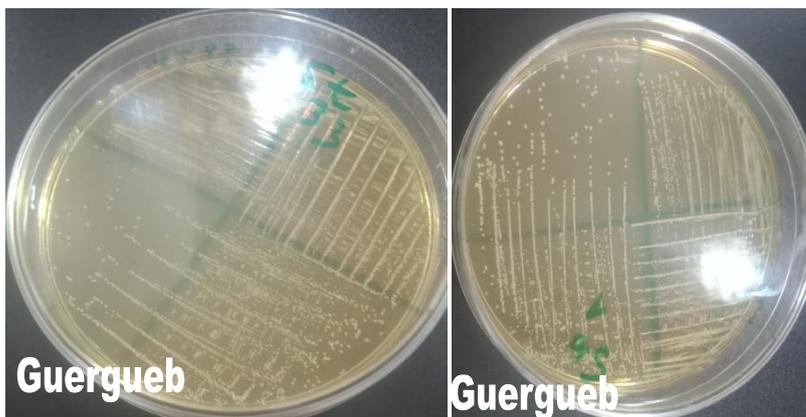


Figure 47. Isolement des *Staphylococcus aureus* sur la gélose Chapman

### 3.1.3.2. Identification des *Staphylococcus aureus*

L'identification des souches a porté sur une série de tests biochimiques et morphologiques.

- **Identification morphologique**
- *Etat frais*

*Staphylococcus aureus* se présentent sous forme de coque immobile en grappe amas (Figure 48).

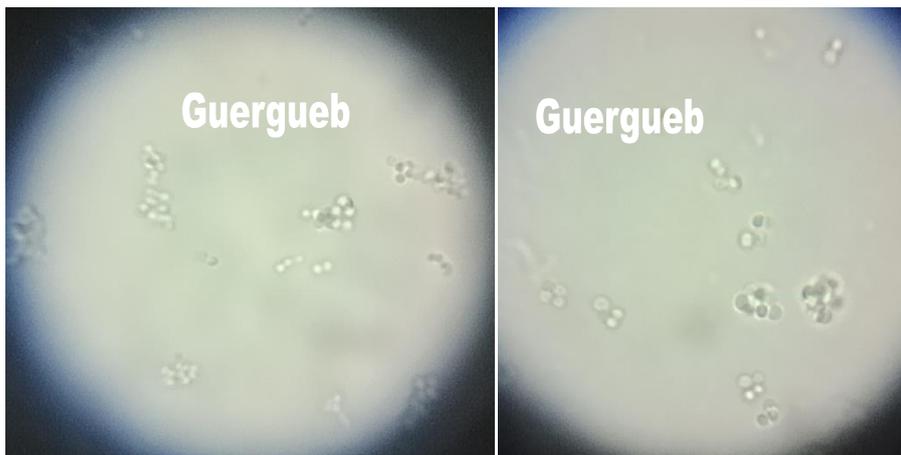


Figure 48. Etat frais des *Staphylococcus aureus*

- *Coloration de Gram*

Chaque culture pure a fait l'objet d'une coloration de Gram. La lecture se fait au grossissement x100 avec une goutte d'huile à immersion. *Staphylococcus aureus* apparait sous la forme de coque à Gram positif colorées en bleu (Figure 49)

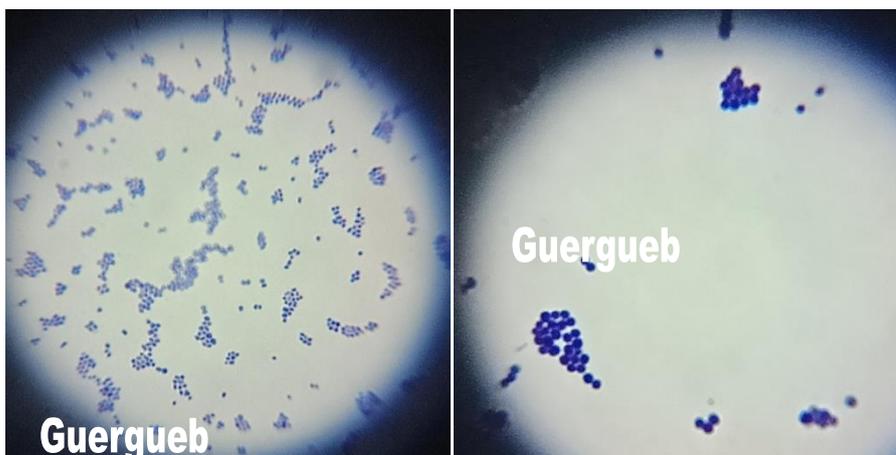


Figure 49. Coloration Gram des *Staphylococcus aureus*

- **Identification biochimique**
- *Production de catalase*

*Staphylococcus aureus* est catalase positive. La présence de catalase se manifeste par une effervescence, production de bulles (Figure 50).

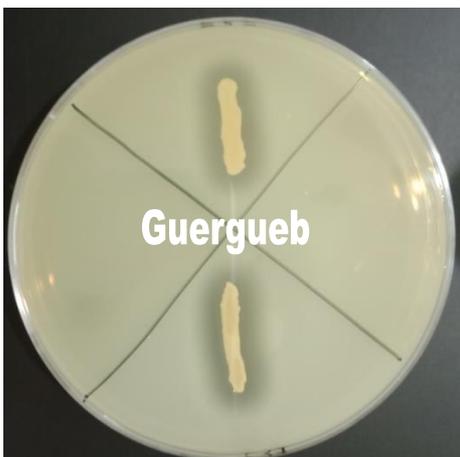


**Figure 50. Production de catalase par *Staphylococcus aureus***

- *Recherche de la DNase*

L'activité enzymatique est mise en évidence sur gélose à base d'ADN par ensemencement de *Staphylococcus aureus* en strie épaisse de 2 cm de long. Après incubation à 37° C pendant 24 heures la gélose est inondée avec 1 ml de HCl.

Une réaction positive se traduit par la formation d'une zone transparente autour de la culture (hydrolyse de l'ADN) et le reste du milieu devient opaque (Figure 51).



**Figure 51. Recherche de la DNase produite par les *Staphylococcus aureus***

## Méthodes

### - Le milieu Mannitol-mobilité

Après l'ensemencement du milieu, l'incubation a eu lieu à 37° C pendant 24 heures. L'immobilité des *Staphylococcus aureus* est marquée par la multiplication des germes uniquement au niveau de la pique centrale ainsi que l'absence de zone trouble de migration et, la fermentation du mannitol se traduit par un virage du milieu au jaune (Figure 52).

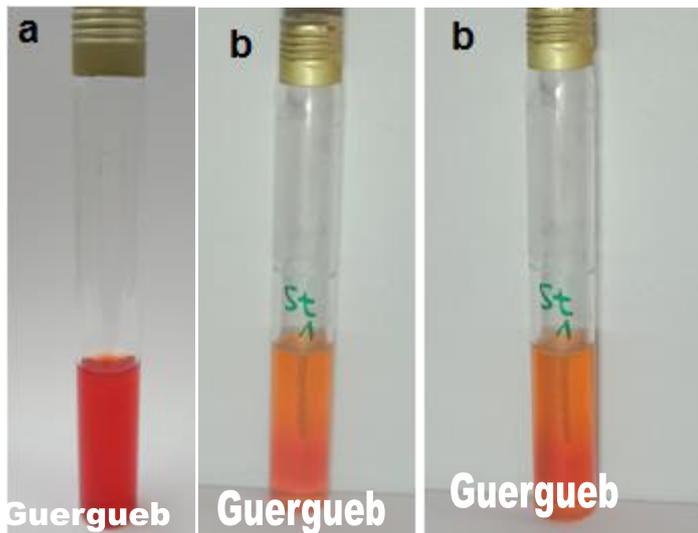


Figure 52. Milieu Mannitol-mobilité avant (a) et après (b) fermentation des *Staphylococcus aureus* (immobilité)

### - Confirmation par Api staph

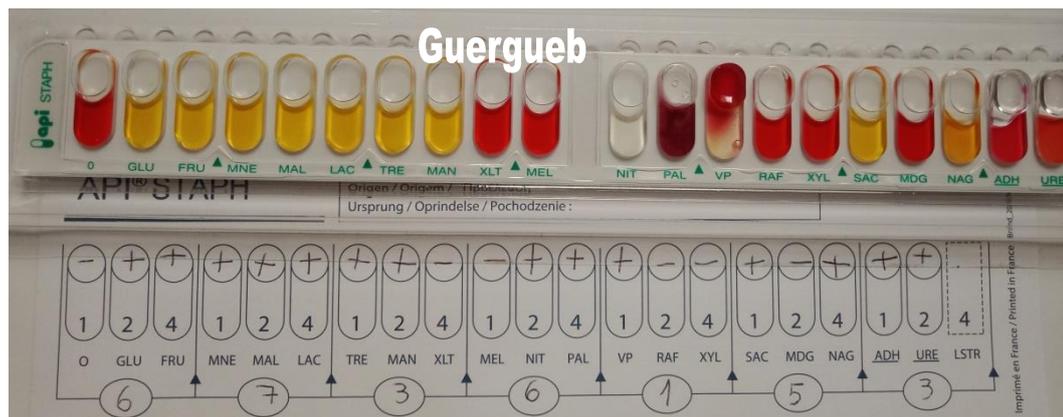


Figure 53 : Aspect des galeries API STAPH après développement des *Staphylococcus aureus*

### 3.1.4. Recherche et identification de *Listeria sp*

La recherche des *Listeria* s'effectue par la méthode NF EN ISO 11290-2 (1998) (Figure 54).

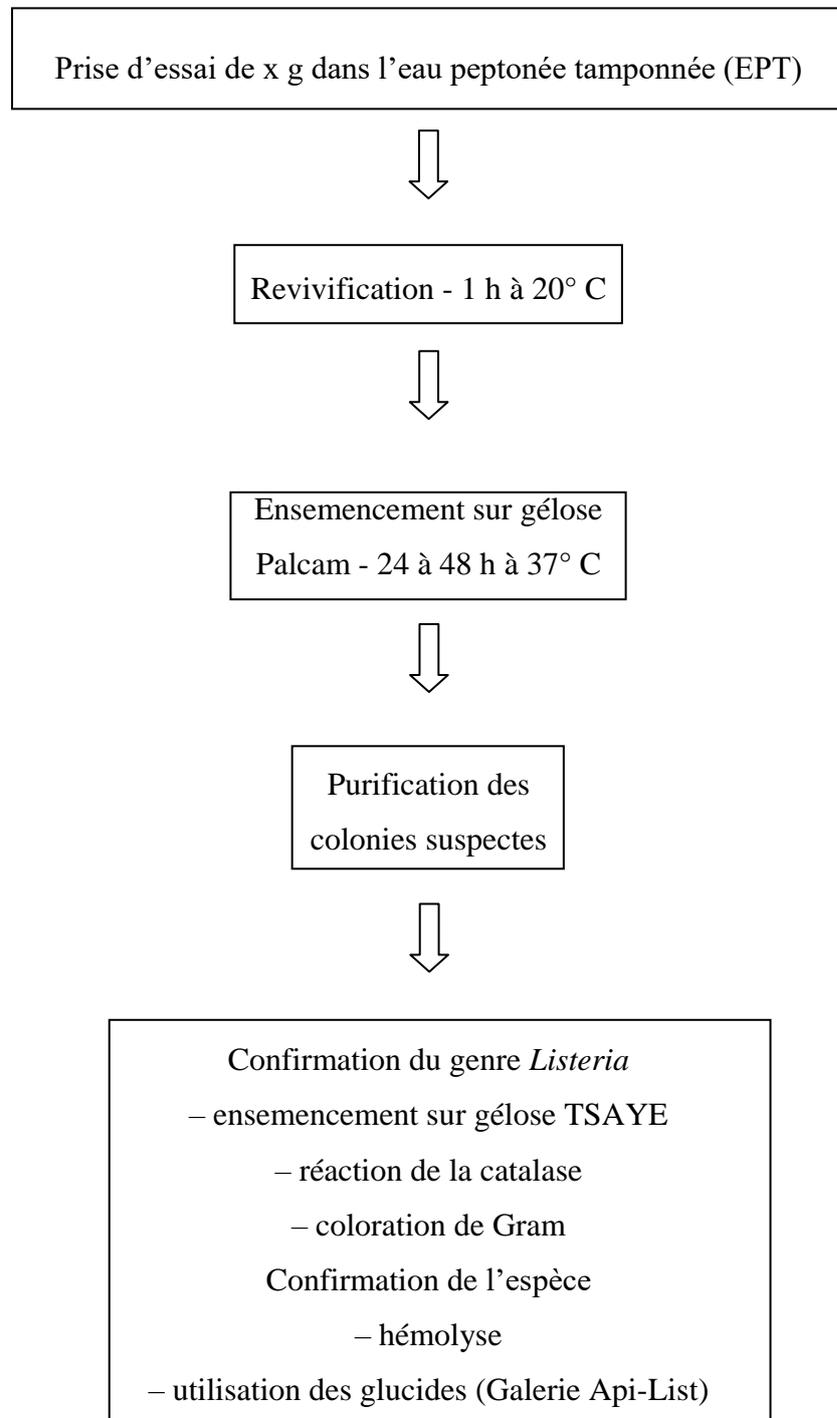


Figure 54. Recherche de *Listeria* (NF EN ISO 11290-2 ; 1998)

### 3.1.4.1. Isolement des colonies de *Listeria spp*

#### - Gélose Palcam

Le milieu de Palcam est recommandé pour l'isolement de *Listeria spp* à partir des aliments. Après 48 h d'incubation à 37°, les *Listeria.sp* hydrolysent l'esculine, entraînant la formation d'un halo brun-noir autour des colonies de 2 mm de diamètre, de couleur gris-vert, luisantes, avec un centre noir sur un fond rouge (Figure 55).

