

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

MEMOIRE

Présenté par
Mr. ARBAOUI Abdessalem

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER

En Microbiologie Appliquée

Thème

**Detection des Résidus d'Antibiotiques Dans la Viande
de Poulet de Chair Commercialisée
Dans la Wilaya de Khenchela**

Soutenu le 20/06/2018 devant le jury composé de :

Présidente	HALASSI Asmahane	M.C.B	Université de Khenchela
Encadreur	KHABTANE Abdelhamid	M.C.A	Université de Khenchela
Examinatrice	YAKHLAF Ouahiba	M.A.A	Université de Khenchela

Année Universitaire : 2017-2018

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

MEMOIRE

Présenté par

Mr. ARBAOUI Abdessalem

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Microbiologie Appliquée

Thème

**Detection des Résidus d'Antibiotiques Dans la Viande
de Poulet de Chair Commercialisée
Dans la Wilaya de Khenchela**

Soutenu le 20/06/2018 devant le jury composé de :

Présidente	HALASSI Asmahane	M.C.B	Université de Khenchela
Encadreur	KHABTANE Abdelhamid	M.C.A	Université de Khenchela
Examinatrice	YAKHLAF Ouahiba	M.A.A	Université de Khenchela

Année Universitaire : 2017-2018

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, de m'avoir donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

Mes vifs remerciements vont au Docteur HALASSI Asmahane Maitre de Conférences à l'Université de Khenchela et Madame YAKHLAF Ouahiba, Maitre-Assistante à l'Université de Khenchela, d'avoir accepté d'être membres du jury.

Je tiens également à remercier vivement Monsieur KHABTANE Abdelhamid, Maitre de Conférences à l'Université de Khenchela, qui a accepté d'être mon directeur de mémoire, pour toute son aide, pour sa gentillesse, sa disponibilité permanente et pour les nombreux encouragements et conseils qu'il m'a prodigué.

J'exprime ma gratitude à Monsieur BOUSSAA Abdelhalim Maitre-Assistant à l'Université de Khenchela pour son aide précieuse, son soutien, son support et le temps qu'il m'a consacré.

Je tiens à remercier particulièrement Monsieur ARBAOUI Abdelbaki pour son aide précieuse et pour son assistance aussi bien matérielle et documentaire pour ma recherche bibliographique. Il a toujours fait tout son possible pour m'aider.

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	I
TABLE DES MATIERES	II
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VII
RESUME.....	IX
INTRODUCTION	I
CHAPITRE I : LA VIANDE DE VOLAILLES : INTERETS NUTRITIONNELS ET ENJEUX DE SANTE PUBLIQUE	
1. INTRODUCTION	3
2. DYNAMIQUE MONDIALE DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION DE VIANDE DE VOLAILLES	3
2.1. <i>Evolution de la production</i>	3
2.2. <i>Evolution de la consommation</i>	4
3. QUALITES NUTRITIONNELLES DE LA VIANDE DE VOLAILLES.....	5
3.1 <i>Protéines</i>	5
3.2 <i>Lipides</i>	5
3.3 <i>Minéraux</i>	6
3.4 <i>Vitamines</i>	7
3.5 <i>Valeur énergétique</i>	8
4. QUALITE HYGIENIQUE ET ENJEU DE SANTE PUBLIQUE	8
5. PRINCIPAUX CONTAMINANTS DE LA VIANDE DE VOLAILLES.....	9
5.1 <i>Principaux contaminants bactériens</i>	9
5.1.1 <i>Campylobacter</i>	10
5.1.2 <i>Salmonella</i>	10
5.1.3 <i>Listeria</i>	11
5.1.4 <i>Clostridium perfringens</i>	11
5.1.5 <i>Staphylococcus aureus</i>	11
5.2. <i>Principaux contaminants chimiques</i>	12
5.2.1 <i>Les mycotoxines</i>	12
5.2.2 <i>Métaux lourds</i>	12
5.2.3 <i>Pesticides</i>	13
5.2.4 <i>Dioxines et Polychlorobiphényle (PCB)</i>	13

5.2.5 Résidus des médicaments vétérinaires	13
--	----

CHAPITRE II : USAGES DES ANTIBIOTIQUES EN MEDECINE VETERINAIRE

1. DEFINITION D'UN ANTIBIOTIQUE.....	16
2. MODALITES D'UTILISATION DES ANTIBIOTIQUES	16
2.1 Le traitement métaphylactique	16
2.2 Le traitement thérapeutique	16
2.3 Le traitement prophylactique	16
2.4 Promoteur de croissance.....	16
3. ANTIBIOTIQUES LES PLUS UTILISÉS EN AVICULTURE	17
3.1 Les Béta-lactamines.....	17
3.2 Les tetracyclines	17
3.3 Aminoglycosides and aminocyclitols.....	17
3.4 Les macrolides.....	18
3.5 Les fluoroquinolones	18
3.6 Les polypeptides	18
3.7 Les sulfamides	19
4. RISQUES DE SANTÉ PUBLIQUE LIÉS À L'UTILISATION D'ANTIBIOTIQUES EN ELEVAGE	
4.1 Les résidus d'antibiotiques.....	19
4.1.1 Définition.....	19
4.1.2 Paramètres fixés pour la protection du consommateur	19
4.1.2.1 Limite maximale de résidus	20
4.1.2.2 Délai d'attente	20
4.1.3 Les effets des résidus des antibiotiques	20
4.1.3.1 Impact sur la santé du consommateur.....	20
a) Risques immunologiques.....	20
b) Risques toxicologiques	20
c) Risques microbiologiques.....	21
d) Risques technologiques	21
e) L'antibiorésistance.....	21
4.1.3.2 Impact environnemental	22

CHAPITRE III : METHODES DE RECHERCHES DES RESIDUS D'ANTIBIOTIQUES DANS LA VIANDE DE POULET DE CHAIR

1. METHODES MICROBIOLOGIQUES	25
1.1 Méthodes en boîtes	25

1.1.1	<i>Méthode des quatre boîtes</i>	25
1.1.2	<i>Méthode STAR (Screening Test for Antibiotic Residues)</i>	26
1.2	<i>Les kits commerciaux</i>	26
2.	MÉTHODES IMMUNOLOGIQUES	27
2.1.	<i>Test récepteurs</i>	27
2.2.	<i>Radioimmunoessais (RIA)</i>	27
2.3.	<i>Méthode immunoenzymatique (ELISA)</i>	27
3.	MÉTHODES PHYSICO-CHIMIQUES	28
3.1	<i>La chromatographie liquide à haute performance</i>	28
3.2	<i>La chromatographie sur couche mince (CCM)</i>	28
3.3	<i>La spectrométrie de masse</i>	29
3.4	<i>Spectrométrie de masse associée à la chromatographie liquide</i>	29
CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES		
1.	MATÉRIEL.....	32
1.1	<i>Equipements</i>	32
1.2	<i>Microorganisme et milieu de culture</i>	33
2.	ZONE D'ÉTUDE.....	33
3.	ECHANTILLONNAGE.....	33
4.	DETECTION DES RÉSIDUS D'ANTIBIOTIQUES	33
4.1	<i>Principe du test</i>	34
4.2.	<i>Prélèvements et stockage</i>	34
5.	PLAN EXPÉRIMENTAL	34
5.1	<i>Préparation des échantillons</i>	34
5.2	<i>Interprétation Des Résultats</i>	36
CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION		
1.	RESULTATS	39
1.1	<i>Distribution des échantillons selon les zones</i>	39
1.2	<i>Résultats globaux</i>	40
1.3	<i>Résultats selon les zones d'études</i>	40
2.	DISCUSSION	42
2.1	<i>Limites de l'échantillonnage</i>	42
2.2	<i>Résultats du Premi®Test</i>	43
3.	CONCLUSION	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		49

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 01 : PRODUCTION DE VIANDE DE VOLAILLE EN MILLIERS DE TONNES 1967–2026.	4
TABLEAU 02 : CONSOMMATION DE VIANDE DE VOLAILLE EN MILLIERS DE TONNES 1990 – 2026.	5
TABLEAU 03 : VALEUR NUTRITIVE DE LA VIANDE DE VOLAILLES.	6
TABLEAU 04 : TENEUR DE LA VIANDE DE VOLAILLE EN MINERAUX ET VITAMINES.	8
TABLEAU 05 : LMR DE QUELQUES ANTIBIOTIQUES CHEZ LE POULET DE CHAIR.....	20
TABLEAU 06 : DELAI D’ATTENTE POUR CERTAINS ANTIBIOTIQUES EN AVICULTURE.	20
TABLEAU 07 : DISTRIBUTION DES ECHANTILLONS SELON LES COMMUNES.....	39
TABLEAU 08 : TAUX DE CONTAMINATION DES ECHANTILLONS SELON LES SITES D’ECHANTILLONNAGE.	41

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: DECOUPAGE ET ENLEVEMENT DU FILM	35
FIGURE 2: EXTRACTION DE JUS DE VIANDE.....	35
FIGURE 3: PIPETAGE DU JUS DE VIANDE.....	35
FIGURE 4: PRE-INCUBATION	35
FIGURE 5 RINÇAGE A L'EAU DEMINERALISEE.....	36
FIGURE 6: INCUBATION A 64° C.....	36
FIGURE 7: CHANGEMENT DE COULEUR DU TEMOIN.....	36
FIGURE 8: ECHANTILLONS POSITIFS	36
FIGURE 9: LECTURE DES RESULTATS SUR PREMI®TEST	37
FIGURE 10: DISTRIBUTION DES ECHANTILLONS SELON LES ZONES	39
FIGURE 11: RESULTATS GLOBAUX DES ECHANTILLONS ANALYSES.....	40
FIGURE 12: RESULTATS SELON LES ZONES.....	41

LISTE DES ABREVIATIONS

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AFNOR : Association Française de Normalisation

AGI : Acides Gras Insaturés

AGMI : Acides Gras Monoinsaturés

AGPI : Acides Gras Polyinsaturés

AGS : Acides Gras Saturés

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

ANSES : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

C° : Degré Celsius

CCM : Chromatographie sur Couche Mince

CL-SM/SM : Spectrométrie de Masse Associée à la Chromatographie Liquide

cm³ : Centimètre Cube

DAOA : Denrée Alimentaire d'Origine Animale

ELISA : Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FSIS : Services d'Inspection et de la Sécurité Sanitaire des Aliments

g : Gramme

HAPC : Hydrocarbures Aromatiques Polychlores

HPLC : Chromatographie Liquide à Haute Performance

Kcal : Kilocalorie

kg : Kilogramme

LMR : Limites Maximales des Résidus

mg : Milligramme

MT : Millions de Tonnes

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCB : Polychlorobiphényle

RIA : Radioimmunoessai

UFC : Unité Formant Colonie

USDA : Département de l'Agriculture des États-Unis

VRC : Veterinary Residues Committee

µg : Microgramme

µl : Microlitre

الكشف عن متبقيات المضادات الحيوية في لحم الدجاج المسوق في ولاية خنشلة

الملخص:

تمثل متبقيات المضادات الحيوية خطرا على سلامة لحوم الدجاج حيث أصبحت مصدر قلق كبير لما لها من تأثير خطير على صحة المستهلكين. اذ تؤدي الى توليد آثار سلبية من فرط الحساسية، وازدياد ظهور الطفريات الجينية، والسرطان وكذلك ظهور سلالات بكتيرية مقاومة للمضادات الحيوية. هدفت هذه الدراسة الى تحري وكشف وجود متبقيات المضادات الحيوية بواسطة الفحص الميكروبيولوجي Premi®Test في لحم الدجاج الذي تم تسويقه في ولاية خنشلة حيث شملت هذه الدراسة بلديات كل من قايس، خنشلة وزوي. تم جمع 48 عينة من عضلة صدر الدجاج من جزاري البلديات الثلاثة المذكورة. وخلصت نتائج الدراسة الى وجود بقايا المضادات الحيوية في 21 عينة من أصل 48 عينة تم تحليلها، بما يعادل نسبة 43.75%. وكانت نتائج العينات الملوثة بكل من بلديات قايس وزوي وخنشلة 50%، 43.75% و37.5% على التوالي. إن وجود هذه المتبقيات وآثارها السلبية على صحة المستهلكين يجعل من الرقابة الدائمة إجراء هاما لضمان حماية المستهلكين.

الكلمات المفتاحية: متبقيات المضادات الحيوية، لحم الدجاج، Premi®Test، خنشلة.

Détection des résidus d'antibiotiques dans la viande de poulet de chair commercialisée dans la Wilaya de Khenchela

Résumé :

Les résidus d'antibiotiques représentent un risque potentiel pour l'innocuité des viandes de poulet et une préoccupation majeure en matière de santé publique du fait de leur impact grave sur la santé des consommateurs, en générant ainsi des effets néfastes d'hypersensibilité, mutagénicité, cancérogénicité et de la sélection des bactéries résistantes. Notre étude avait pour but d'investiguer la présence de résidus d'antibiotiques dans la viande de poulet commercialisée à la wilaya de Khenchela par la méthode microbiologique Premi®Test. L'étude a été menée dans les communes de Kais, Khenchela et Zoui. 48 échantillons des filets de poulets ont été prélevés dans les boucheries au sein des 3 communes. L'étude a révélé la présence des résidus d'antibiotiques dans 21 échantillons parmi les 48 échantillons analysés, soit 43,75 %, les résultats pour les échantillons contaminés ont été de l'ordre de 50 %, 43,75 % et 37,5 % respectivement dans les communes de Kais, Zoui et Khenchela. La présence de ces résidus ainsi que leurs effets néfastes sur la santé des consommateurs font de leur contrôle régulier une mesure importante pour assurer la protection des consommateurs.