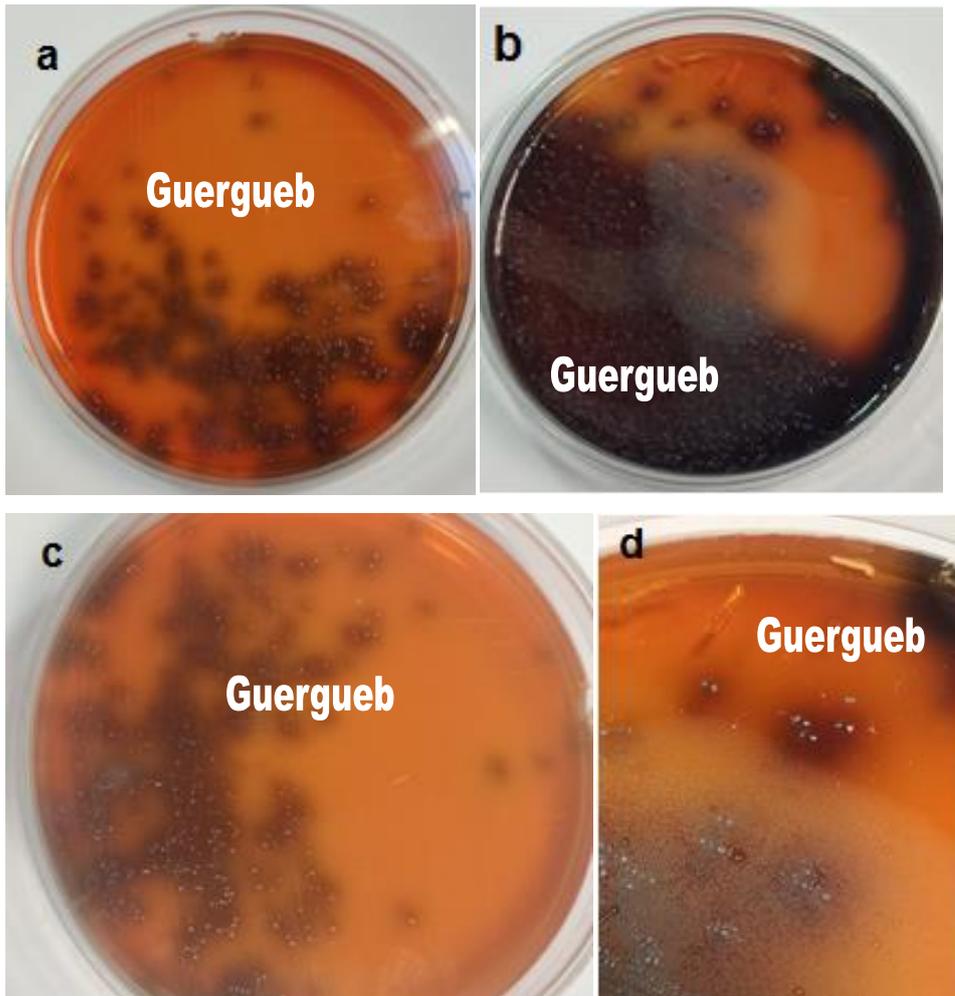


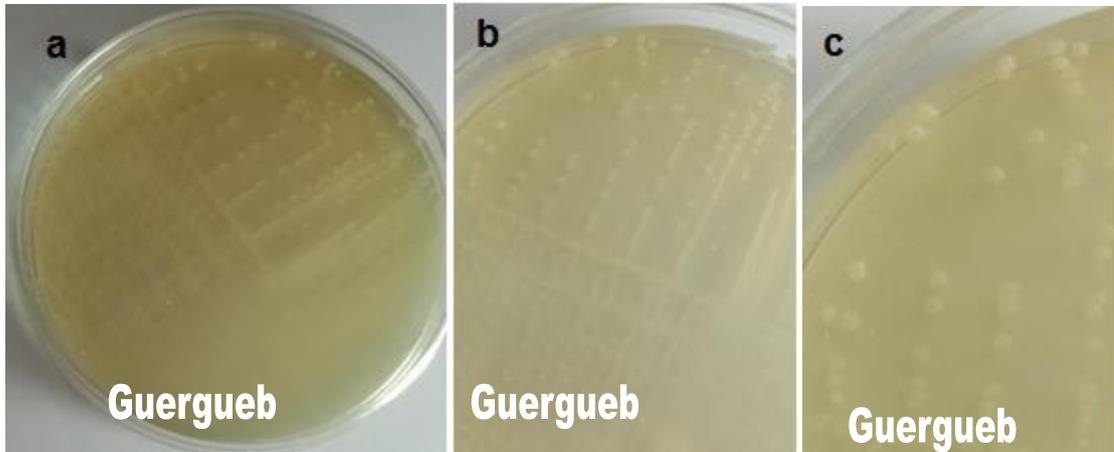
Figure 55. Aspect des colonies de *Listeria spp.* sur gélose Palcam (a, b, c, d)

## Méthodes

---

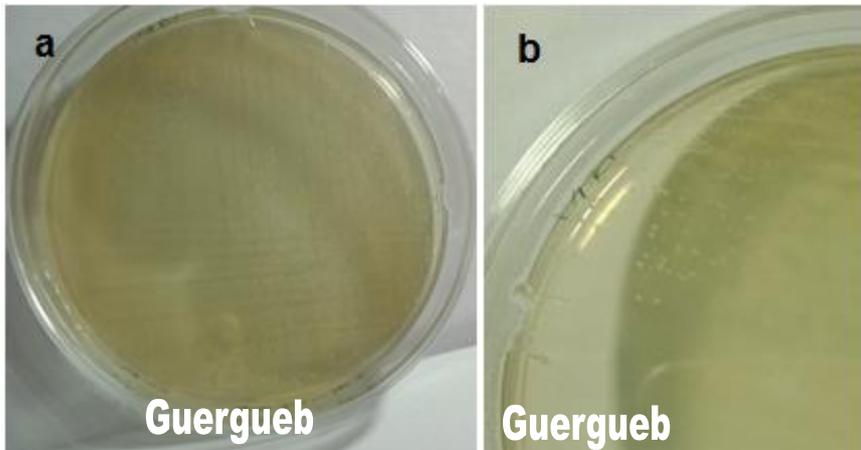
- Gélose TSAYE (Tryptone Soya Agar Yeast Extract)

Les bactéries cultivent facilement sur ce milieu à 37° C et donnent après 24 heures des colonies de 1 à 2 mm de diamètre transparentes, irisées et à bord irrégulier (Figure 56).



- **Figure 56. Aspect des colonies de *Listeria. spp* sur TSAYE (a, b, c).**
- Gélose nutritive

Après 24 heures à 37° C d'incubation sur ce milieu ordinaire, *Listéria. sp* donne des colonies de 1 mm, *smooth*, transparentes, à bords réguliers (Figure 57).



**Figure 57. Aspect des colonies de *Listeria. spp* sur la gélose nutritive**

- Aspect des colonies en transillumination : (Figure 58 et Figure 59)

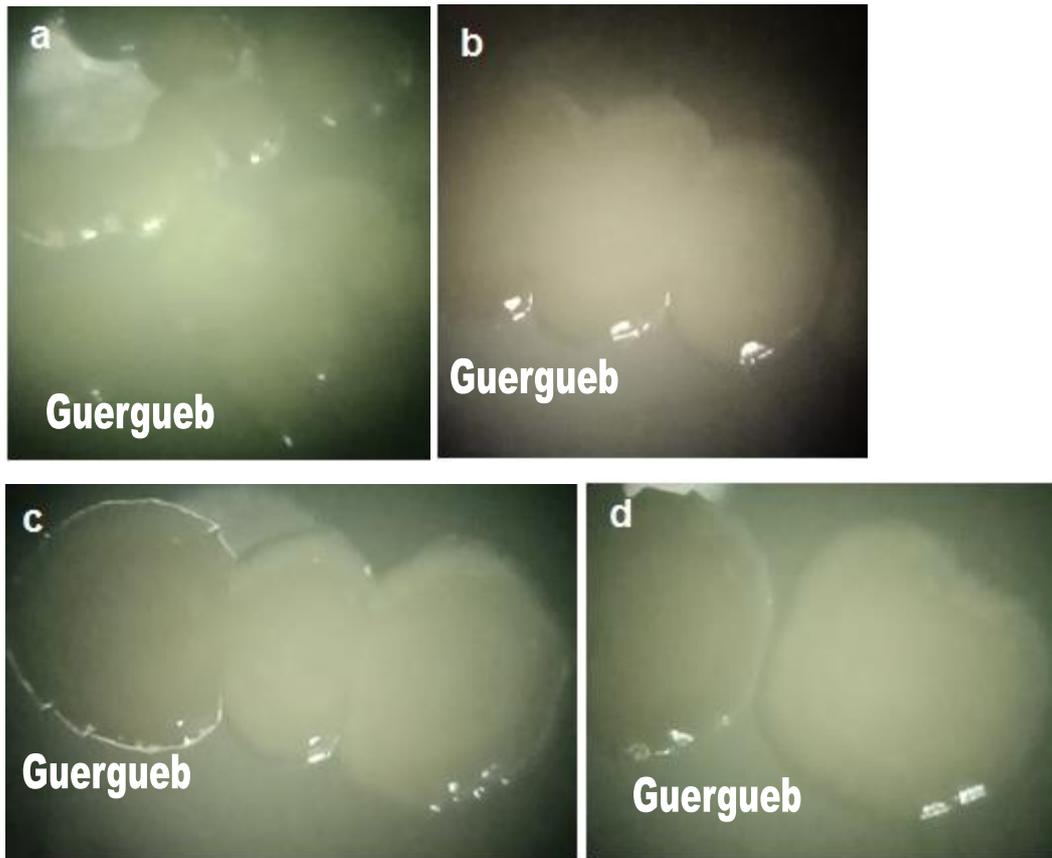


Figure 58. Aspect des colonies en transillumination 45°(a, b, c, d)



Figure 59. Coloration bleu d'une colonie de *Listeria* en transillumination oblique sous microscope optique

### 3.1.4.2. Identification du genre

- **Caractères morphologiques**

- *Etat frais :*

entre lame et lamelle, on observe de petits bacilles mobiles, aux extrémités arrondies, asporulés, en paires ou isolés (Figure 60).

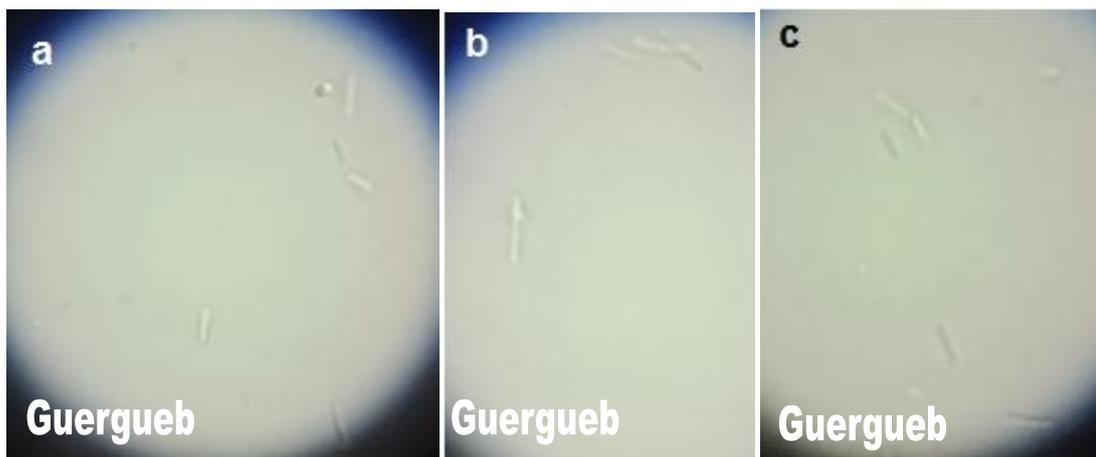


Figure 60. Etat frais de *Listeri. spp*(a, b, c)

- *Coloration de Gram :*

bacilles courts, Gram positif polymorphes (Figure 61).

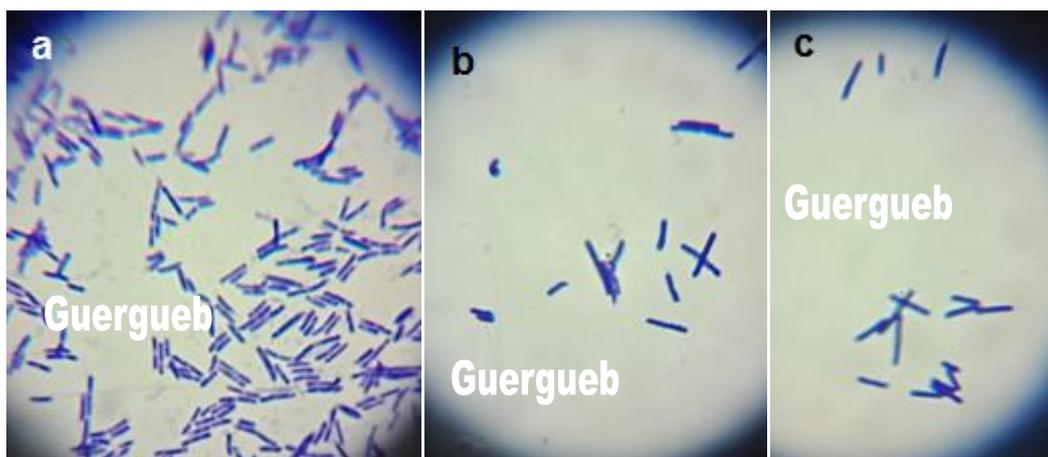


Figure 61. Coloration de Gram de *Listeria. spp* (a, b, c)

- **Caractères biochimiques :**

- *Recherche de la catalase*

*Listeria. sp* possède catalase positive (Figure 62).



Figure 62. Production de catalase par *Listeria. sp*

- *Mobilité à 25 °C*

Étudiée en ensemençant par piqûre centrale deux tubes de gélose mobilité incubés pendant environ 48 heures, l'un à 25° C et l'autre à 37° C ce qui permet d'observer l'image caractéristique en sapin renversé témoignant de son caractère micro aérophile (Figure 63).

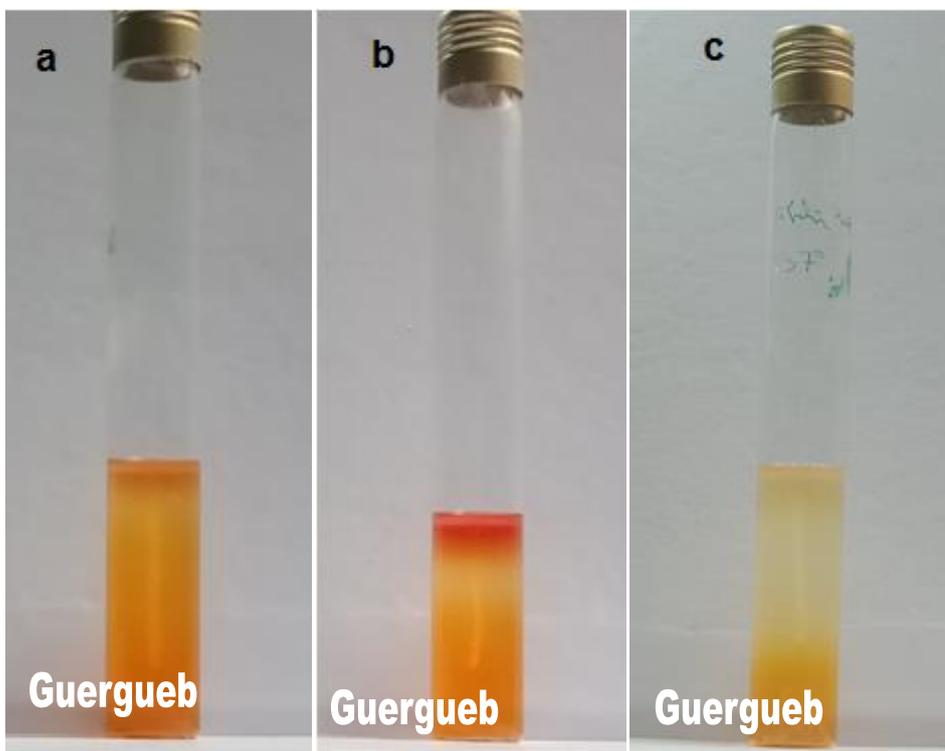


Figure 63. Mobilité de *Listeria.sp* à 25° C (a, b), et immobilité à 37° C (c)

## Méthodes

### - 3.1.4.3. Identification de l'espèce

Avant d'ensemencer une galerie API *Listeria*, on doit vérifier l'appartenance de la souche à étudier au genre *Listeria*.

La galerie API LISTERIA comporte 10 microtubes contenant des substrats sous forme déshydratés, qui permettent la réalisation de tests enzymatiques ou des fermentations de sucres. Pendant la période d'incubation, le métabolisme produit des changements de couleurs spontanés ou révélés par l'ajout de réactifs.

L'espèce identifiée est *Listeria welshimeri* (Figure 64).

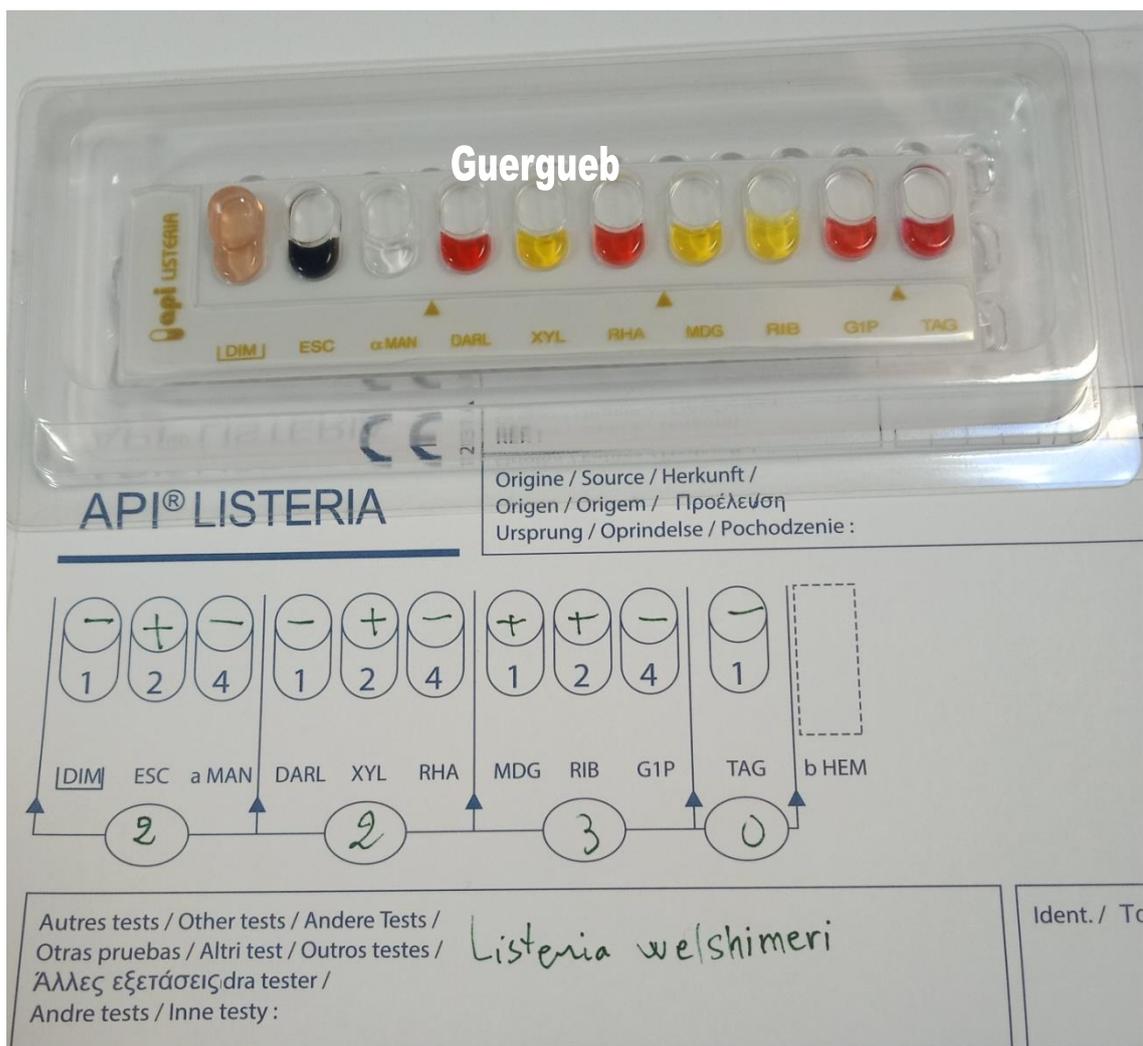


Figure 64. Aspect des galeries API LISTERIA après développement des listeria

### 3.1.5. Étude de la sensibilité aux antibiotiques

Un test de sensibilité aux antibiotiques de tous les isolats identifiés a été effectué sur antibiotiques selon la méthode de diffusion des disques en milieu solide (Tableau 16).

Les suspensions bactériennes de 18-24 heures, dans 10 mL de solution de chlorure de sodium (NaCl) stérile à 85%, ont été étalées par écouvillonnage sur des géloses Mueller-Hinton (MH). Les disques d'antibiotiques déposés à la surface des géloses ont été incubés à 37° C pendant 18-24 h. La zone claire autour de chaque disque d'antibiotique a été mesurée en millimètres. Les interprétations ont été faites conformément aux lignes directrices EUCAST.

**Tableau 16. Les antibiotiques testés**

Souches étudiées	Antibiotiques testés	
	Famille	Antibiotique
<i>E. coli et Salmonella</i>	Pénicillines	Ampicilline (AM, 10 µg)
	Céphalosporines	Céfoxitine (FOX, 30 µg)
		Ceftriaxone (CTR, 30 µg),
	Fluoroquinolones	Acide nalidixique (NA, 30 µg)
		Ciprofloxacine (CIP, 5 µg)
		Levofloxacine (LEV, 5µg)
		Ofloxacine (OFX, 5 µg)
	Aminosides	Amikacine (AK, 30µg)
		Gentamicine (GN, 10 µg)
		Tobramycine (TOB, 10 µg)
	Tétracyclines	Tétracycline (TE, 30 µg)
	Autres antibiotiques	Chloramphénicol (C, 30 µg)
		Fosfomycine/Trometamol (FOT, 200)
Nitrofurontine (F, 300 µg)		
Co-Trimoxazole (COT, 25 µg)		
<i>Staphylococcus aureus</i>	Pénicillines	Ampicilline (AM, 10 µg)
	Céphalosporines	Céfoxitine (FOX, 30 µg)
	Aminosides	Amikacine (AK, 30µg)
		Gentamicine (GN, 10 µg)
		Tobramycine (TOB, 10 µg)
Macrolides	Erythromycine (E, 15µg)	
<i>Listeria. spp</i>	Carbapénèmes	Méropénème (MEM, 10 µg)

### **3.2. Analyses statistiques**

L'analyse en composantes principales (ACP), et la régression linéaire multiple ont été utilisées pour examiner si la résistance aux antibiotiques des bactéries contaminant les viandes de volaille était liée aux différents facteurs examinés. Des statistiques descriptives ont été utilisées pour calculer la proportion (%) de résistance aux antibiotiques ensemble dans chaque souche bactérienne isolée de la viande de volaille. La signification statistique a été fixée à  $P\text{-value} \leq 0,05$  avec un intervalle de confiance à 95 % (IC 95 %). Le logiciel SPSS (Statistical package for social science version 21, IBM/SPSS) a été utilisé pour les statistiques descriptives et de régression tandis que l'ACP a été réalisée avec le logiciel R version 3.1.3.

### 4. Résultats

#### 4.1.3. Analyse des facteurs de risque liés à la résistance bactériennes aux antibiotiques

Plusieurs facteurs de risque qui influencent la résistance des bactéries, isolées des viandes de volailles, aux antibiotiques ont été examinés à l'aide d'une analyse en composantes principales (ACP) et d'une régression linéaire multiple.

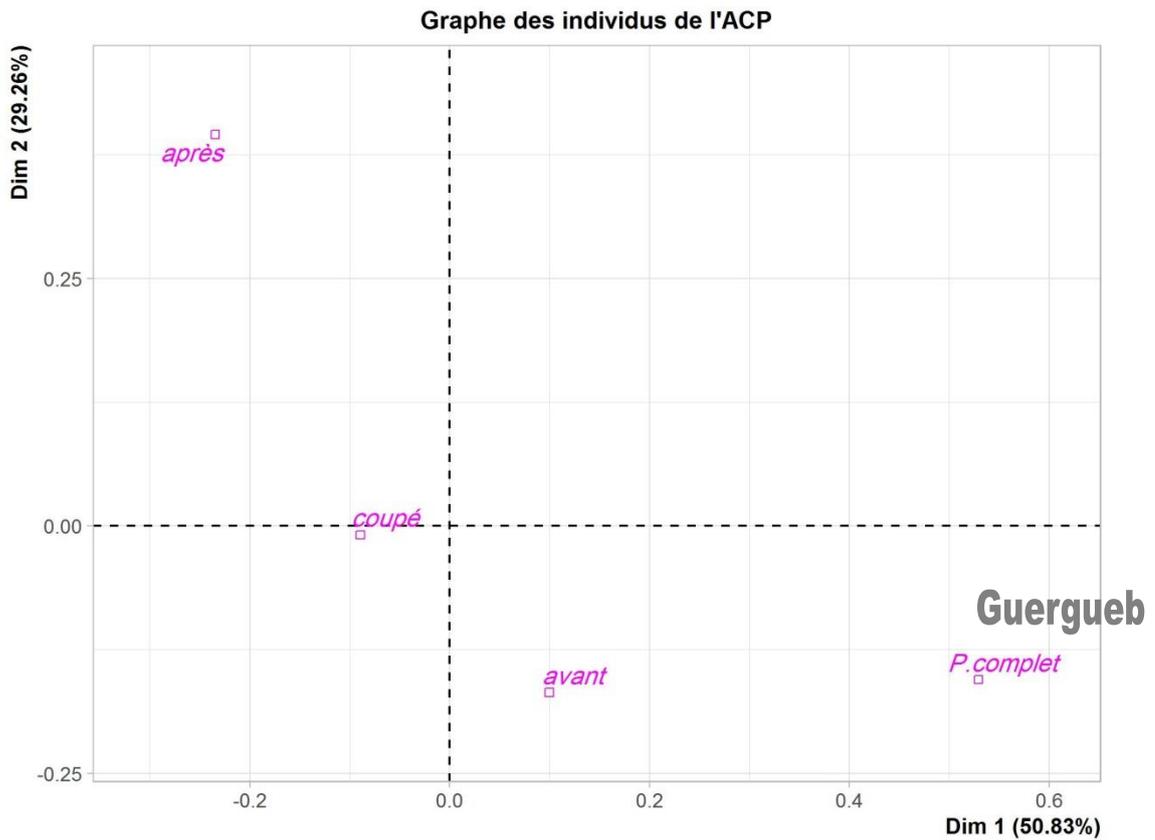
##### 4.1.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée afin de mettre en évidence les relations entre la résistance aux antibiotiques des souches bactériennes isolées des échantillons de viandes de volaille et les facteurs de risque examinés, à savoir :

- La viande de volaille achetée avant ou après l'apparition du COVID-19,
- FMAT et la contamination fécale de la viande de volaille,
- Carcasse entière conditionnée à l'abattoir ou découpée à la boucherie,
- Découpe de l'échantillon : peau de cou de poulet, peau de cuisse de poulet, viande de cuisse de poulet, foie de poulet, escalope de dinde.