Mots clés : Résidus d'antibiotique, viande de poulet, Premi®Test, Khenchela.

Detection of antibiotic residues in chicken meat marketed in Khenchela Governorate

Abstract:

Antibiotic residues represent a potential risk to the safety of chicken meat and a greater public health concern because of their serious impact on the health of consumers, thereby generating adverse effects of hypersensitivity, mutagenicity, carcinogenicity and selection of resistant bacteria. The purpose of the actual study was to investigate the presence of antibiotic residues in chicken meat marketed in the Khenchela Governorate by the means of the microbiological method of Premi®Test. The study was conducted in the cities of Kais, Khenchela and Zoui. 48 samples of chicken fillets were collected from butcher shops in the 3 cities. The study revealed the presence of antibiotic residues in 21 samples out of 48 samples analyzed, at a rate of 43.75%. the results for contaminated samples were of the order of 50%, 43,75% and 37,5% respectively in the cities of Kais, Zoui and Khenchela. The presence of these residues and their adverse effects on the health of consumers make their regular check-up an important measure to ensure the protection of consumers.

Key words: Antibiotic residues, Chicken meat, Premi®Test, Khenchela

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Lors de ces dernières décennies, les questions liées à la sécurité sanitaire des aliments ont pris une importance croissante dans l'esprit des consommateurs qui se préoccupent de plus en plus des risques pour la santé que présentent les microbes pathogènes et les substances chimiques potentiellement dangereuses contenus dans les aliments d'origine animale (**OMS, 2017**), en particulier avec l'évolution des pratiques agricoles et la demande accrue de viandes surtout de volailles qui sont propices à une hausse de l'incidence et ont augmenté le risque potentiel en matière de sécurité sanitaire des aliments.

Ce développement est principalement lié à l'essor d'une filière avicole industrielle avec des techniques d'élevage intensif, destinées à réduire les frais de production et à augmenter la rentabilité et de la standardisation de la qualité des viandes. L'élevage intensif entraîne une augmentation de l'utilisation d'antibiotiques dans le cadre des plans sanitaires pour éviter des épidémies due aux nombreuses maladies infectieuses d'étiologie bactérienne (**Mensah et al, 2014**).

L'une des conséquences de l'usage inconsidéré et abusif d'antibiotiques est la présence de résidus à l'état de traces dans la viande en particulier lorsque les délais d'attente ne sont pas respectés, Ces résidus peuvent compromettre la sécurité sanitaire des viandes et mettre en danger la santé du consommateur et générant ainsi des problèmes de toxicité, d'allergie, des effets mutagènes, cancérigènes et d'antibiorésistance (**Gaudin, 2016**).

L'une des préoccupations majeures des services spécialisés dans le domaine d'agroalimentaire dans les pays du monde est le contrôle sérieux et continu des résidus des antibiotiques dans la viande de poulets. En Algérie, le problème est grave car les données concernant la réglementation relative aux résidus de médicaments vétérinaires sont peu disponibles, et une quasi-absence de surveillance et de contrôle de ces résidus dans les denrées alimentaires d'origine animale (DAOA) ce qui met en péril la santé des consommateurs suite à la consommation de denrées contaminées (**Ramdane, 2015**).

Le contrôle des résidus d'antibiotiques est d'un grand intérêt permettant ainsi de protéger l'homme contre les effets néfastes de ces résidus. Il est généralement réalisé par des méthodes de dépistage telles que les méthodes microbiologiques les méthodes immunoenzymatiques et des méthodes physicochimiques dites de confirmation.

Bien qu'il n'existe pratiquement pas d'études en ce qui concerne la présence des résidus d'antibiotiques dans les viandes commercialisées dans la wilaya de Khenchela, nous souhaiterons alors faire le point sur la présence de résidus d'antibiotiques dans ces denrées, d'autant plus qu'il s'agit de molécules pharmacologiquement actives.

Dans ce contexte, ce travail a été entrepris afin de détecter la présence des résidus d'antibiotiques dans la viande de poulet commercialisée à Khenchela par le moyen de la méthode de dépistage microbiologique Premi®Test. Dans le but d'établir une première base d'informations, d'établir une évaluation des contaminations par les résidus et de participer à la sensibilisation de l'opinion à ce problème encore méconnu.

Le présent travail s'articulera autour de deux parties. La première expose une revue de la littérature qui comporte trois chapitres, dont le premier chapitre démontre l'évolution mondiale de la consommation de la viande de volaille, les intérêts et risques pour la santé publique liés à sa consommation. Alors que le deuxième chapitre est consacré à l'usage des antibiotiques en aviculture et les risques liés à la présence des résidus d'antibiotiques dans la viande de volaille. Tandis que le troisième chapitre décrit les différentes méthodes de dépistage de ces résidus.

Ensuite, la deuxième partie présente d'une part le protocole expérimental, d'autre part les résultats, leur discussion et enfin une conclusion accompagnée de recommandations et des perspectives qui clôturent ce travail.

**REVUE DE
LITTERATURE**

CHAPITRE I

LA VIANDE DE VOLAILLES INTERETS NUTRITIONNELS ET ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

CHAPITRE I : LA VIANDE DE VOLAILLES : INTERETS NUTRITIONNELS ET ENJEU DE SANTE PUBLIQUE

1. Introduction

Les consommateurs montrent un intérêt de plus en plus grand pour la qualité de leurs aliments. Quelles qualités nutritionnelles intrinsèques, quelles quantités à consommer, tout cela restant soumis à l'arbitrage du prix. Dans ce contexte, la viande de volailles présente l'avantage d'être un aliment peu onéreux, sûr, qui ne souffre d'aucun interdit religieux. Par la qualité de ses protéines et lipides, et sa densité en vitamines et minéraux biodisponibles, la viande de volailles est un aliment de choix (**Laporte et al, 2016**).

2. Dynamique Mondiale de la Production et de la Consommation de Viande de Volaille :

2.1 Evolution de la production :

Selon la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), la volaille est le principal facteur de croissance de la production de viande, essentiellement sous l'effet de l'augmentation de la demande mondiale de cette source de protéine animale, moins onéreuse que d'autres produits carnés, diététique et adaptable à la plupart des climats. Les coûts de production et les prix des produits ont contribué à faire de la volaille la viande préférée des producteurs et des consommateurs dans les pays en développement (**OCDE/FAO, 2016**).

Comme l'indique le tableau 1, en 2017, la production mondiale de volaille atteindrait, selon les estimations de la FAO 116,8 millions de tonnes (MT). La quantité de viande de volaille produite a augmenté de près de 900 % depuis 1967, elle est passée de 12,9 MT à plus de 118 MT aujourd'hui et représente aujourd'hui 38 % de la production totale de viandes, contre seulement 14 % il y a 50 ans (**OCDE/FAO, 2017**).

La FAO prévoit une hausse de la production mondiale de volaille en 2026 de 1,4 % par rapport à 2017 soit 131.6 MT sera produites dans le monde (**OCDE/FAO, 2018**).

Tableau 01 : Production de viande de volaille en Milliers de tonnes 1967–2026
(OCDE/FAO, 2018).

	1967	1983	1990	2000	2010	2017	2018	2026
Monde	12900	..	..	69381	99047	116832	119376	131609
Pays Développés	3300	..	..	32458	40790	44981	45593	52756
Pays en développement	66546	..	15350	36923	58257	71850	73783	78852
Pays Moins Avancés	..	476	607	927	1924	2525	2630	3244
Europe	..	..	..	11757	16164	17743	17927	22233
Afrique	..	881	1394	2185	3142	3805	3914	4177
Algérie	..	97	171	239	259	277	279	328
Amérique Latine et Caraïbes	1000	3485	5114	12424	22277	27125	27683	29215
Asie	1700	..	8843	22315	32838	40921	42186	45460

2.2. Evolution de la consommation :

Les données de la FAO disponibles sur la consommation de viande indiquent une baisse générale depuis la fin des années 1990, seule la consommation individuelle de volaille connaît une forte hausse. La viande de volailles jouit de nombreux atouts expliquant entre autres le développement de sa consommation.

Au niveau mondial, la consommation de viande de volaille (majoritairement de poulet) a enregistré en 2016 une progression rapide, et a supplanté la viande porcine en tant que protéine animale préférée. Cette croissance semble devoir se poursuivre selon les projections de la FAO pour atteindre 131,6 MT d'ici à 2026, soit une augmentation de 300 % par rapport à 1992. Elle est passée de 44,7 MT en 1992 à 116,6 MT en 2017 (OCDE/FAO, 2017).

A l'égard de la plupart des pays du monde, l'Algérie a connu, connaisse et connaîtra des changements similaires. La consommation de volaille a peu évolué entre 1992 (0,24 MT) et 2017 (0,29 MT) et continue à progresser pour atteindre les 0,33 MT en 2026 avec une augmentation proche de 140 % (OCDE/FAO, 2017).

Selon la FAO le marché international de la viande devrait augmenter de l'ordre de 60 % dans les deux prochaines décennies et la part de la volaille passer de 38 % à 45 % sous la pression conjointe de la croissance démographique et de l'élévation rapide du niveau de vie dans de nombreux pays, aux modes de consommation alimentaire, à l'élevage et aux prix à la consommation (OCDE/FAO, 2017).

Tableau 02 : Consommation de viande de volaille en Milliers de tonnes 1990 – 2026
(OCDE/FAO, 2018).

	1992	2000	2010	2016	2017	2018	2020	2026
Monde	44 786	68990	98724	114023	116619	119165	124150	131 607
Pays Développés	..	30942	39301	42293	42747	43338	44164	49343
Pays en développement	..	38047	59423	71730	73872	75827	79987	82265
Pays Moins Avancés	740	1184	2721	3312	3430	3535	3798	4454
Europe	..	12024	16922	18058	18175	18283	18473	21341
Afrique	1630	2477	4111	4963	5115	5265	5614	5889
Algérie	193	245	269	291	295	299	306	337
Amérique Latine et Caraïbes	6296	11993	19514	23108	23640	24114	25182	25586
Asie	..	23577	35798	43659	45117	46448	49191	50790

3. Qualités Nutritionnelles de la Viande de Volailles :

La qualité nutritionnelle de la viande correspond à leur capacité à satisfaire les besoins nutritionnels de l’homme (**Lebret et Picard, 2015**). L’intérêt nutritionnel incontestable de la viande de volailles en fait un produit alimentaire très intéressant pour l’homme du point de vue nutritionnel.

3.1 Protéines :

Non seulement la viande de volaille est riche en protéines, mais leur qualité nutritionnelle est de haute valeur biologique, La teneur en protéines est beaucoup plus variable entre le filet et la cuisse avec une différence de près de 4 g, la moyenne étant de (20-22%) environ (Tableau 03). Cependant, elle peut atteindre 34,5% au niveau du filet (**Tome, 2008 ; Pereira et Vicente, 2013**).

Ainsi, leur composition en acides aminés essentiels répond parfaitement aux besoins de l’homme. Le profil en acides aminés est relativement constant entre muscles et espèces, les viandes de volailles sont riches en lysine, leucine, acides aspartique et glutamique, ce dernier étant l’acide aminé le plus représenté chez le poulet. En revanche, elles sont plutôt pauvres en tryptophane et méthionine. D’autre part, la digestibilité de ces protéines est très élevée grâce à sa teneur faible en collagène (**Bordoni et Danesi, 2017**).

3.2 Lipides :

Parmi l’ensemble des constituants des muscles de volailles, la composante lipidique est sans nul doute une des plus variables. Comparativement à d’autres types de viande, la volaille

semble avoir une teneur en lipides relativement faible avec un taux moyen proche des 2 g/100 g de viande. La teneur en lipides totaux et leur composition en acides gras sont très variables selon l'espèce et le morceau considérés et principalement de la présence et/ou l'absence de la peau. Ces lipides sont constitués en partie d'acides gras qui se répartissent en trois classes : les acides gras saturés, les monoinsaturés (AGMI) et les polyinsaturés (AGPI) (tableau 03). Deux classes d'AGPI sont distinguées : les AGPI n-6 appelés encore oméga 6 et les AGPI n-3 ou oméga 3, mais sa composition lipidique est remarquable par sa forte teneur en acides gras insaturés avec plus de 60% et un rapport oméga 6/oméga 3 de 0,47 (Brunel et al. 2006).

Si on considère l'ensemble des lipides des muscles de poulet, c'est la cuisse qui est la plus grasse avec 3,9 g/100 g, le filet ne contenant que 1,33 g. Ce dernier est riche en acides gras insaturés (AGI) avec un pourcentage de 62,5 dont plus de la moitié en acides gras monoinsaturés (AGMI). La cuisse en contient sensiblement les mêmes teneurs, mais contrairement au filet, elle est plus riche en cholestérol (Brunel et al. 2006). Ainsi, la viande de volailles constitue une source d'acides gras indispensables, l'acide palmitique et stéarique ainsi qu'en acides oléique et linoléique, c'est aussi une source d'acides gras polyinsaturés à longue chaîne tels que l'acide arachidonique (Bordoni et Danesi, 2017).

Tableau 03 : Valeur nutritive de la viande de volailles (Ricke, 2017).