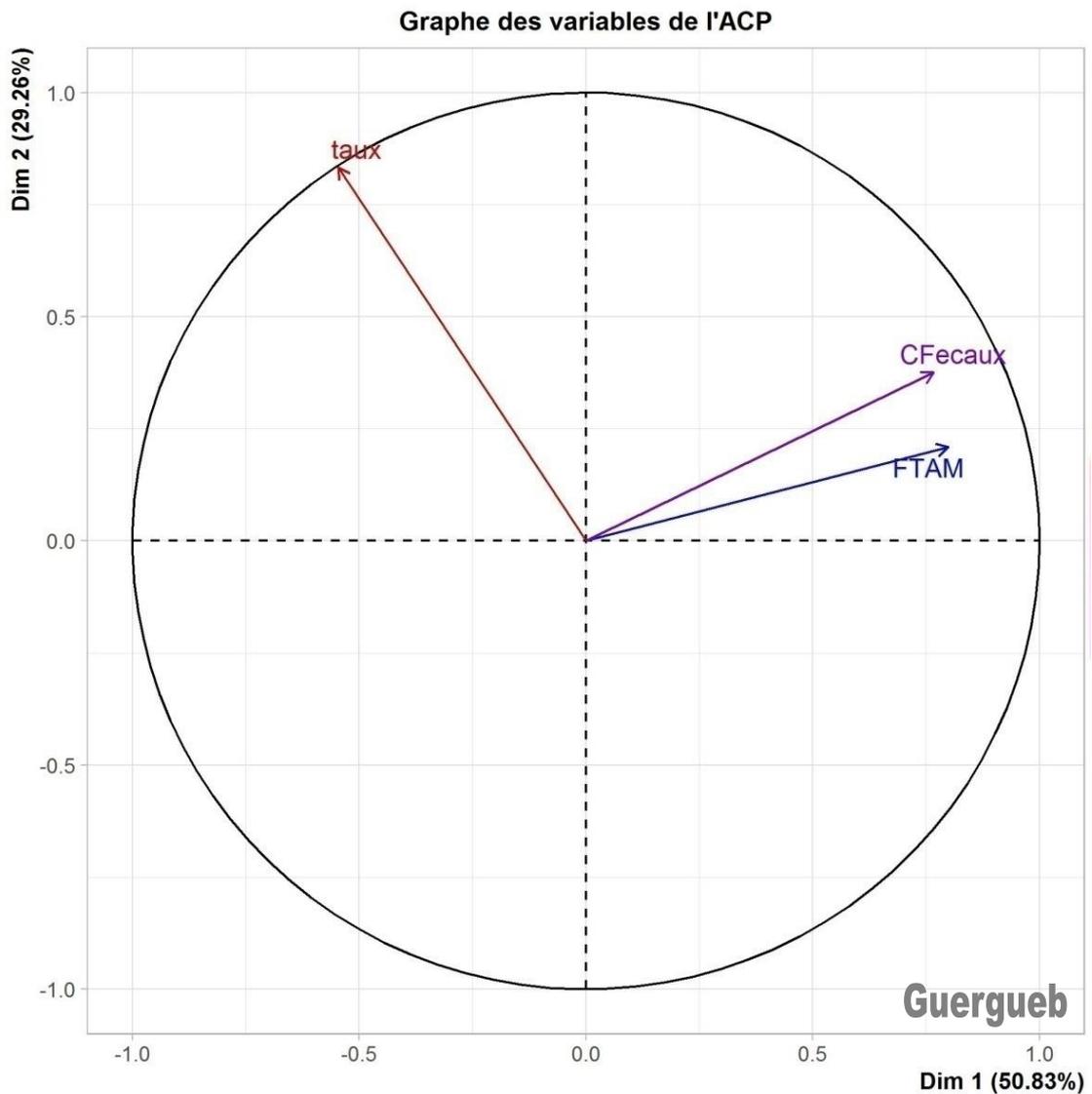
La distribution des facteurs qualitatifs selon la première dimension (50,83 % de la variance totale) et de la deuxième dimension (29,26 % de la variance totale) est présentée dans la Figure 65, tandis que la représentation graphique des facteurs quantitatifs de ces deux dimensions est présentée dans la Figure 66.

La première et la deuxième dimension expliquent 80,09 % de l'ACP (inertie), ce qui indique que 80,09 % de la variabilité totale du nuage d'individus est représentée dans ce plan (Figure 65 et Figure 66).



**Figure65. Représentation graphique des variables qualitatives de l'ACP pour la première (Dim1) et la deuxième (Dim 2) dimensions**

avant= viande de volaille achetée avant l'apparition de COVID-19, après= viande de volaille achetée après l'apparition de COVID-19, P.complet = carcasse entière emballée à l'abattoir, coupé= morceau découpé à la boucherie.



**Figure 66. Représentation graphique des variables quantitatives de l'ACP sur les deux premières dimensions**

taux= taux de résistance des bactéries isolées des viande de volaille aux antibiotiques,  
 cFecaux= coliformes fécaux, Ftam= flore mésophile aérobie totale

D'après la Figure 65 et la Figure 66, la viande de volaille achetée après l'apparition de COVID-19, et les morceaux coupés à la boucherie, étaient les plus associés à la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées des viandes de volaille.

### 4.1.2. Régression linéaire multiple

Une régression linéaire multiple a été utilisée pour estimer les coefficients de l'équation linéaire permettant de prédire le taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille, tel qu'associé aux facteurs étudiés. Le tableau 14 présente un résumé du modèle de régression.

**Tableau 14. Résumé du modèle de régression linéaire multiple en fonction de la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille**

Model	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> adjusted	Standard error	Sig. Variation de F
1	0,464	0,215	0,188	13,427	0.0001

Le test ANOVA rapporte une statistique F significative (valeur  $p \leq 0,01$ ), ce qui indique qu'il existe une relation significative entre les variations du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille et les facteurs de risque étudiés.

Le coefficient de corrélation multiple était  $R=0,464$  ( $P\text{-value} \leq 0,01$ ), ce qui indique une corrélation significative entre les valeurs observées et les valeurs prédites du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille dans les boucheries par ce modèle.

Le coefficient de détermination était  $R^2 = 0,215$ , il montre que 21,5 % des variations du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille sont expliquées par ce modèle.

Les résidus de la régression sont normalement distribués (Figure 67 et Figure 68), ces résidus sont indépendants (Figure 69).

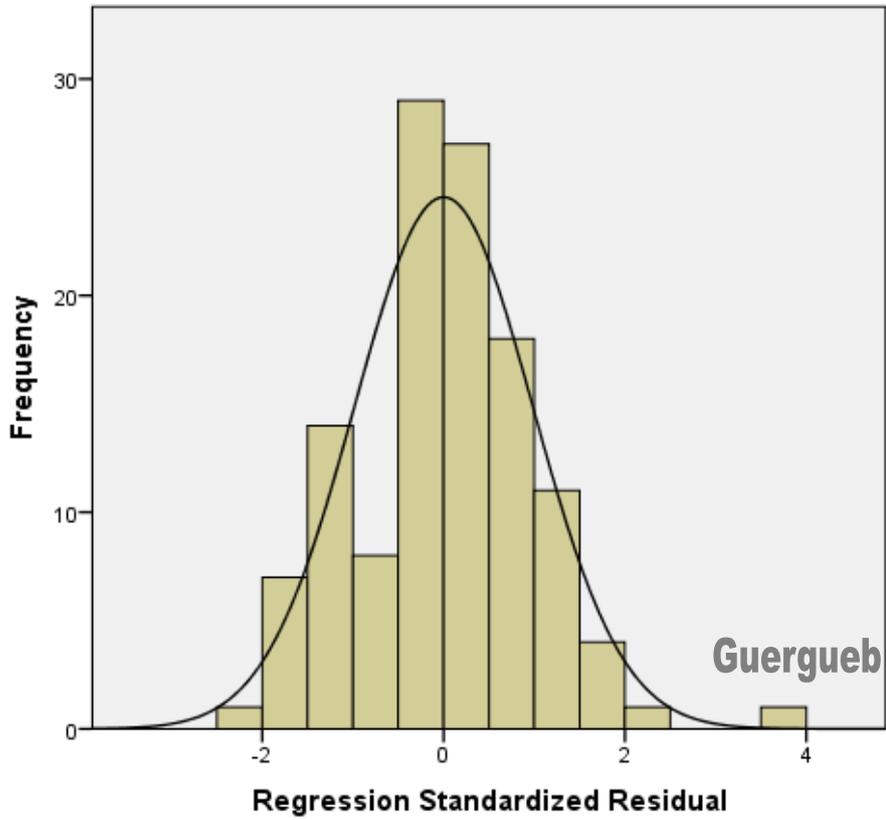


Figure 67. Normalité de distribution des résidus de régression

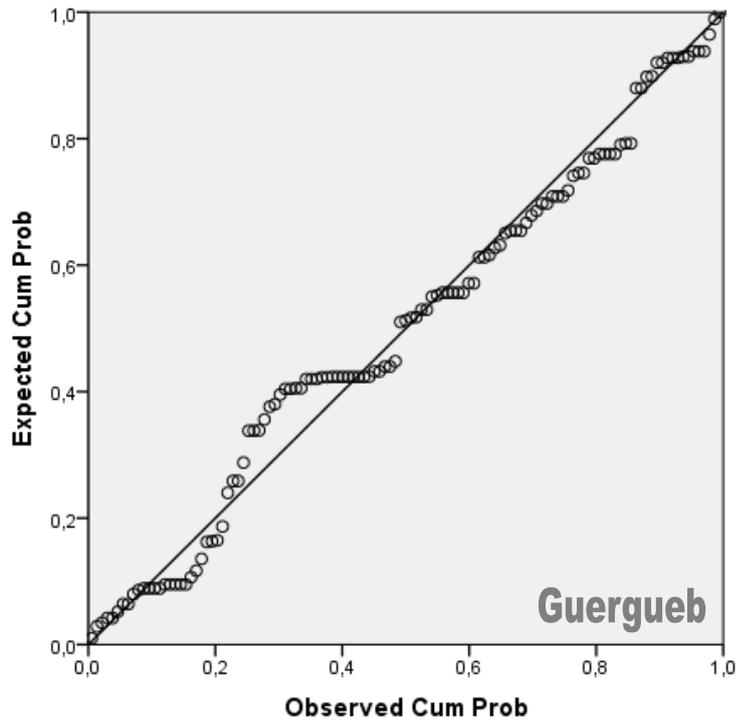


Figure 68. Distribution égale des résidus de régression

## Résultats

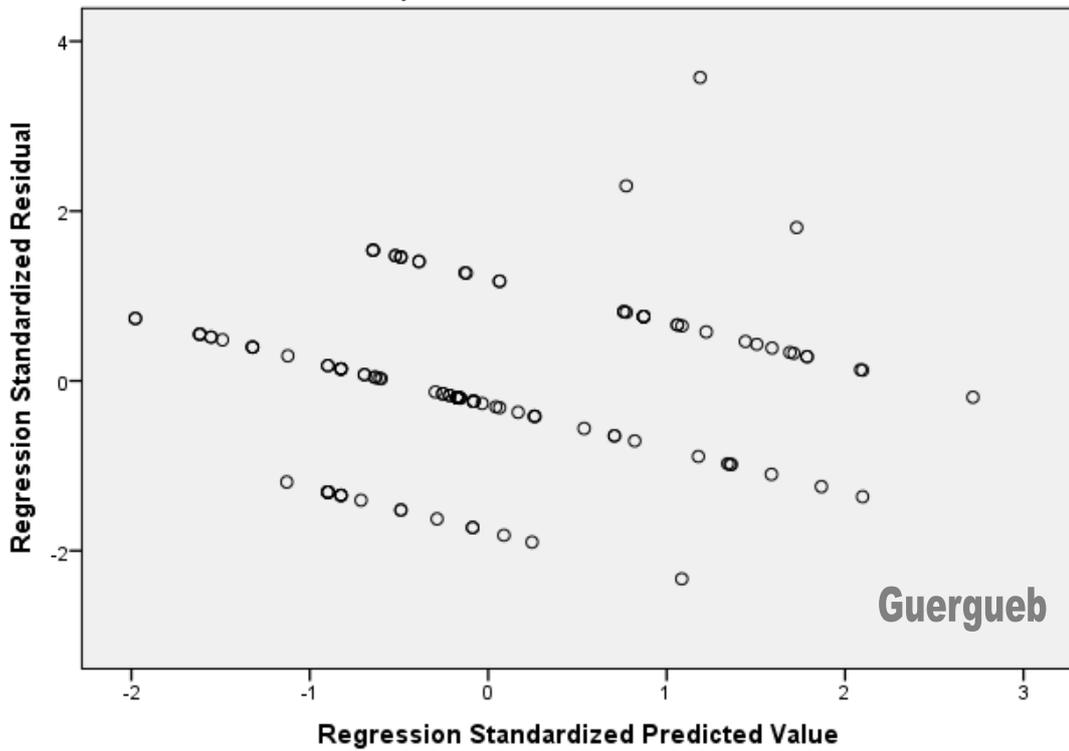


Figure 69. Nuage de points de dispersion indépendante des résidus standardisés par rapport aux valeurs prévues.

En utilisant les coefficients du Tableau 15, le modèle d'équation a été formulé.

Tableau 15. Résumé des coefficients du modèle de régression linéaire multiple en fonction de la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille au cours de la période 2018-2020 à Biskra

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Valeur P
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	37,639	9,848		3,822	0,000
1 Avant/après	11,700	2,697	0,368	4,339	0,000
Coupé/complet	6,838	3,489	0,168	1,960	0,052
FTAM	-2,503	1,300	-0,177	-1,925	0,057
Coliformes fécaux	-1,309	1,351	-0,089	-0,969	0,335

## Résultats

---

Les variations du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille dans les boucheries. Pendant 2018-2020 à Biskra, sont liées aux facteurs de risque suivants :

- Avant/après COVID-19 : les viandes de volaille achetées après COVID-19 a un taux de résistance aux antibiotiques plus élevé de 11,70 % par rapport avant COVID-19, donc les souches de bactéries isolées de la viande de volaille dans les boucheries sont plus résistantes aux antibiotiques après l'apparition de COVID-19.

- Carcasse/découpe : les morceaux de volaille découpés dans les boucheries augmentent le taux de résistance aux antibiotiques de 6,838 %, ce qui signifie que les souches bactériennes sont plus résistantes aux antibiotiques après la découpe dans les boucheries.

Le modèle de régression linéaire multiple peut être exprimé par l'équation suivante :

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_0$$

Où : Y = proportion de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées des viandes de volaille en %,  $X_1$  = après COVID-19,  $X_2$  = morceaux de volaille coupé.

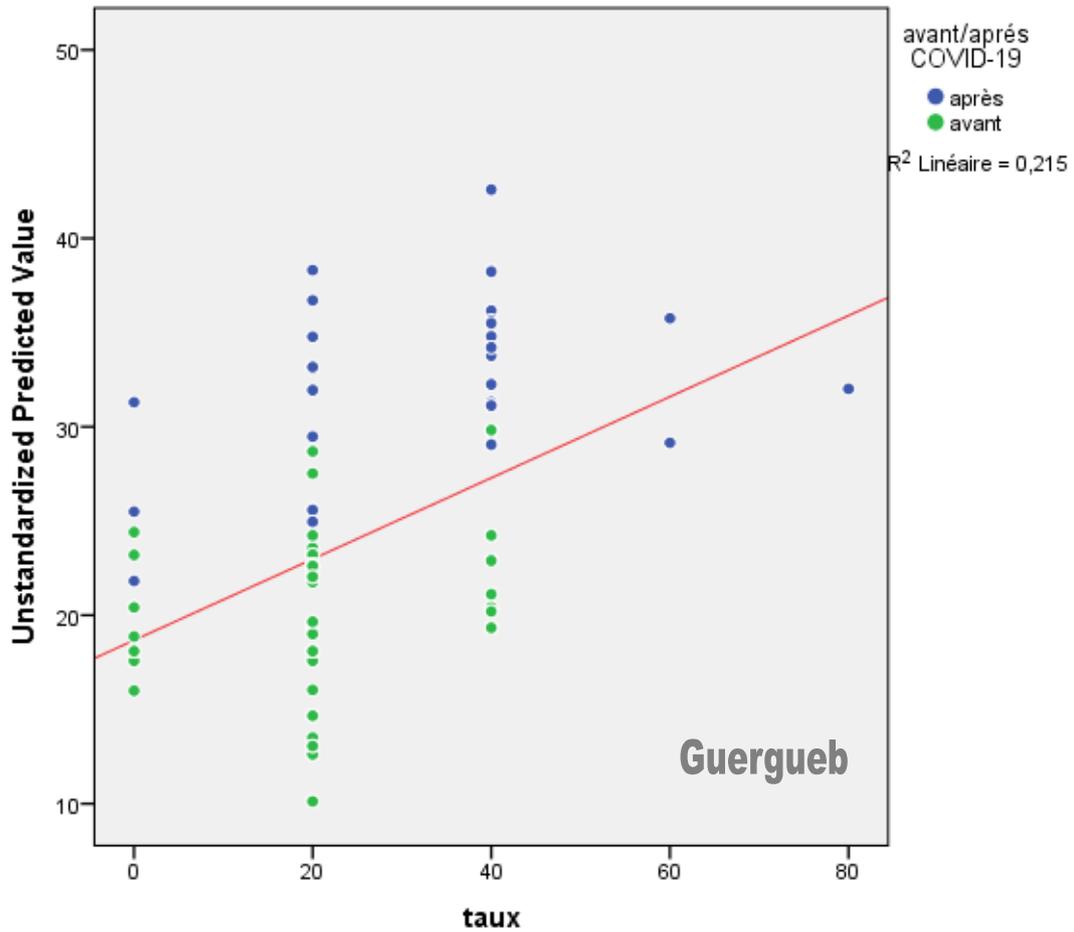
L'équation de prédiction du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries a les coefficients suivants :

$$\beta_1 = 11,700 \pm 2,697 ; \beta_2 = 6,838 \pm 3,489 ; \beta_0 = 37,639 \pm 9,848.$$

Ainsi, le modèle de régression multiple est donné comme suit :

$$Y = 11,700 X_1 + 6,838 X_2 + 37,639 \text{ avec une erreur type de } 13,427\%.$$

Le diagramme de dispersion (Figure 70) illustrant la dispersion du taux réel et prédit de la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille, selon l'équation de régression :  $Y = 11,700 X_1 + 6,838 X_2 + 37,639$  avec une erreur type de 13,427%.



**Figure 70. Modèle de régression multiple du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille associé aux facteurs de risque étudiés**

On remarque (Figure 70) qu'après l'apparition de COVID-19, le taux de résistance a augmenté considérablement.

### 5. Discussion

La présente étude a été conçue pour estimer les relations entre la résistance aux antibiotiques de certaines bactéries isolées des viandes de volaille et certains facteurs de risque.

Cette recherche a utilisé l'ACP et la régression linéaire multiple pour estimer les facteurs de risque liés à la résistance aux antibiotiques de certaines bactéries isolées des viandes de volaille. L'ACP a été utilisée pour montrer les associations entre la contamination bactérienne de la viande de volaille et les facteurs de risque. Nous décrirons alors les représentations graphiques. L'ACP a permis de résumer et de visualiser les relations entre la résistance des bactéries aux antibiotiques et les différents facteurs de risque étudiés.

L'ACP fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles (Duby & Robin, 2006). Les méthodes en composantes principales (ACP) consistent à résumer et à visualiser les informations les plus importantes contenues dans les données multivariées selon (KASSAMBARA, 2017). L'ACP est une technique de réduction de la dimension qui permet l'exploration et la visualisation d'un tableau de données individus par variables quantitatives (Josse & Husson, 2009). L'ACP est une technique descriptive permettant d'étudier les relations qui existent entre des variables quantitatives (Palm, 1998). L'ACP propose, des représentations géométriques qui permettent d'étudier les structures de liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées (Duby & Robin, 2006). Les cercles des corrélations sont des graphiques visant à représenter géométriquement les variables dans le nouveau système de coordonnées (Palm, 1998). Elle fournit ainsi des représentations graphiques dans des sous-espaces de faible dimension (Besse, 1993). Pour les variables, on cherchera quelles sont celles qui sont très corrélées entre elles, celles qui, au contraire ne sont pas corrélées aux autres, etc (Duby & Robin, 2006). Enfin, comme pour toute méthode descriptive, réaliser une ACP n'est pas une fin en soi. L'ACP servira à mieux connaître les données sur lesquelles on travaille, à détecter éventuellement des valeurs suspectes, et aidera à formuler des hypothèses qu'il faudra étudier à l'aide de modèles et d'études statistiques inferentielles (Duby & Robin, 2006).

L'analyse de régression linéaire multiple a été utilisée pour permettre la prédiction et modéliser la relation entre la résistance des bactéries aux antibiotiques et plusieurs facteurs de risque. La régression linéaire multiple a été utilisée pour estimer les

coefficients de l'équation linéaire afin de prédire la valeur du taux de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées des viandes de volailles.

L'analyse de régression est une technique statistique permettant d'étudier et de modéliser la relation entre les variables (Montgomery et al., 2021). Une analyse de régression linéaire produit une équation mathématique qui estime une variable dépendante Y à partir d'un ensemble de variables prédictives ou de régresseurs X (Darlington., 2017). Les facteurs de risque significatifs dans cette étude seront discutés.

### **5.1. Facteurs de risque associés à la résistance bactérienne aux antibiotiques**

#### **5.1.1. Carcasse entière ou coupée**

D'après l'analyse de régression linéaire, on a constaté une augmentation de 6,838 % (valeur  $P=0,052$ ) du taux de résistance aux antibiotiques associée à des échantillons coupés dans les boucheries (Tableau 15). Ce qui signifie que les souches bactériennes sont plus résistantes aux antibiotiques après la découpe des viandes de volaille dans les boucheries.

D'après la Figure 65 et la Figure 66, les morceaux découpés dans les boucheries étaient positivement corrélés avec la résistance bactérienne aux antibiotiques.

Une explication possible de ce phénomène pourrait être que, dans ces boucheries, les carcasses entières préalablement emballées à l'abattoir sont protégées d'une éventuelle contamination croisée avec les bactéries présentes dans les boucheries, de sorte qu'il n'y a pas d'échange de résistance génétique aux antibiotiques avec les souches bactériennes dans la carcasse entière emballée. La viande de volaille emballée au préalable à l'abattoir est protégée d'une résistance croisée potentielle avec les bactéries présentes dans les boucheries. On sait depuis longtemps que *E. coli* échange facilement et fréquemment des informations génétiques par transfert horizontal de gènes avec d'autres bactéries apparentées (Agyare et al., 2018). Mangalassary (2019) a indiqué que la fonction principale d'un emballage est de protéger le produit, y compris la prévention de la recontamination de la viande de volaille et des produits de la détérioration et des bactéries pathogènes.

### **5.1.2. Viandes de volaille achetées avant et après COVID-19**

La régression multiple a révélé une augmentation de 11,70 % (valeur  $P \leq 0,0001$ ) du taux de résistance bactérien aux antibiotiques associée à l'achat de viande de volaille après COVID-19 (Tableau 15), donc les souches de bactéries isolées de la viande de volaille dans les boucheries sont plus résistantes aux antibiotiques après l'apparition de COVID-19.

D'après la Figure 65 et la Figure 66, les viandes de volaille achetées après l'apparition de COVID-19 étaient associées à la résistance bactérienne aux antibiotiques dans les viandes de volaille.

La Figure 70 montre que la distribution des niveaux les plus élevés du taux de résistance bactérien aux antibiotiques a eu lieu après l'apparition de COVID-19, donc des souches bactériennes les plus résistantes.

Le fait que le gouvernement algérien ait émis plusieurs décrets fixant des mesures supplémentaires pour prévenir et combattre la propagation du coronavirus (COVID-19) peut expliquer ces résultats. Ces mesures comprennent l'obligation de porter un masque de protection (Décret-exécutif, 2020a), la mise à disposition des utilisateurs et des clients de produits désinfectants, notamment de gels hydro-alcooliques, ainsi que le nettoyage et la désinfection quotidiens des locaux professionnels (Décret-exécutif, 2020b). Le service de presse algérien a déclaré, le 21 mars 2020, que plusieurs entreprises des secteurs public et privé de l'assainissement, de la désinfection et des produits d'hygiène corporelle ont doublé leur capacité de production avec la propagation du coronavirus (Covid-19) en Algérie. La capacité de production des entreprises du secteur public spécialisées dans la production de désinfectants et de produits d'hygiène corporelle est de 1000 unités/jour pour le gel désinfectant et le savon liquide, 4000 litres/jour pour les nettoyants de surface ainsi que 4500 unités d'eau de javel. Cette unité devrait augmenter sa capacité de production à 3000 unités/jour de gel désinfectant et de savon liquide, 20000 litres de nettoyant de surface ainsi que 10000 bouteilles d'eau de Javel (APS, 2020). Les biocides, utilisés dans le cadre d'un programme complet de nettoyage et de désinfection combinés, sont une arme essentielle dans l'arsenal d'hygiène de l'industrie alimentaire pour contrôler les micro-organismes pathogènes et d'altération (Holah & Gibson, 2000).

Ces résultats corroborent les conclusions de (Capita et al., 2013), qui a suggéré que l'utilisation prolongée de produits chimiques peut avoir un effet substantiel sur la

## Discussion

---

résistance aux antibiotiques des populations d'*E. coli* sur les volailles. Alonso-Hernando et al. (2009) a signalé qu'une sensibilité réduite pourrait toutefois être préoccupante lorsque les bactéries rencontrent des concentrations sous-optimales de décontaminant, ces concentrations insuffisantes pouvant se produire en raison d'une distribution ou d'un dosage inadéquat des désinfectants, ou de quantités excessives de matières organiques, connues pour inactiver les désinfectants. Davin-Regli & Pagès (2012) ont expliqué que les mécanismes de résistance des bactéries sont similaires pour les antimicrobiens et les biocides, et que l'exposition aux biocides peut entraîner une résistance croisée aux agents antibactériens. L'exposition sublétales à long terme aux biocides peut exercer une pression sélective conduisant à l'émergence de souches microbiennes présentant une sensibilité réduite aux antimicrobiens utilisés, qui peuvent coloniser les environnements agroalimentaires et contaminer de manière récurrente les aliments. En outre, elle peut induire une résistance à des antibiotiques non apparentés et cliniquement pertinents, dans un phénomène connu sous le nom de résistance croisée (Oniciuc et al., 2019). SCENIHR (2009) a indiqué que la concentration d'un biocide a été considérée comme le facteur le plus important qui affecte son efficacité.

## CONCLUSION

---

### CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons examiné les facteurs liés à la contamination bactérienne de la viande de volaille, et construit un modèle de régression multiple pour estimer voire prédire la contamination de la viande de volaille par la FMAT selon l'équation :

$$Y = 0,477X_1 + (-0,639)X_2 + (-0,557)X_3 + (-0,295)X_4 + 5,522$$

Où : Y = FMAT en  $\log_{10}$  UFC/g,  $X_1$  = coliformes fécaux en  $\log_{10}$  UFC/g,  $X_2$  = après COVID-19,  $X_3$  = escalope de dinde, et  $X_4$  = morceau coupé.

Ce modèle explique 48,6 % des variations de la FMAT, tandis que les 51,4 % restants sont associés à d'autres facteurs.

Dans cette recherche, la régression linéaire multiple nous a permis de détecter deux facteurs de risque associés à la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées de la viande de volaille. L'utilisation prolongée de biocides pendant COVID-19 peut avoir un impact significatif sur la résistance bactérienne aux antibiotiques dans les viandes de volaille. La viande de volaille préalablement emballée à l'abattoir est protégée d'une potentielle résistance croisée avec les bactéries présentes dans les boucheries.

Ainsi une équation qui estime la résistance bactérienne aux antibiotiques dans la viande de volaille est donnée comme suite :

$$Y = 11,700X_1 + 6,838X_2 + 37,639 \text{ avec une erreur type de } 13,427\%$$

Où : Y = proportion de résistance aux antibiotiques des bactéries isolées des viandes de volaille en %,  $X_1$  = après COVID-19,  $X_2$  = morceau de volaille coupé.

L'identification des facteurs associés à la contamination bactérienne de la viande de volaille est nécessaire pour créer des mesures préventives efficaces dans les boucheries, ce qui permet de réduire considérablement les niveaux de contamination et de fournir aux consommateurs une viande de volaille de bonne qualité sanitaire.