Nutriment	Unité	Teneur (/100 g)	Nutriment	Unité	Teneur (/100 g)
Protéines	g	22.5	Eau	g	75
Isoleucine	g	1.21	Valeur Energétique	Kcal	215
Leucine	g	1.57	Hydrates de Carbone	g	0
Lysine	g	1.71	Fibres	g	0
Méthionine	g	0.62	Lipides	g	1.2
Phénylalanine	g	0.87	AGI	g	4
Thréonine	g	0.89	AGMI	g	6
Tryptophane	g	0.27	AGPI	g	3
Valine	g	1.07	Cholestérol	mg	66

3.3 Minéraux :

Il est difficile de donner des valeurs précises pour les concentrations en minéraux et vitamines de la viande tant la composition en certains de ces oligoéléments peut varier notamment sous l'effet de l'alimentation des volailles (Biesalski et Nohr, 2009). La viande

de volaille constitue une source importante de sélénium avec environ 10 µg/100 g chez le poulet et 6-7 µg / 100 g chez la dinde (**Pereira et Vicente, 2013**). Elle affiche également une teneur assez faible en fer héminique dans le filet qui contient la plus faible teneur (0,4 mg / 100 g), tandis que celle du cheval possède la teneur la plus élevée en fer (3,9 mg /100 g).

Le zinc est aussi un micronutriment d'intérêt essentiel pour l'homme. La teneur en zinc dans la volaille varie selon les espèces et les coupes, allant de 2,68 mg/100 g dans les cuisses de dinde sans peau jusqu'à 0,67 mg/100 g dans le filet de poulet. D'autre part elle contient peu de magnésium (en moyenne 25mg/100g) et une teneur importante en potassium et en phosphore. Enfin, la faible teneur en sodium (en moyenne 70mg/100g) fait de la viande de volailles un aliment intéressant lors d'un régime hyposodé (Tableau 04) (**Bordoni et Danesi, 2017**).

3.4 Vitamines :

Outre les oligo-éléments, la viande de volailles apporte des vitamines qui sont indispensables à la croissance, à la reproduction et au fonctionnement de l'organisme humain qui ne peut les synthétiser lui-même. Elle est la source alimentaire idéale de vitamine B12 et de la majorité des vitamines hydrosolubles. Alors que la viande rouge est la plus abondante en termes de vitamine B12, la volaille fournit une quantité importante de niacine.

La niacine (vitamine B3) est la vitamine la plus abondamment représentée avec une teneur de 8.3 mg/100 g. Les autres vitamines hydrosolubles sont bien présentes que ce soit dans le muscle de poulet, dinde ou pintade (la vitamine B8 n'étant pas mentionnée dans les références). Alors que les vitamines B1 et B6 ont des teneurs assez faibles dans la viande de poulet et de dinde, la pintade étant légèrement plus riche en vitamine B1.

En revanche, les données bibliographiques concernant la teneur des viandes de volailles en vitamines liposolubles (A, D, E, K) sont très peu nombreuses. Il semble néanmoins que cette quantité soit très faible, la vitamine D étant présente à l'état de traces uniquement (**Brunel et al, 2006**).

Tableau 04 : Teneur de la viande de volailles en Minéraux et Vitamines (Ricke, 2017).

Minéraux	Unité	Teneur (/100 g)	Vitamines	Unité	Teneur (/100 g)
Calcium, Ca	mg	14	Thiamine	mg	0,06
Fer, Fe	mg	0,4	Riboflavine	mg	0,12
Magnésium, Mg	mg	25	Niacine	mg	8,3
Phosphore, P	mg	147	Vitamine B6	mg	0,35
Potassium, K	mg	189	Folate	µg	6
Sodium, Na	mg	70	Vitamine B12	µg	0,31
Zinc, Zn	mg	2,68	Vitamine A	µg	25
Sélénium, Se	µg	10	Vitamine E	mg	0,3

3.5 Valeur énergétique :

La viande de volailles affiche un apport calorique qui varie en fonction de la présence / absence de la peau avec une valeur plus élevée dans les cuisses de poulet (196 kcal / 100 g) contre (100 kcal / 100 g) dans le filet de poulet sans peau. En général, la présence de peau augmente la valeur calorique d'environ 25% à 30% (**Bordoni et Danesi, 2017**).

4. Qualité Hygiénique et Enjeu de Santé Publique :

Au cours des trois ou quatre décennies écoulées, les inquiètes des consommateurs vis-à-vis de leur alimentation carnée se sont accrues. Outre, les risques nutritionnels viennent s'ajouter les risques microbiologiques, ainsi que des craintes qui portent sur les contaminants chimiques. (**Coumoul, 2015**).

Ainsi, la qualité nutritionnelle intrinsèque de la viande de volailles est indéniable et pourrait contribuer à améliorer le statut nutritionnel de la population, voire la durabilité de notre système alimentaire. Sa consommation n'est pas incriminée en tant que telle dans le déterminisme des maladies métaboliques et cardiovasculaires (diabète, athérosclérose) et le cancer colorectal surtout, contrairement à celui qui a été observé lors de la consommation élevée de viandes rouges en particulier en lien avec leur composition élevée en acides gras saturés et en fer héminique (**Etemadi et al, 2017**).

En revanche, les risques liés à la sécurité sanitaire de viande de volailles concernent d'une part, les agents pathogènes bactériens. Ainsi, de nombreuses études épidémiologiques confirment que la viande de volaille constitue une source majeure de propagation des agents pathogènes et des organismes résistants à l'origine des maladies d'origine alimentaire tel que

Salmonella, *Campylobacter*, *Listeria* qui deviennent un problème mondial de plus en plus important et coûteux (**Ricke, 2017**).

D'autre part, la viande de volailles peut être le vecteur de divers résidus chimiques nocifs tels que ; les métaux lourds, les pesticides et notamment les antibiotiques, qui génèrent ainsi un impact négatif, sur l'organisme humain suite à un usage massif d'antibiotiques au sein des élevages avicoles (**Arsi et Donoghue, 2017**).

Les principaux facteurs de risque pour l'émergence de ces dangers biologiques et chimiques étaient la demande accrue sur la viande de volailles associée à un système de production et de consommation alimentaire mondialisé. En conséquence de ce système, la sécurité alimentaire est de plus en plus scrutée et remise en question par le public. (**Ricke, 2017**).

Du point de vue santé publique, l'attention doit porter non seulement sur les intérêts nutritionnels de la viande mais aussi sur les aspects de sécurité qui concerne essentiellement l'hygiène des aliments avec l'établissement de procédures visant à éliminer ou à réduire les dangers biologiques et chimiques (**Rama et Singh, 2017**).

5. Principaux contaminants de la viande de volailles :

Les viandes sont soumises à de multiples sources de contamination liées à la longueur et la complexité de leur parcours de l'étable à la table du consommateur. L'évolution des modes de production, de distribution, de préparation et de consommation soulève de nouveaux problèmes de salubrité des aliments. Ce contexte favorise l'apparition de toxi-infections connues ou nouvelles qui peuvent être dues à des agents microbiologiques ou chimiques. (**Daube, 2002**).

5.1. Principaux contaminants bactériens :

Pendant toutes les étapes de la production, la volaille risque d'être infectée par plusieurs types de bactéries pouvant être transportées de manière asymptomatique par la volaille mais pathogènes pour l'homme. (**Weill, 2008**).

Les principaux agents pathogènes responsables des maladies d'origine alimentaire liées à la consommation de produits avicoles sont *Campylobacter jejuni*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* et *Staphylococcus aureus* (**Rama et Singh, 2017**).

5.1.1 *Campylobacter* :

Les *Campylobacter* sont responsables d'infections variées chez l'homme, principalement de gastroentérites. Ce sont des bactéries commensales de l'intestin de nombreux animaux domestiques et sauvages dont les déjections peuvent souiller les eaux stagnantes et les sols environnants. Ces bactéries ne peuvent pas se multiplier dans le milieu extérieur mais peuvent y persister et contaminer ainsi l'environnement. La volaille, principalement les poulets constituent le principal réservoir à l'origine des infections chez l'homme. La contamination se fait principalement par ingestion de viande de poulet contaminée insuffisamment cuite. Les infections sont le plus souvent sporadiques et les épidémies rarement rapportées (**Leflon-Guibout et Munier, 2016**).

Campylobacter spp sont isolées tout au long de la production avicole, y compris lors de l'abattage. Il a été démontré que la rupture viscérale au cours de l'opération d'éviscération entraîne une augmentation de *Campylobacter* de 0,9 unités log₁₀ par carcasse (**Boysen et al, 2009**).

5.1.2 *Salmonella* :

Le réservoir des bactéries du genre *Salmonella* est principalement le tube digestif des vertébrés. La sous-espèce *S. enterica* est plutôt adaptée aux animaux à sang chaud et à l'homme. Parmi les sérotypes de cette sous-espèce, certains sont strictement humains (*S. Typhi*, *S. Paratyphi*), d'autres sont inféodés aux animaux (**Weill, 2008**). Les *Salmonelles* non spécifiques à l'hôte sont commensales chez la volaille et peuvent persister dans le tractus gastro-intestinal. Ils sont principalement asymptomatiques mais sont responsables de gastroentérites chez l'homme (**Revolledo et al, 2012**).

L'exemple type est *S. Typhimurium* qui est généralement reconnue le sérotype le plus répandu chez les volailles, ce sérotype étant principalement associé à la viande de volaille. Les *Salmonelles* non typhiques font partie des principaux agents responsables de zoonoses alimentaires. En général, Le risque d'infection pour l'homme est associé à la consommation d'aliments contaminés, principalement les œufs et la viande de volaille (**Huang, 2009**).

5.1.3 *Listeria* :

Listeria monocytogenes est une bactérie largement répandue dans l'environnement. Son réservoir est large et ubiquitaire, on retrouve cette bactérie sur le sol ainsi que dans le tube digestif de porteurs sains (hommes et animaux) (Malvy, 2011).

Ses capacités à persister dans l'environnement industriel et de leur large dissémination via le monde animal sont à l'origine de la contamination des aliments à partir des matières premières animales et constituent un problème récurrent pour l'industrie agroalimentaire, malgré l'utilisation de la chaîne du froid. *L. monocytogenes* peut persister durant de longues périodes aux différentes étapes de la chaîne de production industrielle y compris sur des surfaces inertes sur lesquelles elle forme des biofilms (Lourenço et al, 2018).

5.1.4. *Clostridium perfringens* :

C. perfringens est une bactérie très ubiquitaire largement répandue dans tout l'environnement. L'Homme et les animaux sains peuvent être porteurs de *C. perfringens* dans leur tube digestif. Mais le nombre de *C. perfringens* dans le contenu digestif est faible 10 à 10³/g. *C. perfringens* est un contaminant fréquent des produits alimentaires, notamment ceux d'origine animale. Ces produits peuvent être contaminés soit lors de la phase d'éviscération à l'abattoir, soit à partir de l'environnement souillé. La bactérie est transmise à l'Homme par l'ingestion de plats cuisinés, notamment ceux à base de viande. L'intoxication alimentaire à *C. perfringens* survient uniquement après consommation d'aliments lourdement contaminés par une souche entérotoxigène de cette bactérie (Mocanu et al, 2018 ; Malvy, 2011).

5.1.5. *Staphylococcus aureus* :

Staphylococcus aureus est un pathogène majeur de l'homme. C'est une bactérie commensale de la flore cutanéomuqueuse de l'homme et des animaux. Les toxi-infections sont associées à la production d'entérotoxines 2 à 6 heures après l'ingestion d'aliments contaminés (produit laitier, viande) par *S. aureus* contenant des entérotoxines thermostables préformées (Brière, 2014). La contamination de l'aliment est le plus souvent d'origine humaine. Cette contamination de l'aliment par l'Homme peut avoir lieu par contact direct ou indirect (Rama, 2017).

5.2. Principaux contaminants chimiques :

Les contaminants chimiques dans les aliments d'origine animale sont de deux types :

- D'une part, des contaminants présents dans le milieu et transférés aux animaux surtout par voie alimentaire ; par exemple, les pesticides, les métaux lourds, les dioxines et les mycotoxines ;
- D'autre part, des molécules issues des traitements effectués sur les animaux ; c'est le cas notamment avec les médicaments vétérinaires et les vitamines (**Keck, 2002**).

5.2.1. Les mycotoxines

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires sécrétés par des moisissures appartenant principalement aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*. La présence de mycotoxines dans les aliments destinés à la consommation humaine est potentiellement dangereuse en raison de leurs effets toxique, carcinogènes, immunosuppressives, hépatotoxiques ou neurotoxiques (**Parent-Massin, 2013**).

La plupart des mycotoxines sont thermostables. En sécurité alimentaire, il y a six familles de mycotoxines qui, si elles sont présentes dans l'alimentation à des doses suffisantes, peuvent faire courir des risques aux consommateurs. Ce sont les aflatoxines, les ochratoxines, les fumonisines, les trichothécènes, la patuline et la zéaralénone (**Parent-Massin, 2013**).

5.2.2. Métaux lourds

La viande de volaille peut être contaminée par des éléments toxiques tels que l'arsenic, le cadmium ou le plomb à la suite d'un contact avec les matériaux à la ferme ou tout au long de la chaîne de production. Ces trois éléments toxiques sont connus pour induire des effets néfastes sur la santé du consommateur (**Kurnaz, 2011**). Les métaux peuvent être absorbés par les volailles par voie respiratoire, gastro-intestinale ou cutanée. Ils se fixent alors notamment sur les globules rouges ou sur les protéines du plasma du fait de leur affinité pour les métalloprotéines (**Filazi, 2017**).

5.2.3. Pesticides

Sont désignés comme pesticides, les substances chimiques utilisées en agriculture comme moyen de lutte contre les différentes sortes de nuisibles. Ils sont classés généralement selon la nature des nuisibles ciblés : les insecticides, les herbicides, les fongicides, les nématicides, les molluscides et hélicides (utilisés contre les limaces et les escargots), les rodenticides, les corvicides et les corvifuges (utilisés contre les oiseaux ravageurs), les répulsifs (utilisés pour éloigner des mammifères) (**Mouthon, 1998**).

Les résidus de pesticides utilisés comme traitement phytosanitaires sont eux aussi problématiques car ils vont être retrouvés dans notre alimentation notamment via les produits végétaux, l'eau et les animaux d'élevage qui les consomment. L'utilisation des pesticides peut conduire à la présence de résidus dans les aliments (**Coumoul et al, 2015**).