L'augmentation de la résistance des bactéries présentes dans les viandes de volaille peut influencer négativement sur la santé des consommateurs de ces viandes. Des études périodiques sur les facteurs de risque associés à la résistance bactérienne aux antibiotiques, permet de prendre des mesures correctives pour protéger la santé des consommateurs de viande de volaille.

### BIBLIOGRAPHIE

- Abba, H., Soma M.K., Antipas.B.B., Barro.N. (2017). Prévalence et susceptibilité aux antibiotiques des souches de *Salmonella* spp. non typhiques isolées de la viande de poulets au Tchad. pp. 11(1): 107-117.
- Abdelli, M., Baziz H., Ain., Chahed A. (2012). Recherche de *Salmonella* et d'*Escherichia coli* dans les carcasses de poulet et évaluation de l'antibiorésistance. Dans *10ème journée des sciences vétérinaires* (p. 50). Alger: Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.
- Acar, J-F. & Moulin, G. (2012). L'antibiorésistance : une question complexe. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz* , 31 (1).
- AFSSA. (2000). Rapport de la Commission d'étude des risques liés à *Listeria monocytogenes*. AFSSA.
- AFSSA. (2006). Impact de l'usage des antibiotiques sur la résistance chez l'animal. Dans : AFSSA, *Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine*. AFSSA
- Agyare, C., Boamah, V. E., Zumbi, C. N., & Osei, F. B. (2018). Antibiotic use in poultry production and its effects on bacterial resistance. *Antimicrob Resist-A Global Threat*, 33-50.
- Aidara-Kane, A. (2012). Containment of antimicrobial resistance due to use of antimicrobial agents in animals intended for food: WHO perspective. *Rev Sci Tech*, 31(1), 277-287.
- Ajiboye, R. M., Solberg, O. D., Lee, B. M., Raphael, E., DebRoy, C., & Riley, L. W. (2009). Global spread of mobile antimicrobial drug resistance determinants in human and animal *Escherichia coli* and *Salmonella* strains causing community-acquired infections. *Clinical Infectious Diseases* , 49(3), 365-371.
- Akbar, A., & Anal, A. K. (2013). Prevalence and antibiogram study of *Salmonella* and *Staphylococcus aureus* in poultry meat. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine* , 3(2), 163-168.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Akossou, A. Y. J., & Palm, R. (2005). Conséquences de la sélection de variables sur l'interprétation des résultats en régression linéaire multiple. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 9(1), 11-18.
- Alloui, N. & Ayachi, A. (2012). Comparison of two control methods of decontamination in a poultry slaughterhouse. *Journal of World's Poultry research*, 1(2), 18-20.
- Alonso-Hernando, A., Capita, R., Prieto, M., & Alonso-Calleja, C. (2009). Adaptation and cross-adaptation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* to poultry decontaminants. *The Journal of Microbiology*, 47(2), 142-146.
- Althaus, D., Zweifel, C., & Stephan, R. (2017). Analysis of a poultry slaughter process: Influence of process stages on the microbiological contamination of broiler carcasses. *Italian journal of food safety*, 6(4).
- Álvarez-Astorga, M., Capita, R., Alonso-Calleja, C., Moreno, B., & García-Fernández, C. (2002). Microbiological quality of retail chicken by-products in Spain. *Meat science*, 62(1), 45-50.
- Guillot, J. F., Bastien, J., Bertin, J., Bousquet-mélou, A., Bruneau, M., Chauvin, C., ... & Schmidely, P. (2014). *Evaluation des risques d'émergence d'antibiorésistances liés aux modes d'utilisation des antibiotiques dans le domaine de la santé animale* (Technical Report, Anses).[\(hal-01590019\)](#)
- Apata, D. F. (2009). Antibiotic resistance in poultry. *International Journal of Poultry Science*, 8(4), 404-408.
- APS. (2020, March 21). *Fight against Covid19: Pharmaceutical products companies double production*. Consulté le 04 10, 2021, sur Algeria Press Service: <https://www.aps.dz/sante-science-technologie/103288-coronavirus-des-entreprises-doublent-leur-production-en-produits-de-desinfection>.
- Arrêté-interministériel. (1995). Mise à la consommation des volailles abattues. *Journal Officiel de la République Algérienne N° 59 du 11-10-1995*, 17.
- Arrêté-interministériel. (2001). Mise à la consommation des volailles abattues. *Journal Officiel de la République Algérienne N° 32 du 10-06-2001*, 13.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Arrêté-interministériel. (2014). Modalités et les conditions d'abattage (tadhkiya) des animaux terrestres selon la religion musulmane. *Adoption du règlement technique fixant les règles relatives aux denrées alimentaires "halal"* (p. 27). Journal Officiel de la République Algérienne N° 15.
- Awad, A., Gwida, M., Khalifa, E., & Sadat, A. (2020). Phenotypes, antibacterial-resistant profile, and virulence-associated genes of *Salmonella* serovars isolated from retail chicken meat in Egypt. *Veterinary world*, 13(3), 440.
- Baker-Austin, C., Wright, M. S., Stepanauskas, R., & McArthur, J. V. (2006). Co-selection of antibiotic and metal resistance. *Trends in microbiology*, 14(4), 176-182.
- Balty, Isabelle., Guy Le Berre, Samuel Morin. (2017). Exposition aux poussières émises par les volailles aux postes d'accrochage en abattoirs. Hygiène et sécurité du travail – n°249 –
- Bantawa, K., Rai, K., Limbu, D. S., & Khanal, H. (2018). Food-borne bacterial pathogens in marketed raw meat of Dharan, eastern Nepal. *BMC research notes*, 11(1), 1-5.
- Barthe, C., Cardina, P., Desroches, F.P. (2003). Lignes directrices pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Ste-Foy, Québec.
- Benrabia, I., Hamdi, T. M., Shehata, A. A., Neubauer, H., & Wareth, G. (2020). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in poultry species in Algeria: Long-term study on prevalence and antimicrobial resistance. *Veterinary sciences*, 7(2), 54.
- Benrabia, I., Hamdi T., Khechih S., Oumouna M. (2012). Dépistage de *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (mRSA) chez la dinde et le poulet de chair : dépistage et risque zoonotique. Dans *10 journée des sciences vétérinaires* (p. 41). Alger: Ecole nationale supérieure vétérinaire d'Alger.
- Besse, P., & Ferré, L. (1993). Sur l'usage de la validation croisée en analyse en composantes principales. *Revue de statistique appliquée*, 41(1), 71-76.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Bhaisare, D. B., Thyagarajan, D., Churchil, R. R., & Punniamurthy, N. (2014). Bacterial pathogens in chicken meat. *Int J Life Sci Res* , 2(3), 1-7.
- Bornert, G. (2000a). Importance des bactéries psychrotrophes en hygiène des denrées alimentaires. *Revue Médecine Vétérinaire*, (151(11), 1003-1010.
- Bornert, G. (2000b). Le poulet sans salmonelles : mythe ou réalité ? *Revue Médecine Vétérinaire*, (151,12), 1083-1094.
- Bouayad, L., Hamdi T.M., Naim M. (2012). *Listeria monocytogenes* dans les viandes de volaille prévalence et antibiosensibilité. Dans *10 journée des sciences vétérinaires* (p. 21). Alger: Ecole nationale supérieur vétérinaire, Alger.
- Bouhamed, R., Hamdi T.M, Naim M, Kurekci C. (2016). Sensibilité aux antibiotiques des souches de *Campylobacter thermotolerans* isolées chez la volaille et l'homme. Dans *VI<sup>ème</sup> Symposium de la recherche en sciences avicoles*. Constantine.
- Bouhamed, R., & Hamdi, T.-M. (2010). Contribution à l'étude de la prévalence de *Campylobacter* spp. avec antibiogramme chez la dinde dans la région d'Alger et ses environs. Dans *1er Symposium des Sciences avicoles* (p. 53). Batna: Université El Hadj Lakhder Batna1.
- Braoudaki, M., & Hilton, A. C. (2004). Adaptive Resistance to Biocides in *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157 and Cross-Resistance to Antimicrobial Agents. *Journal of clinical microbiology*, 42, No. 1, 42(1), 73-78.
- Brisabois, A. (2008). *Listeria monocytogenes*: une bactérie sous haute surveillance. *Revue de l'Association des Anciens*.
- Brisabois, A. (2001). Intérêt et limites des techniques de caractérisation des *Salmonella*. *Epidémiologie et santé animal*, 31-42 (39).
- Cadirci, O., Gucukoglu, A., Gulel, G. T., Uyanik, T., & Girgin, K. E. (2020). Genotyping and serotyping of *Listeria monocytogenes* isolated from poultry meat. *Fresenius environmental bulletin*, 29(7), 5399-5407.
- Capita, R., Álvarez-Fernández, E., Fernández-Buelta, E., Manteca, J., & Alonso-Calleja, C. (2013). Decontamination treatments can increase the