5.2.4. Dioxines et Polychlorobiphényle (PCB) :

Ces composés organochlorés, souvent appelés HAPC (hydrocarbures aromatiques polychlorés), dont les dioxines sont les plus toxiques, comprennent notamment les PCB (polychlorobiphényles), mais également bien d'autres composés. Leur présence dans les aliments est issue de pollutions environnementales suivies d'une bioaccumulation dans les tissus animaux (**Coumoul et al, 2015**). La plupart des PCB sont cancérigènes et sont des polluants persistants, qui s'accumulent dans l'environnement et au long des chaînes alimentaires. Leur formation est essentiellement liée aux activités humaines, industrielles et domestiques. L'exposition moyenne des populations se fait à plus de 95 % par voie alimentaire, en particulier par ingestion de graisses animales. Les volailles constituent des sources moindres, en raison de leur mode d'élevage en bâtiments (**Filazi, 2017**).

5.2.5. Résidus de médicaments vétérinaires :

Les médicaments vétérinaires sont généralement prescrits pour le traitement et la prévention des maladies compromettant principalement les coccidies, les parasites, les champignons et les infections bactériennes chez les volailles, y compris aussi des vitamines et minéraux. De nos jours, une grande partie de l'usage de ces médicaments dans l'aviculture est prophylactique dont principalement des substances anticoccidiennes et des promoteurs de croissance antibactériens. Les systèmes de production de volaille sont étroitement liés à la santé animale et humaine ; ce qui a également un effet direct sur l'environnement. De ce fait, les tissus comestibles de volaille peuvent contenir des résidus d'antibiotiques, qui

pourraient avoir des effets nocifs sur la santé humaine, comme des effets toxicologiques, une hypersensibilité, un changement de la microflore intestinale et une résistance accrue aux antibactériens. L'élevage intensif entraîne une augmentation de l'utilisation d'antibiotiques pour éviter des épidémies dans les cheptels. Malheureusement, là encore, une utilisation incontrôlée et massive fait courir le risque de voir apparaître des microorganismes antibiorésistants (**Mouthon, 1998 ; Sanders, 2017**).

CHAPITRE II

USAGES DES ANTIBIOTIQUES EN MEDECINE VETERINAIRE

CHAPITRE II : USAGES DES ANTIBIOTIQUES EN MEDECINE VETERINAIRE

1. Définition d'un antibiotique :

Selon Turpin et Velu on appelle antibiotique "tout composé chimique, élaboré par un organisme vivant ou produit par synthèse, à coefficient chimiothérapeutique élevé dont l'activité thérapeutique se manifeste à très faible dose, d'une manière spécifique, par l'inhibition de certains processus vitaux, des micro-organismes ou même de certaines cellules des êtres pluricellulaires" (Cohen *et al*, 2008).

2. Modalités d'utilisation des antibiotiques :

Les antibiotiques chez les animaux sont utilisés selon quatre modalités :

2.1. Le traitement métaphylactique :

Il vise à restaurer, maintenir la santé des animaux et permettre ainsi leur bon état de santé. L'usage des antibiotiques en thérapeutique vétérinaire assure ainsi une maîtrise de la propagation des germes ce qui garantit la sécurité aux consommateurs et répond par conséquent aux objectifs de santé publique (Sanders, 2017).

2.2. Le traitement thérapeutique :

Il est prescrit à titre curatif pour traiter un animal ou un groupe d'animaux malades du fait d'une infection d'étiologie bactérienne (Riviere *et al*, 2018 ; Sanders, 2017).

2.3. Le traitement prophylactique :

Les antibiotiques sont prescrits à des fins de prévention de maladies d'étiologie bactérienne. Administrés à des animaux sans signes cliniques de pathologie, ils préviennent le risque d'infection pendant des phases critiques pour l'animal. Le traitement préventif peut être administré à des individus ou à des groupes d'animaux dans le cadre des plans sanitaires d'élevage (Riviere *et al*, 2018 ; Sanders, 2017).

2.4. Promoteur de croissance :

Les antibiotiques sont utilisés à faibles doses comme additifs alimentaires sur une longue période dans l'alimentation des animaux, permettant un effet préventif sur certaines infections bactériennes mais aussi une modification de la composition de la microflore

intestinale entraînant alors une meilleure assimilation des aliments par les animaux et une augmentation de leur vitesse de croissance (**Chardon et al, 2014**).

3. Antibiotiques les plus utilisés en aviculture :

Les groupes d'antibiotiques les plus couramment utilisés chez les volailles sont les bêtalactames, les polypeptides, les aminoglycosides, les macrolides, les tétracyclines, les sulfonamides, les quinolones et les fluoroquinolones (**Hofacre et al, 2013**).

3.1. Les Bêtalactamines :

Les bêtalactamines constituent la famille la plus diversifiée et la plus importante parmi les antibiotiques, caractérisée par une activité bactéricide, avec un spectre d'activité d'étendue variable, centré sur les germes à Gram positif (**Landoni et al, 2015**).

La pénicilline G est la pénicilline la plus couramment utilisée dans la production avicole, particulièrement pour traiter les infections à *Clostridium* responsables d'entérites nécrotiques (**Gadbois et al, 2008**) et la pasteurellose ou choléra aviaire. Les pénicillines à spectre plus large, l'amoxicilline et l'ampicilline sont efficaces contre les infections à Gram négatif telles que *E. Coli* (Huang et al, 2009), et les infections secondaires dans les maladies respiratoires chroniques causées par *E. coli*, *Pasteurella multocida*, *Salmonella spp.* et aussi pour le contrôle et le traitement de l'entérite nécrotique (*C. perfringens*) (**Landoni et al, 2015**).

3.2. Les Tétracyclines

Les tétracyclines constituent une famille d'antibiotiques caractérisée par une activité bactériostatique à spectre très large (actifs contre les bactéries Gram négatives, Gram positives, les protozoaires, les *Rickettsies*, les *Chlamydies* et les *Mycoplasmes*), ce groupe (chlortétracycline, la tétracycline et l'oxytétracycline) est probablement celui qui est le plus couramment utilisé en aviculture en raison de son large spectre, de sa grande marge de sécurité et de son délai d'attente nul pour les œufs (**Riviere et al, 2018**).

3.3. Aminoglycosides et aminocyclitoles :

Les aminosides sont des antibiotiques doués d'une puissante activité bactéricide ayant un spectre d'activité comprenant des bactéries aérobies à Gram négatif telles que les *Entérobacteriaceae* et les *Pseudomonas* et des *Staphylocoques*.

Ce groupe est représenté par la néomycine qui est indiquée principalement pour traiter les entérites du fait de son effet local car elle n'est pas absorbée de manière significative après administration orale dans la nourriture ou dans l'eau (Marret et al, 2000). Tandis que la streptomycine est partiellement absorbée après administration orale et est indiquée pour le traitement des infections systémiques à *E. coli* (Landoni et al, 2015).

Deux aminocyclitoles sont homologués pour la volaille, à savoir l'hygromycine et la spectinomycine. L'hygromycine est administrée dans l'alimentation exclusivement pour son effet anthelminthique. Alors que la spectinomycine, en raison de sa faible biodisponibilité après administration orale est administrée dans l'eau de boisson pour le traitement local des infections à *E. coli* (AbuBasha, 2007).

3.4. Les Macrolides :

Les macrolides sont en aviculture synonymes de traitements de maladie respiratoire chronique, leur spectre d'activité est en général relativement peu large, portant sur les germes Gram positifs et les *Mycoplasmes*.

L'érythromycine est le macrolide le plus fréquemment employé. A spectre relativement large, il est efficace contre les bactéries Gram positives, les *Mycoplasmes* et quelques micro-organismes Gram négatifs. En outre, La tylosine est un antibiotique spécifiquement vétérinaire, il est utilisé dans le traitement et la prévention de la maladie respiratoire chronique des gallinacées, sinusite infectieuse du dindon (Landoni et al, 2015). La tilmicosine est efficace pour lutter contre les infections à *Mycoplasmes*, à *Pasteurella multocida* et à *Ornithobacterium rhinotracheale* (Landoni et al, 2015).

3.5. Les Fluoroquinolones

Sont représentées par l'enrofloxacin, la marbofloxacin, la danofloxacin, la difloxacin en médecine vétérinaire. Les quinolones sont des antibiotiques à large spectre. Elles sont très efficaces contre les *Mycoplasma*, *E. coli*, *Pasteurella spp*, *Klebsiella pneumoniae*, *Haemophilus*, *Neisseria*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* (Landoni et al, 2015).

3.6. Les Polypeptides :

La bacitracine est un complexe de nature polypeptidique produite par *Bacillus subtilis*. Elle est couramment utilisée comme promoteur de croissance, pour diminuer la mortalité

des poussins et peut également être utilisée pour traiter les infections bactériennes entériques à *Clostridium perfringens* des poulets du fait qu'elle n'est pas absorbée beaucoup dans le tractus gastro-intestinal (**Riviere et al, 2018**).

3.7. Les Sulfamides

Bien qu'ils soient les agents chimiothérapeutiques les plus anciens ils sont doués d'une activité antibiotique bactériostatique à spectre large dirigée aussi contre les bactéries à Gram positif (*Staphylocoques*, *Streptocoques*, *Clostridium*) qu'à Gram négatif (*Pasteurella*, *Salmonella*, *E. coli*), ainsi que des propriétés anticoccidiennes. Ils présentent aussi un intérêt particulier dans le traitement de l'entérite nécrotique due à *Clostridium perfringens* (**Landoni et al, 2015**).

4. Risques de Santé Publique Liés à L'utilisation D'antibiotiques En Elevage :

Malgré un intérêt majeur de recourir aux antibiotiques en élevage dans la lutte contre les maladies infectieuses bactériennes, leur administration peut conduire à la présence de résidus d'antibiotiques dans les denrées alimentaires issus de ces animaux et à la sélection de bactéries résistantes à ces antibiotiques (**Sanders, 2005**).

4.1. Les résidus d'antibiotiques :

4.1.1. Définition :

Selon le Codex Alimentarius, les résidus sont définis comme toutes substances pharmacologiquement actives, exprimées en mg/kg ou g/kg sur la base du poids frais, qu'il s'agisse de substances actives, d'excipients ou de produits de dégradation, ainsi que leurs métabolites restant dans les aliments produits à partir d'animaux (**Codex Alimentarius**).

4.1.2. Paramètres fixés pour la protection du consommateur :

Afin de s'assurer que les consommateurs auront un risque très faible d'exposition aux résidus d'antibiotiques, des limites maximales des résidus (LMR) et un délai d'attente sont fixées après évaluation des données toxicologiques disponibles (**Sanders, 2015**).

4.1.2.1. Limite maximale de résidus (LMR) :

C'est la concentration maximale de résidus légalement tolérée du médicament vétérinaire (en ppm) en question dans un aliment issu d'un animal auquel celui-ci a été administré (Anses, 2018 ; Codex Alimentarius, 2015). Le tableau 05 montre les LMR de quelques antibiotiques fixés par le Codex Alimentarius.

Tableau 05 : LMR ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de quelques antibiotiques chez le poulet de chair.

Antibiotique	Muscle	Foie
Tetracycline	200	600
Neomycine	500	500
Spectinomycine	500	2000
Streptomycine	600	600
Flumequine	500	500
Danofloxacin	200	400
Tylosine	100	100
Erythromycine	100	100
Spiramycine	200	600
Colistine	150	150
Lincomycine	200	500

4.1.2.2. Délai d'attente

C'est le temps entre la dernière administration du médicament et la mise à la consommation des denrées alimentaires issues des animaux traités. Il est défini de façon à ce que les denrées alimentaires issues des animaux traités avec le médicament vétérinaire ne contiennent pas de résidus à des concentrations au-dessus des LMR (Anses, 2018).

Tableau 06 : Délai d'attente pour certains antibiotiques utilisés en aviculture

Antibiotique	Délai d'attente (jours)
Tylosine	3–5
Erythromycine	1
Pénicilline G	1
Amoxicilline	5
Ampicilline	5
Bacitracine	0
Neomycine	0–7
Streptomycine	4
Chlortétracycline	5
Oxytétracycline	7
Sulphaquinoxaline	10–14
Enrofloxacin	3–7

4.1.3. Les effets des résidus médicamenteux :

Le non-respect du délai d'attente ou l'utilisation non conforme à l'autorisation de mise sur le marché (AMM) du produit aura comme conséquence la présence de résidus qui peuvent compromettre la sécurité sanitaire des denrées et mettre en danger la santé du consommateur, leur impact est de plusieurs ordres (**Sanders, 2017 ; Mehdi et al, 2018**) :

4.1.3.1. Impact sur la santé du consommateur :

Ces résidus peuvent présenter différents types de risques pour le consommateur :

a) Risques immunologiques :

Certains résidus, particulièrement des pénicillines, des tétracyclines, des sulfamides et des fluoroquinolones, pouvant être à l'origine de réactions de type allergique (**Chardon et al., 2014**). Elles se manifestant chez les individus préalablement sensibilisés par des réactions d'hypersensibilité (urticaire, œdème de Quincke) ou entraîner un effet sensibilisant, selon la nature et la quantité des résidus. Sont les plus fréquentes dans les cas d'exposition aux résidus surtout ceux des pénicillines qui sont indexés (les acides pénicilloïque, pénicillinique) (**Nisha, 2008**).

b) Risques toxicologiques :

Au plan toxicologique, les résidus étant le plus souvent présents en quantités très faibles, de l'ordre du microgramme (μg) comme l'indiquent les LMR, peuvent générer des problèmes de toxicité (effets sur la reproduction, sur le développement foetal, effets mutagènes, effets cancérigènes, etc.). Les effets potentiels étant le plus souvent à long terme, il est très difficile d'établir des liens de causalité (maladies apparaissant 20 ou 40 ans après exposition, troubles affectant la descendance) (**Jeon et al, 2008**).

Le risque cancérigène quant à lui semble être associé aux résidus issus de deux familles d'antibiotiques principalement : les nitrofuranes et les nitroimidazoles. En effet, les résidus provenant des réactions de nitro-réduction de ces antibiotiques sont fortement électrophiles et donc capables de réagir avec l'ADN (**Nisha, 2008**). D'où l'apparition des effets mutagènes et carcinogènes (tumeurs). Pour éviter ces risques, les nitrofuranes sont aujourd'hui interdits en production animale dans de nombreux pays, dont tous ceux de l'Union Européenne depuis 1993 (Règlement CEE 2901/93).

Un autre antibiotique, le chloramphénicol qui est incriminé dans l'apparition d'une forme d'anémie aplasique non-dose dépendante et irréversible, dite idiosyncratique chez l'homme a été également interdit en élevage dans de nombreux pays (**Mehdi, 2018**).

c) Risques microbiologiques :

D'un point de vue microbiologique, un des risques pour l'homme est l'ingestion de résidus d'antibiotiques avec le risque de perturber la flore intestinale normale, ils peuvent notamment, modifier la résistance à la colonisation du microbiote intestinal (effets barrières), modifier la répartition des principales espèces le composant et contribuer également à la sélection de bactéries résistantes aux antibiotiques et aux transferts de gènes de résistance au sein du microbiote (**Cerniglia et al, 2005**).

d) Risques technologiques :

La présence de traces d'antibiotiques dans la matière première représente un enjeu majeur pour l'innocuité de la viande car ils peuvent potentiellement avoir des impacts en santé humaine. Ils peuvent également avoir des répercussions technologiques en perturbant les procédés de fabrication des produits de charcuterie nécessitant l'utilisation de ferments spécifiques (**Gaudin, 2016**).

e) L'antibiorésistance :

L'objectif thérapeutique d'un traitement antibiotique est de réduire la taille de la population de bactéries pathogènes au site de l'infection pour permettre leur élimination et la guérison. Un des risques associés est la sélection de la résistance à l'antibiotique chez ces bactéries pathogènes pour les animaux, pouvant conduire à une inefficacité thérapeutique chez l'animal (**Sanders, 2017**).

L'usage des antibiotiques en élevage crée une pression de sélection des bactéries résistantes en réduisant le nombre de bactéries sensibles présentes dans le microbiote intestinal des animaux. Cette sélection des bactéries résistantes sera d'autant plus forte que le nombre d'animaux traités simultanément sera grand. Les bactéries commensales (*E. coli*) au sein du microbiote peuvent évoluer vers un accroissement du nombre de souches résistantes, augmentant le nombre de gènes de résistance (**Sanders, 2017**).

Au sein de leur microbiote intestinal, des bactéries pathogènes pour l'homme telles que des souches de *Salmonelles* et de *Campylobacter* peuvent être également présentes. Celles-

ci peuvent contaminer les denrées alimentaires et être à l'origine de toxi-infections d'origine alimentaire. La sélection de souches résistantes aux antibiotiques chez ces bactéries zoonotiques peut conduire à une inefficacité lors de traitement chez l'homme comme en témoignent les décès observés au Danemark avec une souche de *S. Typhimurium* DT104 provenant d'une viande de porc contaminé ou l'épidémie d'infections à *Campylobacter* résistants aux quinolones aux États-Unis. Ces différentes catégories de bactéries : pathogènes pour les animaux, pour l'homme, commensales partent dans l'environnement (Sanders, 2017).

4.1.3.3. Impact environnemental :

Les élevages industriels d'animaux apportent une contribution locale parfois importante à la contamination des différents compartiments de l'environnement par les antibiotiques. Ces antibiotiques peuvent être dispersés directement dans l'environnement lors du traitement des animaux d'élevage, ou par les aliments et les déjections de ces animaux dans les prairies, ou indirectement en cas d'épandage des lisiers et fumiers dans les sols destinés à l'agriculture. Les pluies peuvent ensuite entraîner les substances les plus hydrophiles vers les eaux souterraines et les eaux de surface (Haguenoer, 2010).

Ces résidus peuvent influencer les biomasses bactériennes de l'environnement que ce soit dans les eaux, les sols, les stations de traitement des eaux, ou les réseaux de distribution d'eau potable, ainsi la sélection de bactéries résistantes aux antibiotiques s'effectue pour les bactéries présentes dans l'environnement des animaux du fait de la présence d'antibiotiques ou de leurs résidus actifs dans les excréments animaux (urine, fèces) (Haguenoer, 2010). Pour ces différents types de bactéries, le principal risque est la sélection de gènes de résistance aux antibiotiques portés par des éléments génétiques mobiles pouvant être transférés à des bactéries sensibles de différentes espèces bactériennes selon différents mécanismes (transformation, transduction et conjugaison) (Sanders, 2005).

De plus, l'utilisation de doses non thérapeutiques d'antibiotiques pour l'élevage sélectionne aussi des bactéries résistantes de tube digestif des animaux et permet leur rejet massif par les excréta dans les lisiers, fumiers puis dans les sols et les eaux (Sanders, 2017).

CHAPITRE III

METHODES DE RECHERCHE DES RESIDUS D'ANTIBIOTIQUES DANS LA VIANDE DE POULET

CHAPITRE III : METHODES DE RECHERCHE DES RESIDUS D'ANTIBIOTIQUES DANS LA VIANDE DE POULET

Les analyses pour les résidus dans les denrées alimentaires, sont effectuées avec des méthodes validées de dépistage, de quantification et de confirmation de leur présence. Les méthodes utilisées pour rechercher les résidus d'antibiotiques sont basées sur des principes microbiologiques, immunologiques et chimiques. Des tests d'inhibition bactérienne sont utilisés pour la détection des résidus d'antibiotiques dans les viandes, poissons et lait. La chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse est utilisée pour l'identification et la quantification des résidus d'antibiotiques dans les viandes (**Gaudin, 2016**).

1. Méthodes Microbiologiques :

Elles sont principalement utilisées pour la détection des résidus d'antibiotiques et sont basées sur la sensibilité des souches bactériennes à l'action des antibiotiques et sur la spécificité d'action des antibiotiques. Généralement un milieu gélosé est inoculé avec une bactérie sensible et les résidus d'antimicrobiens vont diffuser dans la gélose, à partir de l'échantillon. L'inhibition de la croissance bactérienne indique la présence de composés antimicrobiens. Les méthodes microbiologiques sont capables de détecter une large gamme de résidus d'antibiotiques et leurs principales classes (**Gaudin, 2016 ; Pikkemaat, 2009**).

Les méthodes microbiologiques peuvent être classées en deux catégories :

- Les méthodes intra-laboratoire sont le plus souvent des méthodes en boîtes.
- Les kits commerciaux sont le plus souvent des tests en ampoules ou en microplaques.

1.1 Méthodes en boîtes :

1.1.1 Méthode des quatre boîtes :

C'est la méthode officielle de dépistage des résidus d'antibiotiques dans les viandes. Il s'agit de 4 boîtes de Petri de diffusion en géloseensemencées de deux espèces bactériennes de référence sensibles aux substances à activité antibiotique, *Bacillus subtilis*, cultivée 18 h à 30° C à trois pH différents (6, 7.4, 8) et *Micrococcus luteus* cultivé 24 h à 37° C à pH 8.

L'échantillon à analyser est déposé sur les boîtes de Petri. La croissance des micro-organismes est appréciée dans les conditions optimales de culture du micro-organisme. Si l'échantillon contient des traces d'antibiotiques, il en résulte une croissance ralentie ou

inhibée du micro-organisme test autour de l'échantillon. Le résultat est donné par la taille des zones annulaires d'inhibition, dépendant de la nature et de la concentration des antibiotiques présents dans l'échantillon. Ainsi les échantillons positifs sont ceux qui donnent une zone d'inhibition au moins égale à 2 mm de largeur dans l'une au moins des quatre boîtes (Pikkemaat, 2009).

1.1.2. Méthode STAR (Screening Test for Antibiotic Residues) :

Elle est destinée à la détection qualitative des résidus d'antibiotiques les muscles des porcs, des bovins, des ovins et des volailles en utilisant des souches bactériennes sensibles aux antimicrobiens. Cette méthode est basée sur cinq boîtes de Pétri différentes (Five-Plate Test) pour détecter des familles spécifiques d'antimicrobiens, ensemencées avec différentes souches bactériennes. Des échantillons de muscle de 2 mm d'épaisseur et de 8 mm de diamètre sont placés sur les boîtes. Après incubation, en présence de résidus, une zone d'inhibition autour de l'échantillon de viande apparaîtra (Gaudin, 2010).

Ces méthodes en boîtes permettant d'analyser seulement de 20 à 60 échantillons et présentent un avantage d'orienter vers l'identité de la famille d'antibiotiques présente dans l'échantillon. En effet, le choix d'une bactérie particulière et d'un milieu adapté permet d'orienter la détection plus spécifiquement vers une famille d'antibiotiques (Gaudin, 2016).

1.2. Les kits commerciaux :

Ce sont le plus souvent des tests en ampoules (eg. Premi®Test, Explorer 2.0) commercialisés prêts à l'emploi. Un seul germe est ensemencé dans le milieu, le plus souvent *Bacillus stearothermophilus*.

D'un point de vue pratique, ces tests constituent une alternative intéressante aux méthodes en boîtes car ne nécessitant aucun appareillage, seulement une presse à viande ou à ail pour obtenir du jus de la viande et un incubateur ou un bain Marri à la température appropriée. Les résultats sont disponibles après un temps d'incubation compris entre 2 à 3 heures. Ainsi l'utilisation de spores au lieu de cellules végétatives permet une durée de conservation prolongée (Gaudin, 2008 ; Pikkemaat, 2009).

Seulement un maximum de 40 à 60 échantillons peut être analysé par des tests en tubes. La famille de la substance donnant un résultat positif ne peut être identifiée car ces tests commerciaux sont basés sur l'utilisation d'un seul germe (Gaudin, 2016).

2. Méthodes Immunologiques :

Leur principe est basé sur la détection de l'interaction entre un anticorps et un antigène. Les anticorps peuvent être polyclonaux, monoclonaux ou recombinants, en fonction de leurs propriétés sélectives et la façon dont ils sont synthétisés. En raison de la petite taille des molécules d'antibiotiques, le principe d'immunoessai sandwich n'est pas applicable. En conséquence, toutes les méthodes développées pour le dépistage des résidus d'antibiotiques dans les denrées alimentaires sont basées sur un immunoessai compétitif, c'est-à-dire que le signal est inversement proportionnel à la concentration en antibiotiques dans l'échantillon (Franek, 2005). Parmi ces méthodes immunologiques on distingue :

2.1. Test récepteurs

Les tests récepteurs utilisent une bandelette réactive sur laquelle un ligand récepteur est fixé sur une bande de membrane. L'échantillon à analyser est appliqué sur la bandelette et laissé en contact pour interagir avec le récepteur. Comme il s'agit d'un immunoessai compétitif, le signal diminue quand la concentration en résidus dans l'échantillon augmente. Les résultats peuvent être interprétés par observation visuelle directe des lignes de test et de contrôle ou par un lecteur optique dédié. Les résultats sont généralement disponibles entre 2 et 8 minutes après le début de l'analyse (Link, 2007 ; Gaudin, 2016).

2.2. Radioimmunoessais (RIA)

Cette technique nécessite un marquage préalable de l'analyte avec une molécule radioactive. Dans le domaine de la détection des résidus d'antibiotiques dans les aliments, le test Charm II® est reconnu et encore utilisé pour le dépistage des antibiotiques. Le test Charm II® est un compteur à scintillation liquide qui permet de tester un large éventail de résidus d'antibiotiques dans les tissus.

2.3. Méthode immunoenzymatiques (ELISA) :

Les tests ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay) sont aussi basés sur l'interaction d'un anticorps avec un analyte. La technique ELISA nécessite la production préalable d'un conjugué qui consiste en une enzyme couplée à un analyte. Ensuite, la détection se fait en ajoutant un substrat, qui va être transformé en un produit coloré sous l'action de l'enzyme. Dans la majorité des cas, les tests ELISA sont ciblés sur la détection d'un antibiotique ou d'une famille d'antibiotiques.

En conclusion, les méthodes immunologiques de dépistage sont applicables à de nombreuses matrices, mais pour une variété d'analytes réduite. De plus, leur simplicité et leur rapidité est contrebalancée par le marquage nécessaire de l'analyte avec une enzyme ou un fluorophore (conjugaison) et souvent une trop grande spécificité.

3. Méthodes Physico-chimiques:

Le contrôle officiel est principalement réalisé par des méthodes Spectrométrie de masse associée à la chromatographie liquide (CL-SM/SM). Une méthode de dépistage doit détecter une large gamme d'antibiotiques, à faible coût, et pouvoir analyser un nombre élevé d'échantillons (Gaudin, 2016).

3.1. La chromatographie liquide à haute performance :

Elle permet la séparation des constituants d'un mélange qui peut se faire aux fins de détection/analyse/dosage. La chromatographie en phase liquide est la plus utilisée. Les constituants du mélange liquide vont se partager de façon préférentielle selon leurs propriétés physicochimiques entre les deux phases, stationnaire et mobile. Le mélange contenant les résidus à doser, est déposé via un injecteur et poussé à travers la colonne contenant la phase par la phase mobile propulsée par les pompes. Les substances du mélange ayant plus d'affinité pour la phase stationnaire fixée dans la colonne vont y rester plus longtemps que celles ayant plus d'affinité pour la phase dite mobile, qui circule à travers la colonne. La caractéristique physicochimique principale intervenant dans le partage entre les deux phases est la polarité des molécules à séparer.