## BIBLIOGRAPHIE

---

- prevalence of resistance to antibiotics of *Escherichia coli* naturally present on poultry. *Food microbiology* , 34(1), 112-117.
- Cardinale, E., Perrier, J. D., Aidara, A., Tall, F., Coudert, C., Gueye, I. L., & Konté, M. (2000a). Identification d'une nouvelle salmonelle multirésistante dans une viande de poulet de chair au Sénégal. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 53(1), 5-8.
  - Cardinale, E., Tall, F., Kane, P., Konte, M. (2000b). Consommation de poulets de chair au Sénégal et risque pour la santé publique. CIRAD-MITECH.
  - Carle, S. (2009). La résistance aux antibiotiques : un enjeu de santé publique important! *Pharmactuel* , Vol. 42 Supplément (2)pages 6-21.
  - Catteau, M. (1996). *Listeria*. Dans :C.M.bourgeois, J.F.Mescle et J.Zucca, *Microbiologie alimentaire, tome 1/ Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments*. Paris: TEC et DOC.
  - CAVTK. (2003). Le poulet avant l'abattage: état sanitaire et modalités de capture (récolte). Centre Agronomique et Vétérinaire Tropical de Kinshasa.
  - CDC. (2013). *Antibiotic Resistance Threats in the United States*. Récupéré sur U.S. Centers for Disease Control and Prevention: <https://www.cdc.gov/drugresistance/pdf/ar-threats-2013-508.pdf>
  - Chanteau, S. & Martin, P. (2008). Rapport technique année 2007. Nouméa.
  - Codex alimentarius. (2005). Code d'usages en matière d'hygiène pour la viande [en ligne]. CAC/RCP 58-2005, 55 pages. Disponible sur : <[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXP\\_058f.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXP_058f.pdf)>
  - Cohen, N., Ennaji, H., Bouchrif, B., Hassar, M., & Karib, H. (2007). Comparative study of microbiological quality of raw poultry meat at various seasons and for different slaughtering processes in Casablanca (Morocco). *Journal of Applied Poultry Research*, 16(4), 502-508.
  - Colin, P. (1992). *Salmonella* et qualité des produits avicoles. Dans : Brugère-Picoux.J, *Manuel de pathologie aviaire* (371-373). Édition Chaire de pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour. Alfort: Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Corry, J. E., Allen, V. M., Hudson, W. R., Breslin, M. F., & Davies, R. H. (2002). Sources of Salmonella on broiler carcasses during transportation and processing: modes of contamination and methods of control. *Journal of Applied Microbiology*, 92(3), 424-432.
- Courvalin, P. (2008). La résistance des bactéries aux antibiotiques: Combinaisons de mécanismes biochimiques et génétiques. *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France*. Tome 161 - N°1.
- Cox, N. A., S. M. Russell and J. S. Bailey. (1998). The Microbiology of Meat and Poultry. In: The microbiology of stored poultry. 266 – 287. Blackie Academic & Professional.
- Cuq, J. (2007b). Les maladies microbiennes liées à la consommation d'aliments. Montpellier: Université Montpellier II Sciences et Technologies des Industries Alimentaires.
- Corry, S. D., Tabaran, A., Mihaiu, L., & Mihaiu, M. (2015). Antibiotic susceptibility and prevalence of foodborne pathogens in poultry meat in Romania. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 9(01), 035-041.
- Da Silva, N., Taniwaki, M. H., Junqueira, V. C. A., de Arruda Silveira, N. F., Okazaki, M. M., & Gomes, R. A. R. (2018). *Microbiological examination methods of food and water: a laboratory manual*. CRC Press.
- Daube, G. (2002). Micro-organismes pathogènes et viande-la traçabilité alliée de la sécurité Colloque «Maladies: leur transmission du bétail à l'Homme». *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 11-30 (71).
- Daube, G., Ghafir, Y., Dumont, J. M., Godard, C., Goossens, H., François, J. Y., ... & De Zutter, L. (2002). Salmonella prevalence in foods from animal origin in Belgium, period 1997-2001. In *Proceedings 4th conference in food microbiology, Liège*.
- Daube, G. (2005). Qualité sanitaire des produits de porcs et de volailles :importance des agents zoonotiques. Liège.
- Davin-Regli, A., & Pagès, J. M. (2012). Cross-resistance Between Biocides and Antimicrobials: An Emerging Question. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 31(1), 89-104.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- De Buyser, M. (1996). Les staphylocoques. Dans : Microbiologie alimentaire Tome1/Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments, C.M.Bourgeois, J.F.Mescle et J.Zucca. Paris: Lavoisier.TEC et DOC.
- De Buyser, M.L., Martel, J.L., Maris, P., Hennekinne,J.A., Carpentier, B., (2003). Staphylococcus aureus. <http://biotec.ac-dijon.fr/IMG/pdf/staureus.pdf>
- De Valk, H., Rocourt, J., Lequerrec, F., Jacquet, C., Vaillant, V., Portal, H., ... & Goulet, V. (2000). Bouffée épidémique de listériose liée à la consommation de rillettes. France, octobre-décembre 1999. Synthèse des données disponibles au 12/01/2000. *Bull Epidemiol Hebdom*, 2000(4), 15-6.
- Décret-exécutif, n° 04-82. (2004). Conditions et modalités d’agrément sanitaire des établissements dont l’activité est liée aux animaux, produits animaux et d’origine animale ainsi que de leur transport. *Journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire*, (N° 17) , 3 - 5.
- Décret-exécutif. (2020a). Décret exécutif N°. 20-127 du 20 Mai, 2020 fixant des mesures complémentaires de prévention et de lutte contre la propagation du Coronavirus (COVID-19). *Journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire*, (N°30), p32.
- Décret-exécutif. (2020b). Décret exécutif No. 20-159 du 13 Juin, 2020 portant réaménagement du confinement à domicile et des mesures prises dans le cadre du dispositif de prévention et de lutte contre la propagation du Coronavirus (COVID-19), Article 12. *Journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire*, N° 35, p18.
- Delarras, C. (2007). *Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de controle sanitaire*. Paris: TEC et DOC.
- Delhalle, L., Saegerman, C., Farnir, F., Korsak Koulagenko, N., & Daube, G. (2008). L'évaluation quantitative du risque microbiologique: revue de trois modèles liés à Salmonella dans les aliments. In *Annales De Médecine Vétérinaire* (Vol. 152, pp. 116-129). ULg-Université de Liège.
- Desbois, D. (2008). L’analyse des correspondances multiples «à la hollandaise»: introduction à l’analyse d’homogénéité. *Revue Modulad*, 38(2008), 194-244.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Djeflal, S., Aoun, L., Mamache, B., Elgroud, R. (2010). Appreciation de la qualité bactériologique des carcasses de poulets de chair frais destinées à la consommation humaine. Dans : *1er symposium national des sciences avicoles* (p. 72). Batna: Université de Hadj-Lakhdar - Batna1.
- Donaghy, J. A., Jagadeesan, B., Goodburn, K., Grunwald, L., Jensen, O. N., Jaspers, A. D., ... & Quentin, M. C. (2019). Relationship of sanitizers, disinfectants, and cleaning agents with antimicrobial resistance. *Journal of food protection* , 82(5), 889-90.
- Dromigny, Eric. (2011). *Les critères microbiologiques des denrées alimentaires: Réglementation- Agent microbien- Autocontrôle*. TEC & DOC.
- Duby, C., & Robin, S. (2006). Analyse en composantes principales. *Institut National Agronomique, Paris-Grignon*, 80.
- Dumitrescu, O., Dauwalder, O., Boisset, S., Reverdy, M. É., Tristan, A., & Vandenesch, F. (2010). Résistance aux antibiotiques chez *Staphylococcus aureus*-Les points-clés en 2010. *médecine/sciences*, 26(11), 943-949.
- Duval, M.& Cossart, P. (2019). Un nouveau mécanisme de résistance aux antibiotiques-Le recyclage des ribosomes. *médecine/sciences*, 35(8-9), 613-615.
- EcoAntibio. (2017). *Le plan de lutte contre l'émergence des risques d'antibiorésistance en médecine vétérinaire d'antibiorésistance*. Consulté le 2020, sur [agriculture.gouv.fr](http://agriculture.gouv.fr).
- EFSA. (2015). *The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013*. *The EFSA Journal* 2015;13(1):3991.
- EFSA. (2010). *Analyse de l'étude de référence de la prévalence de Campylobacter et Salmonella dans les lots de poulets de chair et de Campylobacter et Salmonella sur les carcasses de poulets de chair dans l'Union européenne, 2008*. European Food Safety Authority (EFSA).  
<http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/1503.htm>.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- EFSA. (2009). Trends and Sources of Zoonoses and Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008. European Food Safety Authority (EFSA). <http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/1496.htm>.
- EFSA. (2005). Trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and antimicrobial resistance in the european union in 2004. *The EFSA Journal* , 310.
- Elgroud, R., Zerdoumi, F., Benazzouz, M., Bouzitouna-Bentchouala, C., Granier, S. A., Frémy, S., ... & Millemann, Y. (2009). Characteristics of Salmonella contamination of broilers and slaughterhouses in the region of Constantine (Algeria). *Zoonoses and public health*, 56(2), 84-93.
- Escofier, B. (1979). Une représentation des variables dans l'analyse des correspondances multiples. *Revue de Statistique Appliquée*, 27(4), 37-47.
- Euzeby, J.P. (1999). *Dictionnaire de bactériologie vétérinaire: Staphylococcus aureus*. Consulté le 10-10-2009, sur [www.bacterio.cict.fr/bacdico/staphylococcus.html](http://www.bacterio.cict.fr/bacdico/staphylococcus.html).
- Euzeby, J.P (2009). *Abrégé de Bactériologie Générale et Médicale à l'usage des étudiants de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*. Consulté le aout 25, 2009, sur [www.bacterio.cict.fr/bacdico/ee/listeria.html](http://www.bacterio.cict.fr/bacdico/ee/listeria.html).
- FAO & OMS. (2003). *Garantir la sécurité sanitaire et la qualité des aliments*. Consulté le 2009, sur [http://www.who.int/publications/list/guidelines\\_food\\_control/fr/index.html](http://www.who.int/publications/list/guidelines_food_control/fr/index.html).
- FAO. (2003). *Document de travail sur les stratégies de gestion des risques présentes par la salmonella spp. Dans la volaille*. Consulté le 2011, sur <ftp://ftp.fao.org/codex/ccfh35/fh0305af.pdf>.
- FAO. (2010). *Réunion mixte d'experts FAO/OMS/OIE sur les agents antimicrobiens d'importance critique*. Rome: FAO.
- FAOstat. (2020). Consulté le 10 - 06 - 2020, [www.fao.org](http://www.fao.org) > faostat.
- FDA. (2020). *U.S. Food & Drug Administration*. Consulté le 10 -10 - 2020, sur BAM (Bacteriological Analytical Manual) Chapter 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria:

## BIBLIOGRAPHIE

---

<https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>

- Feliachi, K., Kerboua, M., Abdelfettah, M., Ouakli, K., Selheb, F., Boudjakji, A., ... & Ghenim, H. (2003). Rapport national sur les ressources génétiques animales: Algérie. *Commission nationale AnGR, point focal Algérien pour les ressources génétiques, 46p.*  
<http://www.fao.org/Ag/AGInfo/programmes/en/genetics/documents/Interlaken/countryreports/Alger>
- Fosse, J., Seegers, H., & Magras, C.(2008). Hiérarchiser les risques de zoonoses alimentaires : une approche quantitative. Application aux danger bactériens transmis par les viandes porcine et bovine. *Rev. sci. tech. Off. Epiz, 643-655.*
- Foucart, T. (2006). Colinéarité et régression linéaire. *Mathématiques et sciences humaines. Mathematics and social sciences, (173).*
- Froning, G. W. (1987). Further processed poultry meat products. In : F.E. Cunningham, *The microbiology of poultry meat products* (pp. 317-332). San Diego: Academic Press.
- Frankel, G., & Ron, E. Z. (2018). *Escherichia Coli, a Versatile Pathogen* (Vol. 416). Springer.
- Ganiere., J-P. (2008). Salmonellose de la poule et de la dinde. *Maladies réputées contagieuses ou à déclaration obligatoire .*
- Genigeorgis, C. A., Oanca, P., & Dutulescu, D. (1990). Prevalence of *Listeria* spp. in Turkey meat at the supermarket and slaughterhouse level. *Journal of food protection, 53(4), 282-288.*
- Gledel, J. (1996a). Le genre *Campylobacter*. Dans Bourgeois, C. M., Mescle, J. F., & Zucca, J., *Microbiologie alimentaire tome 1/Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tec et Doc. Lavoisier.*
- Gledel, J. (1996b). Le genre *Salmonella*. Dans Le genre *Campylobacter*. Dans Bourgeois, C. M., Mescle, J. F., & Zucca, J., *Microbiologie alimentaire tome 1/Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tec et Doc. Lavoisier.*

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Gohil, V. S., Ahmed, M. A., Davies, R., & Robinson, R. K. (1995). Incidence of *Listeria* spp. in retail foods in the United Arab Emirates. *Journal of food protection*, 58(1), 102-104.
- Grau, F. D. (1986). Microbial ecology of meat and poultry. Dans A. M. Pearson, *Meat and Poultry Microbiology* (pp. 1 - 47). Macmillan Education.
- Gucukoglu, A., Çadirci, Ö., Gülel, G. T., Uyanik, T., & Kanat, S. (2020). Serotyping and antibiotic resistance profile of *Listeria monocytogenes* isolated from organic chicken meat. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26(4).
- Guergueb, N., Alloui, N., Ayachi, A., & Bennoune, O. (2014). Effect of slaughterhouse hygienic practices on the bacterial contamination of chicken meat. *Scientific Journal of Veterinary Advances*, 3(5), 71-76.
- Guergueb, N., Alloui, N., Ayachi, A., Aoun, L., & Chachoua, I., 2021. Factors Associated with Bacterial Contamination of Poultry Meat at Butcher Shops in Biskra, Algeria. *Veterinarska stanica* 52(4). 429-437.
- Guillet, F., Bonnefoy, C., Leyral, G., & Verne-Bourdais, É. (2002). Microbiologie et Qualité dans les industries agroalimentaires. *Wolters Kluwer France*.
- Gundogan, N., Citak, S., Yucel, N., & Devren, A. (2005). A note on the incidence and antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from meat and chicken samples. *Meat Science*, 69(4), 807-810.
- Hamitouche, A. & Chahed, A. (2012). Etude du niveau des contaminants bactériens (critères d'hygiène) des poulets de chair au niveau des commerces dans la région d'Alger. *10ème journée des sciences vétérinaires, Ecole nationale supérieure vétérinaire d'Alger*.
- Hedman, H. D., Vasco, K. A., & Zhang, L. (2020). A review of antimicrobial resistance in poultry farming within low-resource settings. *Animals*, 10(8), 1264.
- Heetun, I., Goburdhun, D., & Neetoo, H. (2015). Comparative microbiological evaluation of raw chicken from markets and chilled outlets of Mauritius. *J Worlds Poul Res*, 5(1), 10-18.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Heredia, N., & García, S. (2018). Animals as sources of food-borne pathogens: A review. *Animal nutrition*, 4(3), 250-255.
- Holah, J., & Gibson, H. (2000). Food industry biofilms. Dans *Biofilms: Recent Advances in their Study and Control* (pp. 211-235).
- Hue, O., Le Bouquin, S., Laisney, M. J., Allain, V., Lalande, F., Petetin, I., ... & Chemaly, M. (2010). Enquête sur la contamination de *Campylobacter* spp. des carcasses de poulets de chair en France en 2008 et les facteurs associés. *Bultin épidémiologique: Santé animale - alimentation*, 9-11 (41), p. n° 41.
- Hussain, A., Shaik, S., Ranjan, A., Nandanwar, N., Tiwari, S. K., Majid, M., ... & Ahmed, N. (2017). Risk of transmission of antimicrobial resistant *Escherichia coli* from commercial broiler and free-range retail chicken in India. *Frontiers in microbiology*, vol. 8, p. 2120.
- INSP. (2017). *Relevée Épidémiologique Mensuel*. Consulté le 2021, sur Institut National Santé Publique. Algérie.
- IP. (2017). *Résistance aux antibiotiques*. Consulté le 05 05, 2020, sur Institut Pasteur: <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/resistance-aux-antibiotiques>
- ITAVI. (2008). Guide des bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP. Paris.
- Jay, J. M. (2000). *Modern Food Microbiology*. Maryland.
- Josse, J., & Husson, F. (2009). Gestion des données manquantes en analyse en composantes principales. *Journal de la Société Française de Statistique*, 150(2), 28-51.
- Khallaf, M., Benbakhta, B., Nasri, I., Sarhane, B., Senouci, S., & Ennaji, M. M. (2014). Prévalence du *Staphylococcus aureus* isolé à partir de la viande de poulet commercialisée au niveau de Rabat, Maroc [Prevalence of *Staphylococcus aureus* isolated from chicken meat marketed in Rabat, Morocco]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7(4), 1665-1670.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Kim, S., Kim, H., Kim, Y., Kim, M., Kwak, H., & Ryu, S. (2020). Antimicrobial resistance of Escherichia Coli from retail poultry meats in Korea. *Journal of Food Protection*, 83(10), 1673-1678.
- King, L. A., & Mégraud, F. (2012). Surveillance des infections à Campylobacter chez l'Homme en France. BEH Hors-série/9 mai 2012. 11- 13.
- Kooh, P. (2007). Décontamination des carcasses: L'Avis de L'AFSSA. *Viandes Prod. Carnés*, 135-138 (26 (4)).
- Korsak, N., Clinquart, A., & Daube, G. (2004). Salmonella spp. dans les denrées alimentaires d'origine animale: un réel problème de santé publique. *Ann. Méd. Vét*, 148, 174-193.
- Kozačinski, L., Hadžiosmanović, M., & Zdolec, N. (2006). Microbiological quality of poultry meat on the Croatian market. *Veterinarski arhiv*, 76(4), 305-313.
- Laarem, M., Barguigua, A., Nayme, K., Akila, A., Zerouali, K., El Mdaghri, N., & Timinouni, M. (2017). Occurrence of plasmid-mediated quinolone resistance and virulence genes in avian Escherichia coli isolates from Algeria. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 11(02), 143-151.
- Lahhellac, C., Salvat, G., Collin, P. (1996). Viandes de volailles. Dans Bourgeois, C. M., Mescle, J. F., & Zucca, J. (1996). Microbiologie alimentaire. Tome I: Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. *Tec et Doc. Lavoisier*.
- Lailier, R., Moury, F., Leclerc, V., Bohnert, M., Cadel-Six, S., & Brisabois, A. (2015). Surveillance de Salmonella dans la chaîne alimentaire pour la détection d'écoulements en France. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*, 68, 11-16.
- Larpent, J. P. (1995). Listeria, 140 pages. *Lavoisier Editeur, Paris*.
- Leyral, G., & Vierling, E. (2007). *Microbiologie et toxicologie des aliments (hygiène et sécurité alimentaire)* (Vol. 290p). bordeaux: DOIN.
- LHL. (consulté en 2011). *Flore Mesophile Aérobie Totale*. Laboratoire d'Hygiène Lyonnais (LHL) Consulté le 2011, sur <http://www.lhl.fr/cms/nos-analyses/flore-mesophile-aerobie-totale.html>.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Mahato, S. (2019). Relationship of Sanitation Parameters with Microbial Diversity and Load in Raw Meat from the Outlets of the Metropolitan City Biratnagar, Nepal. *International Journal of Microbiology* , 17 pages.
- Marault, M., Itié-Hafez, S., Morel, V., Berta-Vanrullen, I., Granier, S. A., Born, C.,...& Maisons-Alfort, F. (2016). Surveillance programmée de la contamination par *Salmonella* spp. des viandes fraîches de volaille au stade de l'abattoir et de la résistance aux antibiotiques des souches isolées en 2014. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* , n°77.
- Marin, C., & Lainez, M. (2009). *Salmonella* detection in feces during broiler rearing and after live transport to the slaughterhouse. *Poultry science*, 88(9), 1999-2005.
- Maung, A. T., Mohammadi, T. N., Nakashima, S., Liu, P., Masuda, Y., Honjoh, K. I., & Miyamoto, T. (2019). Antimicrobial resistance profiles of *Listeria monocytogenes* isolated from chicken meat in Fukuoka, Japan. *International journal of food microbiology*, 304, 49-57.
- McKee, L. (2007). Microbiological and sensory properties of fresh and frozen poultry. Dans L. M. Nollet, *Handbook of meat, poultry and seafood quality*, 487-496. Blackwell Publishing.
- Mead, G. C. (1995). Hygiene problems and control of process contamination. In *Processing of poultry* (pp. 183-220). Springer, Boston, MA.
- Mead, G. (2007). Sampling methods for poultry-meat products. Dans G. C. Mead, *Microbiological analysis of red meat, poultry and eggs*, pp. 148 - 164. Woodhead Publishing Limited.
- Mégraud, F., Bultel, C., & Campylobacter AFSSA Working Group. (2004). Appréciation des risques alimentaires liés aux campylobacters. In *Application au couple poulet/Campylobacter jejuni*. AFSSA.
- Messad, S., Hamdi, T.M., Bouhamed, R., Ramdani, Bouguessa, N. (2012). Etude de la sensibilité aux antibiotiques de souche de *Campylobacter* thermotolérants isolées chez le poulet de chair dans quelques établissements d'abattage dans la région d'Alger dans la region d'Alger et ses environs. Dans *10ème Journnée des*