En sortie de colonnes, les différents constituants qui ont été séparés passent dans un détecteur où ils sont quantifiés. Le signal émis par le détecteur est mesuré en continu. Chaque fois qu'un composé passe dans la cuve, entraîné par la phase mobile, un pic apparaît. La quantification se fait par mesure de la hauteur ou la surface du pic (Jehl, 2016).

3.2 La chromatographie sur couche mince (CCM) :

C'est une technique d'analyse pour séparer les constituants d'un mélange. Elle repose principalement sur des phénomènes d'adsorption et sur le principe de la capillarité : la phase mobile est un solvant ou un mélange de solvants, qui progresse le long d'une phase stationnaire fixée sur une plaque de verre ou sur une feuille semi-rigide de matière plastique

ou d'aluminium. Généralement, en chromatographie sur couche mince, les substances de faible polarité migrent plus rapidement que les composants polaires.

3.3. La spectrométrie de masse :

La spectrométrie de masse est une technique d'analyse qui permet la détermination des masses moléculaires des composés analysés ainsi que leur identification et leur quantification. Elle est fondée sur la séparation et la détection d'ions formés dans une source d'ionisation. Ces ions proviennent de la molécule à analyser. Ces ions fragments permettent d'obtenir des informations structurales sur la molécule analysée. Elle permet souvent le dosage de plusieurs molécules simultanément, qu'elles appartiennent à la même famille, ou qu'elles aient des spectres antibactériens identiques (**Jehl, 2016**).

3.4 Spectrométrie de masse associée à la chromatographie liquide :

Actuellement, la spectrométrie de masse est facilement couplée aux méthodes séparatives telles que la chromatographie en phase liquide. Cette technique de couplage entre chromatographie et spectrométrie de masse permet de séparer (chromatographie) et d'identifier (spectrométrie de masse) simultanément les différents constituants d'un mélange. Ce couplage entre chromatographie liquide et spectromètre de masse offre une gamme de composés analysables plus étendue (**Menet, 2011 ; Pivert, 2008**).

PARTIE
EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

Ce chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre les objectifs de l'étude.

Pour parvenir à ces objectifs, la recherche de résidus d'antibiotiques a été effectuée selon la méthode Premi®Test qui est un test de détection microbiologique à large spectre, spécialement mis au point pour la détection dans la viande fraîche, de la présence de résidus d'antibiotiques ou de sulfamides à un niveau égal ou inférieur à la plupart des LMR.

1. Matériel :

1.1. Equipements :

- Ampoules contenant du *Bacillus stearothermophilus var. calidolactis*
- Seringue doseuse
- Embouts de seringues jetables
- Presse-ail
- Paire de ciseaux
- Becher
- Portoir pour tubes
- Incubateur
- Minuteur
- Plateau en acier
- Sacs stériles
- Balance
- Réfrigérateur (Congélateur)
- Porte lame de bistouri
- Lames de bistouri stériles

- Glacière électrique
- Eau déminéralisée

1.2 Microorganisme et milieu de culture :

Kit prêt à l'emploi comprenant *Bacillus stearothermophilus var. calidolactis* qui est utilisé comme organisme test. Un nombre standardisé de spores est enrobé dans un excipient solide de gélose contenant des nutriments sélectionnés.

2. Zone d'étude :

L'étude a été réalisée dans la Wilaya de Khenchela. Les prélèvements des différents échantillons ont été faits en mois de mai 2018 dans trois communes :

- Kais
- Khenchela
- Zoui

3. Echantillonnage :

Vu l'absence d'unités d'abattage avicoles modernes agréées au niveau de la Wilaya de Khenchela et l'existence uniquement d'unités d'abattage traditionnelles, les échantillons ont été collectés directement auprès des boucheries implantées dans les trois communes.

16 échantillons de filet de poulet ont été prélevés dans les boucheries au niveau de chacune des communes de Kais, Khenchela, Zoui avec un total de 48 échantillons élémentaires qui ont été collectés.

4. Detection Des Résidus D'antibiotiques :

Pour cette étude, nous avons utilisé comme matériel d'analyse des kits de détection Premi®Test obtenus auprès de (R-Biopharm - Saint -Didier au Mont d'Or - France). La méthode Premi®Test est une méthode officielle (DGAL / SDRRCC/N2006-8240) (**Beverley et al, 2001**) de détection des antibactériens dans les jus de viande dans de nombreux pays et très employée pour le bovin, le porc, les volailles (**Stead et al, 2005**).

4.1 Principe du test :

La méthode Premi®Test est normée (certificat AFNOR : DSM-28/1-06/06). C'est un test basé sur l'inhibition du développement de *Bacillus stearothermophilus*, un microorganisme sensible à de très nombreux résidus d'antibiotiques et de sulfamides (**Gaudin et al, 2006 ; Gaudin et al, 2008**).

Un nombre standardisé de spores est enrobé dans un excipient solide de gélose contenant des nutriments sélectionnés. Lorsque le jus de viande aura été ajouté dans l'ampoule de Premi®Test et mis en incubation à 64° C, les spores vont germer et produisent l'acide lactique responsable du virage d'un indicateur de pH coloré (pourpre de bromocrésol). Ces spores germées vont se multiplier et acidifier le milieu en l'absence de substances inhibitrices, ceci se traduira par un changement de couleur de l'indicateur qui virera du violet au jaune.

Si les résidus d'antimicrobiens sont présents en quantité suffisante (au-dessus du seuil de détection), le germe ne se développera pas et la couleur restera violette.

Cette coloration est évaluée par rapport à celle obtenue pour un échantillon témoin ne contenant pas de substances inhibitrices.

4.2. Prélèvements et stockage

Un poids de 50 g a été respecté pour chaque prélèvement. Les échantillons ont été prélevés entre 8 et 10 heures du matin avec du matériel stérile (porte lame de bistouri, pince). Chaque échantillon a été emballé séparément, mis dans un sachet stérile hermétiquement fermé et étiqueté. Sur chaque étiquette, le code de l'échantillon, la date, l'heure et le lieu de prélèvement ont été mentionnés. Les échantillons ainsi prélevés sont placés et transportés dans une glacière électrique. Ils sont acheminés le plus rapidement possible au laboratoire pour être congelés à une température de -18° C.

5. Plan Expérimental :

5.1 Préparation des échantillons :

Les échantillons ont été préparés selon les instructions et recommandations du fabricant du kit (R-Biopharm).

Avec une paire de ciseaux nous avons découpé le nombre d'ampoules nécessaires et enlevé prudemment le film de protection recouvrant ces dernières (Figure 1). Ensuite les échantillons ont été sortis du congélateur et déposés sur un plateau en acier inoxydable. Après avoir laissé décongeler les viandes à température ambiante, un morceau de 2 cm³ (environ 10 g) a été découpé sur chaque échantillon à l'aide d'un bistouri et pressé pour obtenir 250 µl de jus (Figure 2). Pour chaque prélèvement 100 µl de jus ont été pipetés dans l'embout et versé sur la gélose (Figure 3), puis laissé à température ambiante pendant 20 minutes pour une pré-incubation (Figure 4).



Figure 1 : Découpage et enlèvement du film

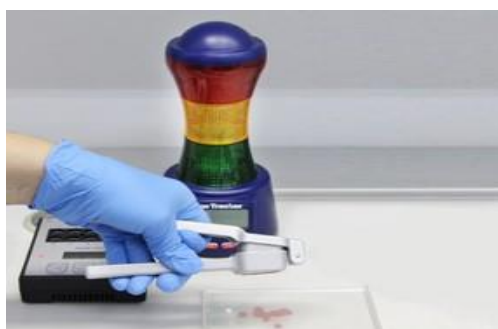


Figure 2 : Extraction de jus de viande



Figure 3 : Pipetage du jus



Figure 4 : Pré-incubation

Après rinçage deux fois de suite de l'ampoule avec l'eau déminéralisée (Figure 5), et fermeture de celle-ci avec le film fourni pour éviter l'évaporation, l'ensemble ainsi qu'un témoin négatif étaient placés dans un incubateur à 64°C pendant quelques heures ce qui permettait de tuer les autres bactéries non résistantes à la chaleur (Figure 6). Un témoin négatif était réalisé à partir de jus de viande de volaille élevée spécifiquement sans antibiotique (Figure 7). Les résultats du test sont obtenus dès que le virage coloré du témoin négatif était fait (environ 3 heures) (figure 7 et 8).



Figure 5 : Rinçage à l'eau déminéralisée



Figure 6 : Incubation à 64° C

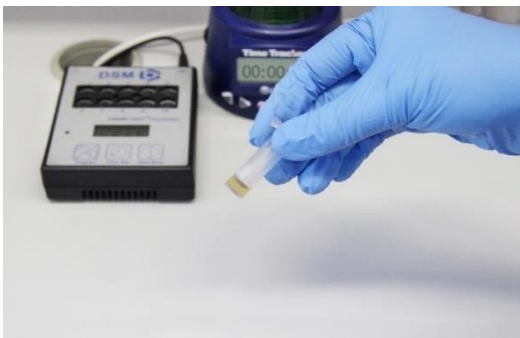


Figure 7 : Changement de couleur du témoin

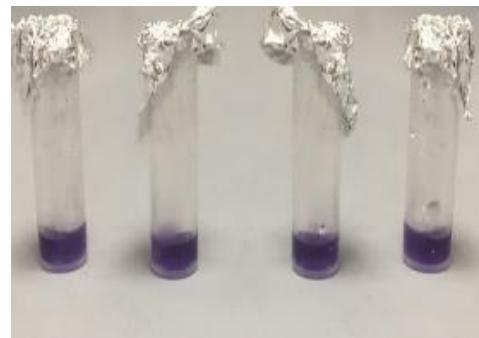


Figure 8 : Echantillons positifs

5.2 Interprétation Des Résultats :

La lecture du résultat « positif/négatif » se limite à une comparaison de couleurs. En l'absence d'antibiotiques, les spores germent et se développent, entraînant l'acidification du milieu et un changement de couleur. Si l'échantillon vire nettement du violet au jaune, cela signifie que la quantité de composés antimicrobiens se situe en dessous des limites de détection du Premi®Test. Inversement, en présence d'antibiotiques, les spores ne se développent pas, elles sont inhibées par l'antibiotique : une couleur violette indique un taux d'antibiotiques supérieur ou égal à la limite de détection du test.

La coloration jaune du milieu après incubation indique que l'échantillon ne contient pas de substances inhibitrices à un niveau décelable. Le maintien de la coloration violette du milieu indique la présence de substances inhibitrices dans la viande comme le montre la figure qui suit (Figure 09).



Figure 09 : Lecture des résultats sur Premi®Test ; (A) : Test négatif, (B) : Test positif.

CHAPITRE VI

RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION

1 Résultats:

1.1 Distribution des échantillons selon les zones :

Les échantillons ont été prélevés dans différentes boucheries qui sont réparties sur les 3 communes dans la zone d'étude Kais, Khenchela et Zoui. En outre, ces échantillons ont été collectés à des intervalles afin de garantir que l'échantillonnage soit représentatif. Au total, 48 échantillons ont été collectés dans les différentes communes et ont été catégorisés comme nous montre le tableau 05 et la figure 10.

Tableau 07 : Distribution des échantillons selon les communes :

Zone	Total	Pourcentage
Kais	16	33,33%
Khenchela	16	33,33%
Zoui	16	33,33%
Total	48	
Pourcentage	100%	100%

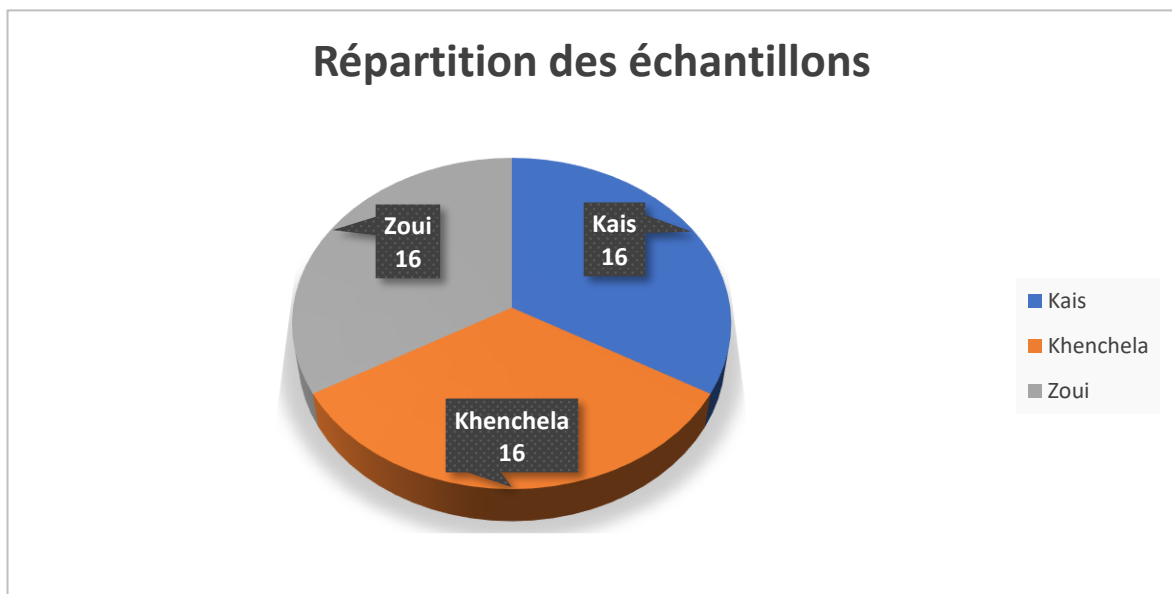


Figure 10 : distribution des échantillons selon les zones

1.2 Résultats globaux :

A l'issue de ces essais, sur un total de 48 échantillons analysés, 21 sont contaminés par des résidus d'antibiotiques. Le taux de contamination global est de 43,75 % (figure 11). Plusieurs échantillons ont été révélés positifs aux résidus. Ces échantillons contaminés sont répartis comme suit :

- 8 proviennent de Kais, soit 38,09% ;
- 6 proviennent de Khenchela, soit 28,57%
- 7 proviennent de Zoui, soit 33,33%

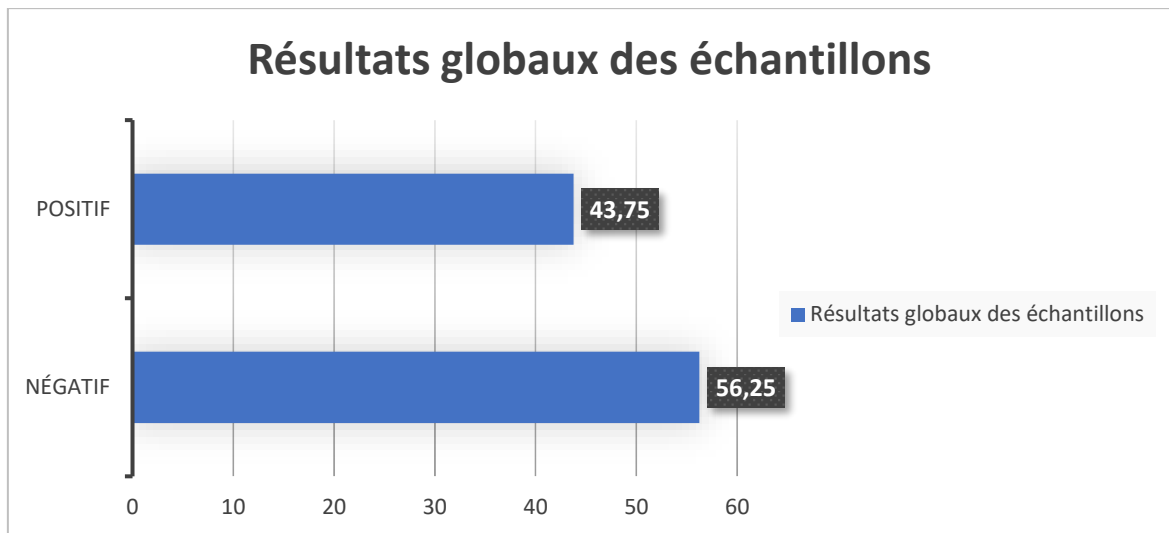


Figure 11 : Résultats globaux des échantillons analysés.

1.3 Résultats selon les zones d'études :

Le tableau 06 nous montre les proportions d'échantillons positifs au sein de chacune des communes de la zone d'étude.

Tableau 08 : Taux de contamination des échantillons selon les sites d'échantillonnage

Zone	Kais	Khenchela	Zoui	Total
Analysés	16	16	16	48
Contaminés	8	6	7	21
Taux de contamination	50%	37,5%	43,75%	43,75%

Au regard du tableau 06, Il apparait clairement que les échantillons en provenance des trois communes sont contaminés. Le taux de contamination le plus élevé est détecté dans la commune de Kais avec un taux avoisinant les 50 % avec 8 échantillons contaminés parmi les 16 analysés, les 8 restants se sont révélés négatifs, soit 50 %. Alors que, la commune de Zoui, les résidus d'antibiotiques ont été détectés dans 7 échantillons des 16 investigués soit un taux de 43,75% des positifs pour un taux de 56,24 % des négatifs. Tandis que, les échantillons en provenance de la commune de Khenchela, ont le moins de résidus détectés, ainsi sur les 16 échantillons prélevés 6 étaient contaminés soit un taux de 37,5 % des positifs, le reste des échantillons étant négatifs et représente un taux de 62,5 %. Ce taux des échantillons contaminés est plus faible que celui enregistré dans les deux autres communes (Figure 12).

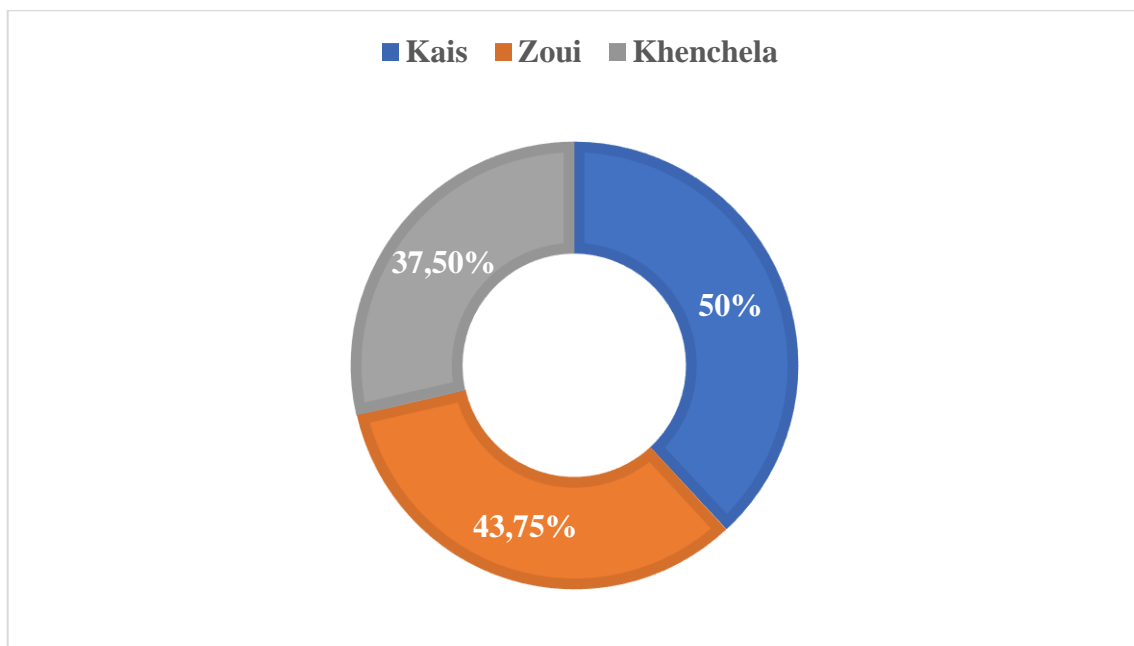


Figure 12 : Résultats selon les zones.

2. Discussion

Dernièrement, les résidus des antimicrobiens dans les denrées d'origine animale ont attiré beaucoup d'attention dans différents pays du monde pour assurer la sécurité sanitaire des aliments. De nombreux pays ont établi des programmes de surveillance et de contrôle pour éviter la présence de ces résidus dans les DAOA. Actuellement, l'Algérie ne dispose pas de réglementation concernant l'utilisation des antimicrobiens ainsi que leurs LMR dans les aliments. De plus, il n'y a aucun système pour surveiller la présence de ces résidus dans les DAOA en Algérie. De ce fait, le dépistage des DAOA destinées à la consommation humaine en vue de la présence de résidus d'antibiotiques est avéré essentiel pour assurer la sécurité sanitaire de ces aliments.

La présente étude a pour objectifs d'investiguer la présence des résidus d'antibiotiques dans la viande de poulet commercialisée à Khenchela. La viande de poulet a été choisie parce qu'elle est la viande la plus consommée par les habitants de cette Wilaya. En plus, aucune étude antérieure concernant les résidus antimicrobiens dans la viande a été réalisée au niveau de la wilaya de Khenchela.

Les méthodes de dépistage sont la première étape dans la détermination de la présence des résidus dans les DAOA, parmi lesquelles on distingue les méthodes microbiologiques, immunoenzymatiques et des méthodes physicochimiques.

Dans cette étude, la méthode Premi®Test qui est une méthode officielle et normée a été utilisée en raison de son faible coût et de son large spectre permettant ainsi d'analyser un grand nombre d'échantillons en peu de temps.

2.1. Limites de l'échantillonnage

Les échantillons recueillis ne présentent qu'une très faible partie de la quantité de viandes consommées et ne prennent pas en compte le reste des communes de la Wilaya de Khenchela. En outre, compte tenu de certaines limites (coût du kit surtout), le nombre d'échantillons analysés (48) bien que n'étant pas proprement dit représentatif de la population des volailles abattues quotidiennement au niveau de la Wilaya, laisse une marge d'erreur pour des critiques. En outre, notre étude s'étant déroulée pendant quelques jours, il aurait été intéressant de réaliser une étude avec un échantillonnage plus étalé sur toute l'année.

2.2 Résultats du Premi®Test :

La présente étude a révélé la présence de résidus d'antibiotiques dans la viande de poulet échantillonnée à la wilaya de Khenchela avec une contamination de 43,75% (21/ 48) avec un taux légèrement plus élevé dans la commune de Kais (50%) et dans la commune de Zoui (43,75%) que dans la commune de Khenchela (37,50%). Cette étude a utilisé une méthode de dépistage qualitative pour détecter la présence de résidus d'antibiotiques ; il ne pourrait donc pas être possible de prouver leur dépassement des limites maximales de résidus. Une méthode de confirmation comme HPLC était nécessaire pour l'identification et la quantification des ces résidus dans les échantillons. Ces méthodes n'ont pas été utilisées dans cette recherche en raison de leur coût élevé.

Des études similaires ont été réalisées en Algérie ou dans d'autres pays avec des méthodes semblables ou beaucoup plus avancées et ont également révélé la présence de résidus d'antibiotiques à des teneurs aussi variables dans les viandes de volailles. En effet, en Algérie de nombreuses études ont rapporté la présence des résidus, les études effectuées à Tizi-Ouzou par (**Harhoura et al, 2010**) portant sur la recherche des résidus d'antibiotiques dans le poulet de chair ont révélé un taux global de contamination de 71,97 %. Une autre étude faite à Boumerdes par **Benmohand et al. (2010)** sur 30 carcasses de poulet, ils ont détecté des résidus de pénicilline G sur la totalité des échantillons. Des résultats similaires ont été rapportés par **Benghalem et al. (2016)** avec un taux de contamination de 64% des échantillons au niveau des trois régions étudiés (Tlemcen, Ain Témouchent et Sidi Bel Abbès).

A l'échelle mondiale, plusieurs études ont été effectuées en vue de rechercher la présence de ces résidus. En Arabie Saoudite, **Al-Ghamdi et al. (2000)** ont détecté un taux de 69,7 % d'échantillons contaminés dans les 33 poulaillers de poulets de chair échantillonnés. Dans une étude égyptienne faite par (**Karmi, 2014**), des taux élevés des résidus ont été détectés à un taux de 90 %. En Iraq, (**Shareef et al, 2009**), ont rapporté la contamination par les résidus de 39 échantillons sur un total de 75, soit un taux de 52 %. Dans une étude similaire menée au Soudan par (**Hind et al, 2014**), a révélé que 27% des 221 échantillons contenaient des résidus. (**Kabir et al. 2004**) ont investiguer la présence des résidus d'antimicrobiens dans des poulets abattus dans l'État de Kaduna au Nigéria, environ 33% des poulets de chair ont été contaminés.

Dans une autre étude réalisée également au Nigeria (**Ezenduka et al, 2014**), 70 échantillons ont été dépistés par Premi®Test, les résultats globaux ont révélé que 60% étaient positifs.

Une étude Bulgare par **Pavlov et al. (2008)** sur les denrées alimentaires d'origines aviaires ont révélé un taux global de contamination de 1,7 %. En Belgique, les travaux de **Okerman et al. (2001)** ont révélé une contamination de 18 des 228 poulets de chair (7,9%) par les résidus.

Les enquêtes menées dans les pays où des règlements officiels ont été établis montrent que les réglementations ont réussi à maîtriser ce problème. Par exemple, au Royaume-Uni, la surveillance des résidus des médicaments vétérinaires dans les aliments en 2007 a révélé que les infractions constatées pour tous les produits étaient inférieures à 0,5%. En effet, un échantillon de viande de poulet sur 1158 avait des résidus de sulfadiazine au-dessus des seuils des LMR (**VRC Survey, 2008**).

Aux États-Unis, en 2012, les Services d'inspection et de la sécurité sanitaire des aliments (Food Safety and Inspection Service FSIS) a analysé 1474 échantillons de viande provenant de poulets de chair et de dinde pour la recherche de composés chimiques y compris des médicaments vétérinaires. Les échantillons analysés ont été exemptes de toute sorte de composés chimiques (**USDA, 2012**).

La présence des résidus d'antibiotiques dans les DAOA, comme rencontrée dans la présente étude a fait l'objet de plusieurs études et a été largement rapporté dans la littérature par de nombreux auteurs dans les différentes régions du monde. Elle a concerné non seulement les produits avicoles mais tous les produits animaux, à savoir les viandes et les abats de différentes origines, les œufs, le lait et le miel.

Dans le cas de notre étude, plusieurs facteurs peuvent être en relation avec la prévalence des résidus d'antibiotiques. Cette augmentation peut résulter de la variation saisonnière puisque les échantillons ont été prélevés sur des animaux élevés en période hiver-printemps, une période où les maladies respiratoires tels que les maladies respiratoires chroniques et le Coryza infectieux qui sont plus fréquentes d'où le recours à l'utilisation systématique des antimicrobiens pour lutter contre ces maladies.