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Sciences Vétérinaires* (p. 19). Alger: Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.
- Mezali, L. & Hamdi, T.M. (2012). Salmonella dans les viandes de volaille : étude de la prévalence et de la sensibilité aux antibiotiques. Dans *10 Journée Sciences Vétérinaires* (p. 20). Alger: Ecole Nationale Supérieure d'Alger.
  - Michel-Briand, Y. (2012). *Aspects de la résistance bactérienne aux antibiotiques*. Editions L'Harmattan.
  - Michel-Briand, Y. (2009). *Une histoire de la résistance aux antibiotiques: à propos de six bactéries*. Editions L'Harmattan.
  - Miranda, J. M., Vazquez, B. I., Fente, C. A., Calo-Mata, P., Cepeda, A., & Franco, C. M. (2008). Comparison of antimicrobial resistance in *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes* strains isolated from organic and conventional poultry meat. *Journal of food protection*, 71(12), 2537-2542.
  - Moawad, A. A., Hotzel, H., Awad, O., Tomaso, H., Neubauer, H., Hafez, H. M., & El-Adawy, H. (2017). Occurrence of *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* in raw chicken and beef meat in northern Egypt and dissemination of their antibiotic resistance markers. *Gut pathogens*, 9(1), 1-13.
  - Mølbak, K. (2004). Spread of resistant bacteria and resistance genes from animals to humans—the public health consequences. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 51(8-9), 364-369.
  - Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.
  - Morente, E. O., Fernández-Fuentes, M. A., Burgos, M. J. G., Abriouel, H., Pulido, R. P., & Galvez, A. (2013). Biocide tolerance in bacteria. *International journal of food microbiology*, 162(1), 13-25.
  - Muylaert, A., & Mainil, J. (2013). Résistance bactériennes aux antibiotiques, les mécanismes et leur "contagiosité". In *Annales de Médecine vétérinaire* (Vol. 156, pp. 109-123). ULg-Université de Liège.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Niven, C. F. (1986). Perspective on Potentially Fruitful Research Areas. Dans A. M. Pearson, *Meat and Poultry Microbiology* (pp. 397 - 410). The AVI Publishing Company Inc & Macmillan Publishers Ltd.
- OIE. (2020a). *Harmonisation des programmes nationaux de surveillance et de suivi de la résistance aux agents antimicrobiens*. Consulté le 10 11, 2020, sur OIE (Organisation Internationale de la Santé Animale): chapitre 8.
- OIE. (2020b). *Risques liés à l'usage des antimicrobiens chez l'animal au niveau mondial*. Consulté le 09 29, 2020, sur OIE: <https://www.oie.int/fr/pour-les-medias/editoriaux/detail/article/risks-associated-with-the-use-of-antimicrobials-in-animals-worldwide/>
- OIE. (2017). *second OIE annual report on the use of antimicrobial agents*. Consulté le 09 29, 2018, sur World Organisation for Animal Health (OIE): [http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Our\\_scientific\\_expertise/docs/pdf/AMR/Annual\\_Report\\_AMR\\_2.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Our_scientific_expertise/docs/pdf/AMR/Annual_Report_AMR_2.pdf)
- OMS & FAO. (2009). Evaluation des risques liés à campylobacter spp : Dans les poulets de chair. Rome.
- OMS. (2014). *Antimicrobial resistance: global report on surveillance*. Consulté le 09 28, 2020, sur World Health Organization: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112642/9789241564748\\_eng.pdf;jsessionid=1C291D46694196BA42BCDC12050D867C?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112642/9789241564748_eng.pdf;jsessionid=1C291D46694196BA42BCDC12050D867C?sequence=1)
- OMS. (2020). *Résistance aux antibiotiques*. Consulté le 09 30, 2020, sur Organisation Mondiale de la Santé: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>.
- Oniciuc, E. A., Likotrafiti, E., Alvarez-Molina, A., Prieto, M., López, M., & Alvarez-Ordóñez, A. (2019). Food processing as a risk factor for antimicrobial resistance spread along the food chain. *Current Opinion in Food Science*, 30, 21-26.
- Oumokhtar, B., Karib, H., Bouchriti, N., & Araba, A. (1998). Appréciation de la qualité bactériologique de la viande et des abats de taurillons fraîchement abattu

## BIBLIOGRAPHIE

---

- dans les abattoirs de Rabat. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 18(3), 169-176.
- Pagès, J. (2021). Analyse des correspondances multiples. In *Analyse factorielle multiple avec R* (pp. 37-64). EDP Sciences.
  - Palm, R. (1998). L'analyse en composantes principales: principes et applications. *Notes de Statistique et d'Informatique*, (2), 1-31.
  - Palm, R. (2007). L'analyse des correspondances multiples: principes et application. *Notes de Statistique et d'Informatique*, (2), 1-28.
  - Paul, D., Mondal, S. K., & Mandal, S. M. (2021). Biologia Futura: use of biocides during COVID-19-global reshuffling of the microbiota. *Biologia Futura*, 72(3), 273-280.
  - Pesavento, G., Ducci, B., Comodo, N., & Nostro, A. L. (2007). Antimicrobial resistance profile of Staphylococcus aureus isolated from raw meat: A research for methicillin resistant Staphylococcus aureus (MRSA). *Food control*, 18(3), 196-200.
  - Poyart, C. (2002). Résistance Bactérienne aux Antibiotiques. Dans *Bactériologie Générale*. Faculté de Médecine Necker-Enfants Malades.
  - Rahimi, E. (2012). Prevalence and antimicrobial resistance of Salmonella spp isolated from retail chicken, turkey and ostrich by-products in Iran. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 163(52), 271-275.
  - Rahman, M. A., Rahman, A. K., Islam, M. A., & Alam, M. M. (2018). Detection of multi-drug resistant Salmonella from milk and meat in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*, 16(1), 115-120.
  - Reid, W. M., Pesti, G. M., Hargis, B., Moore, R., Vohra, P., Dean, W. F., & Hammarlund, M. A. (2001). *L'élevage de volailles Saines*. Christian Veterinary Mission.
  - Ribet, D., & Cossart, P. (2010). Listeria en lutte avec SUMO. *médecine/sciences*, 26(5), 545-547.
  - Rouger, A., Tresse, O., & Zagorec, M. (2017). Bacterial contaminants of poultry meat: sources, species, and dynamics. *Microorganisms*, 5(3), 50.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Rousson, V. (2013). Régression linéaire multiple. In *Statistique appliquée aux sciences de la vie* (pp. 219-258). Springer, Paris.
- Samia, D., Bakir, M., Rachid, E., Chaffia, B., Omar, B., Rolain, J. M., & Diene, S. M. (2021). Prevalence and genotypic characterization of Salmonella spp. from chicken meats marketed in the province of Skikda, Algeria. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 15(04), 523-529.
- Sanders, P., Granier, S. A., Blanc-Gonnet, A., & Santolini, J. (2012). Les Plans de Surveillance de l'Antibiorésistance en santé animale: le contexte européen et les évolutions récentes. *Bull. Epidémiol. Santé Anim. Aliment. (53) Spécial Antibiot. Antibiorésistances*, 25-29.
- Sanders, P. (2010). Résistance aux antibiotiques chez les bactéries d'origine animale-Actions en cours dans le secteur vétérinaire. *médecine/sciences*, 26(11), 930-935.
- SCENIHR. (2009). *Assessment of the Antibiotic Resistance Effects of Biocides*. Consulté le 11 26, 2020, sur Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks:  
[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_021.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_021.pdf)
- Skovgaard, N., & Morgen, C. A. (1988). Detection of Listeria spp. in faeces from animals, in feeds, and in raw foods of animal origin. *International journal of food microbiology*, 6(3), 229-242.
- Sofos, J. N. (1994). Microbial growth and its control in meat, poultry and fish. In A. a. PEARSON, *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products* (pp. 359-403). Springer, Boston, MA.
- Sofos, J. N. (2008). Challenges to meat safety in the 21st century. *Meat science*, 78(1-2), 3-13.
- Souza, A. I., Saraiva, M. M., Casas, M. R., Oliveira, G. M., Cardozo, M. V., Benevides, V. P & Berchieri, A. (2020). High occurrence of  $\beta$ -lactamase-producing *Salmonella* Heidelberg from poultry origin. *PloS one*, 15(3).
- Ta, Y. T., Nguyen, T. T., To, P. B., Pham, D. X., Le, H. T. H., Thi, G. N., ... & Doyle, M. P. (2014). Quantification, serovars, and antibiotic resistance of

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Salmonella isolated from retail raw chicken meat in Vietnam. *Journal of food protection*, 77(1), 57-66.
- Thapa, S. P., Shrestha, S., & Anal, A. K. (2020). Addressing the antibiotic resistance and improving the food safety in food supply chain (farm-to-fork) in Southeast Asia. *Food Control*, 108, 106809.
  - Titouche, Y., Hakem A., Salmi D., Yabrir B., Chergui A., Maheut T., Vingadassalon N. (2016). Le portage de *S. Aureus* constitue-t-il une menace pour la sécurité des aliments en filière avicole ? Dans : Alloui Nadir, *VI<sup>ème</sup> Symposium De la Recherche en Sciences Avicoles*. Constantine.
  - Toma, B. (2004). Les zoonoses infectieuses. *Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises*, 171 . Lyon: Mérial.
  - Vaillant, V., De Valk, H., Baron, E. (2004). *Morbidité et mortalité dues aux maladies infectieuses d'origine alimentaire en France*. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire.
  - Van Immerseel, F., De Buck, J., Boyen, F., Pasmans, F., Bertrand, S., Collard, J. M., ... & Ducatelle, R. (2005). Salmonella dans la viande et dans les oeufs: un danger pour le consommateur qui demande la mise en place d'un programme de lutte efficace. In *Annales de Médecine Vétérinaire* (Vol. 149, No. 1, pp. 34-48). ULg-Université de Liège.
  - Venkitanarayanan, K., Thakur, S., & Ricke, S. C. (Eds.). (2019). *Food Safety in Poultry Meat Production*. Springer.
  - Verraes, C., Van Boxtael, S., Van Meervenne, E., Van Coillie, E., Butaye, P., Catry, B., ... & Herman, L. (2013). Antimicrobial Resistance in the Food Chain: A Review. *International journal of environmental research and public health*, 10(7), 2643-2669.
  - Vuuren, M. (2001). Résistance aux antibiotiques, notamment en aviculture. In *Conférence. La seconde Conférence internationale de l'OIE sur l'antibiorésistance* (pp. 123-134). OIE
  - Weiss, K. (2002). La résistance bactérienne: la nouvelle guerre froide. *Le médecin du québec*, 37(3), 41-49.

- 
- WHO. (2002). *Risk assessments of Salmonella in eggs and broiler chickens*. World Health Organization.
  - Wooldridge, M. (2012). Evidence for the circulation of antimicrobial-resistant strains and genes in nature and especially between humans and animals. *Rev Sci Tech* , 31(1), 231-247.
  - World Health Organization. (2002). *Risk assessments of Salmonella in eggs and broiler chickens: interpretive summary* (Vol. 1). Food & Agriculture Org.
  - Wooldridge, M. (2012). Evidence for the circulation of antimicrobial-resistant strains and genes in nature and especially between humans and animals. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 31(1), 231-247.
  - Yala, D., A.S. Merad, D. MohamediI, M.N. Ouar Korich. (2001). RESISTANCE BACTERIENNE aux antibiotiques. *Médecine du Maghreb* , n° 91.
  - Yang, X., Huang, J., Zhang, Y., Liu, S., Chen, L., Xiao, C., ... & Wu, Q. (2020). Prevalence, abundance, serovars and antimicrobial resistance of Salmonella isolated from retail raw poultry meat in China. *Science of The Total Environment*, 713, 136385.