D'après **Pavlov et al. (2008)**, une telle variation peut affecter le taux des résidus d'antibiotiques dans les DAOA. Ils ont conclu une variation des taux des résidus dans la

viande et les abats de poulet durant l'été et l'hiver et ont découvert que des muscles, foies et reins contenaient respectivement 2,8%, 11,2% et 27,5% des résidus en hiver et 0%, 6% et 14,6% en été.

En outre, d'autres raisons peuvent influencer les taux élevés de ces résidus. Parmi ceux-ci le mauvais usage des antibiotiques par les différents acteurs de l'aviculture, en particulier les vétérinaires praticiens et les éleveurs.

Une utilisation quasi-systématique et inappropriée des antibiotiques par les vétérinaires comme première ligne de traitements instaurés pour toutes les situations sans le moindre recours à un diagnostic précis, à l'égard de l'usage des antibiotiques à large spectre, considérés comme les antibiotiques à « tout faire » ou à des associations pour lutter contre les infections mixtes ou lors d'une utilisation prolongée dans le cadre d'une prophylaxie. Cette pratique aboutit à la présence de résidus dans la viande de volailles à des taux élevés particulièrement lors du non-respect des délais d'attente.

D'autre part, L'abondance de ces médicaments sur le marché et la facilité à leur accès conduit à une utilisation abusive et incontrôlée par les éleveurs qui préfèrent l'automédication et peuvent se procurer librement des antibiotiques sous toutes leurs formes galéniques sans prescription vétérinaire et échappent ainsi à tout contrôle et par conséquent le non-respect des délais d'attente avant abattage.

La présence de ces résidus peut également résulter du non-respect du temps d'attente, qui est déterminé pour chaque formulation et dépend du produit, de la posologie et de la voie d'administration d'où la commercialisation des denrées alimentaires d'origine animale renfermant des résidus d'antibiotiques. Le respect de ce délai garantit que la teneur des résidus d'antibiotiques dans les DAOA sera conforme aux LMR pour ces médicaments vétérinaires.

3. Conclusion

La volaille continuera de renforcer sa position dominante dans le secteur de la viande, c'est notamment le cas en Algérie, où la viande de volaille représente l'essentiel de la consommation devant les viandes rouges en raison de son prix avantageux et ses qualités nutritionnelles indéniables, qui en fait la viande préférée.

En outre, la forte croissance de la consommation de viande de volailles induit un accroissement rapide de la demande indirecte de produits utilisés pour sa production, notamment les antibiotiques. Ces antibiotiques peuvent en effet, si leurs délais d'attente ne sont pas respectés, laisser des résidus qui représentent un gros enjeu pour l'innocuité de la viande car ils peuvent potentiellement avoir des impacts sur la santé provoquant ainsi des effets immunologiques, toxicologiques et microbiologiques et favorisant aussi l'émergence de bactéries antibiorésistantes.

L'objectif de cette étude était de détecter la présence des résidus d'antibiotiques dans la viande de poulets commercialisée à la Wilaya de Khenchela en utilisant une méthode de dépistage qualitative Premi®Test. L'étude a révélé leur présence avec un taux de contamination global de 43,75 %. Les résidus ont été détectés dans les trois communes échantillonnées à des taux de 50 %, 43,75 % et 37,50 % respectivement dans les communes de Kais, Zoui et Khenchela. Des études ultérieures avec des méthodes quantitatives plus innovantes devraient cependant être menées dans le but d'identifier et de quantifier ces résidus présents dans ces denrées, pour déterminer leur conformité aux limites légales établies par le Codex.

En Algérie, Il est indéniable que les résidus d'antibiotiques sont présents dans les produits avicoles comme le montrent cette étude ainsi qu'un nombre de publications antérieures qui ont révélé des taux élevés de ces résidus en conséquence d'un abus de l'utilisation de cette classe thérapeutique. Il s'agit là d'un sérieux problème de santé publique avec les risques encourus par leur présence en particulier suite à une quasi-absence d'organismes ou de structures qui ont pour mission de contrôler la qualité des DAOA en ce qui concerne ces contaminants chimiques.

La finalité de la présente étude que nous avons réalisée reste donc la constitution de base de données et une plateforme pour de futur programmes de recherche et attirer l'attention des pouvoirs et opinion publics sur l'importance que revêt ce problème de résidus en vue de

l'élaboration de réglementations et des systèmes de surveillance visant à l'innocuité des DAOA et protéger la santé des consommateurs.

C'est la raison pour laquelle, face au constat de la contamination des viandes, Nous avons fait des recommandations qui feront l'objet de notre conclusion :

- L'adoption de textes et de lois devant réglementer la présence des résidus d'antibiotique dans DAOA conformément aux normes recommandées par le Codex Alimentarius ;
- Mise en place des laboratoires de contrôle permanent de la qualité des DAOA et développement des programmes pour la surveillance nationale des résidus d'antimicrobiens dans les denrées ;
- Mise en place des plans sanitaires et des stratégies de prévention des maladies pour minimiser le recours à l'utilisation de substances antimicrobiennes et d'en éviter toute surconsommation dans les élevages ;
- Interdiction de la vente et l'usage des antibiotiques sans la prescription du vétérinaire, ainsi que le respect des délais d'attente par les éleveurs.
- Lancement de campagnes de sensibilisation sur les dangers pour la santé humaine associés aux résidus d'antibiotiques dans les DAOA par les autorités concernées (Ministère de l'agriculture, Ministère de la santé, organisations de protection des consommateurs).

REFERENCES

REFERENCES

Abu-Basha, E. A., Gehring, R., & Albwa'Neh, S. J. (2007). Pharmacokinetics and bioavailability of spectinomycin after iv, im, sc and oral administration in broiler chickens. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*, 30(2), 139-144.

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses). (2018). Limites maximales de résidus ou LMR de médicament vétérinaire.

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses). (2011). Campagne nationale d'occurrence des résidus de médicaments dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Alimentarius, C. (2015). Maximum Residue Limits (MRLs) and Risk Management Recommendations (RMRs) for Residues of Veterinary Drugs in Foods: CAC/MRL 2-2015. *Updated as at the 37th Session of the Codex Alimentarius Commission (July 2014).*

Arsi, K., & Donoghue, D. J. (2017). Chemical Contamination of Poultry Meat and Eggs. In *Chemical Contaminants and Residues in Food (Second Edition)* (pp. 491-515).

Baquero, F. (2011). The 2010 Garrod Lecture : the dimensions of evolution in antibiotic resistance : ex unibus plurum et ex pluribus unum. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 66(8), 1659-1672.

Benghalem, I., Hadj, A., H. (2016). Contribution à la Détection des Résidus d'Antibiotiques Dans la Viande de Poulet de Chair Au Nord-Ouest de l'Algérie. *Mémoire de master*. Université de Tlemcen.

Benmohand, C., boukhors, K., Benouaddah, A. (2010). Recherche Des Résidus D'antibiotiques Dans La Viande Du Poulet De Chair Dans La Wilaya De Boumerdes. *1er Symposium National des Sciences Avicoles Batna, 9-11 Novembre*. p. 73.

Berri C. (2015). La viande de volaille : des attentes pour la qualité qui se diversifient et des défauts spécifiques à corriger. *INRA Productions Animales*, 28, 115-118.

Beverley, S., Sharman, M., Tarbin, J., Stark, J., & Geijp, E. (2001). Improvement to the screening of antimicrobial drug residues in food by the use of Premi®Test. *Veterinary Science*, 70(4), 14-16.

- Biesalski, H. K., Nohr, D., (2009).** The nutritional quality of meat. In: *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat: new technologies*. Kerry J.P., Ledward D.A. (Eds), Woodhead Publishing, Cambridge, England. 161-177.
- Bordoni, A., & Danesi, F. (2017).** Poultry Meat Nutritive Value and Human Health. In: *Poultry Quality Evaluation* (pp. 279-290). Elsevier.
- Boysen, L., & Rosenquist, H. (2009).** Reduction of thermotolerant *Campylobacter* species on broiler carcasses following physical decontamination at slaughter. *Journal of food protection*, 72(3), 497-502.
- Brière, M., Bouteille, D., Caillon, J., Batard, E., & Potel, G. (2014).** Infections à *staphylocoques* : aspects cliniques et bactériologiques. *EMC Maladies Infectieuses*.11(4), 1-9.
- Brunel, V., Jehl, N., Drouet, L., & Portheau, M. C. (2006).** Viande de volailles : Sa valeur nutritionnelle présente bien des atouts. *Viandes et produits carnés*, 25(1).
- BURGAT, V. (1991).** Les résidus de médicaments à usage vétérinaire dans les aliments. *La revue du praticien*, 41(11), 985-990.
- Caruba, T., Jaccoulet, E. (2015).** *Pharmacologie et thérapeutiques*. Elsevier Masson.
- Cerniglia, C. E., & Kotarski, S. (2005).** Approaches in the safety evaluations of veterinary antimicrobial agents in food to determine the effects on the human intestinal microflora. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*, 28(1), 3-20.
- Chardon, H., & Brugère, H. (2014).** Usages des antibiotiques en élevage et filières viandes. *Centre d'Information des Viandes*.
- Chattopadhyay, M. K. (2014).** Use of antibiotics as feed additives: a burning question. *Frontiers in microbiology*, 5, 334.
- Clinquart, A., & Farah. (2016)** : La viande dans notre alimentation : entre nutrition et santé. *16ème Journée Productions porcines et avicoles*, 35-39
- Cohen, Y., & Jacquot, C. (2008).** *Pharmacologie*. Elsevier Health Sciences.
- Coumoul, X. (2015).** Toxicologie et alimentation : nouveaux concepts. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 50(6), 6S36-6S41.

- Daube, G. (2002).** Micro-organismes pathogènes et viande : la traçabilité alliée de la sécurité. *Extrait du Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 1*, 11-30.
- Denis, M., Chidaine, B., Laisney, M. J., Kempf, I., Rivoal, K., Mégraud, F., & Fravallo, P. (2009).** Comparison of genetic profiles of *Campylobacter* strains isolated from poultry, pig and *Campylobacter* human infections in Brittany, France. *Pathologie Biologie, 57*(1), 23-29.
- Duchène, C., Pascal, G., & Prigent, S. (2010).** Les viandes aujourd'hui : principales caractéristiques nutritionnelles. *Cahiers de nutrition et de diététique, 45*(1), 44-54.
- Etemadi, A., Sinha, R., Ward, M. H., Graubard, B. I., Inoue-Choi, M., Dawsey, S. M., & Abnet, C. C. (2017).** Mortality from different causes associated with meat, heme iron, nitrates, and nitrites in the NIH-AARP Diet and Health Study: population-based cohort study. *Bmj, 357*, j1957.
- Ezenduka, E. V. (2017).** Occurrence of Antimicrobial Residues in Broilers in Enugu Metropolis and the Effect of Temperature on the Concentration of Oxytetracycline Residue, Thèse de Doctorat. University of Nigeria, Nsukka.
- Ezenduka, E. V., Ike, O. S., & Anaelom, N. J. (2014).** Rapid detection of antimicrobial residues in poultry: A consequence of non-prudent use of antimicrobials. *Health, 6*(02), 149.
- Faye, K. (2005).** Le point sur l'usage vétérinaire des antibiotiques : impact sur l'antibiorésistance des bactéries en santé animale et humaine. *Antibiotiques, 7*(1), 45-52.
- Filazi, A., Yurdakok-Dikmen, B., Kuzukiran, O., & Sireli, U. T. (2017).** Chemical Contaminants in Poultry Meat and Products. In *Poultry Science*. InTech.
- Franek, M., & Hruska, K. (2005).** Antibody based methods for environmental and food analysis: a review. *Veterinarni Medicina, 50*(1), 1-10.
- Fravallo, P., Laisney, M. J., Gillard, M. O., Salvat, G., & Chemaly, M. (2009).** *Campylobacter* transfer from naturally contaminated chicken thighs to cutting boards is inversely related to initial load. *Journal of food protection, 72*(9), 1836-1840.
- Friedman, C. R., Hoekstra, R. M., Samuel, M., Marcus, R., Bender, J., Shiferaw, B., &**

- Carter, M. (2004).** Risk factors for sporadic *Campylobacter* infection in the United States: a case-control study in FoodNet sites. *Clinical infectious diseases*, 38(Supplement_3), S285-S296.
- Gaudin, V. (2016).** Caractérisation de la performance et validation des méthodes de dépistage des résidus d'antibiotiques dans les denrées alimentaires. *Thèse de doctorat*, Université Rennes 1.
- Gaudin, V., Hedou, C., Rault, A., & Verdon, E. (2010).** Validation of a Five Plate Test, the STAR protocol, for the screening of antibiotic residues in muscle from different animal species according to European Decision 2002/657/EC. *Food Additives and Contaminants*, 27(7), 935-952.
- Gaudin, V., Juhel-Gaugain, M., Morétain, J. P., & Sanders, P. (2008).** AFNOR validation of Premi®Test, a microbiological-based screening tube-test for the detection of antimicrobial residues in animal muscle tissue. *Food Additives and Contaminants*, 25(12), 1451-1464.
- Haguenoer, J. M. (2010).** Les résidus de médicaments présentent-ils un risque pour la santé publique ?. *Santé publique*, 22(3), 325-342.
- Harhoura, K., Khenniche, R., et Riat, S. (2010).** Recherche des résidus d'antibiotiques dans la viande de poulet de Chair dans les abattoirs avicoles de taboukert de la wilaya de tizi Ouzou. *1er Symposium National des Sciences Avicoles. Batna, 9-11 Novembre 2010.* p. 71.
- Hind, A. E., Adil, M., & Samah, A. (2014).** Screening of antibiotic residues in poultry liver, kidney and muscle in Khartoum state, Sudan. *Studies*, 1, 4.
- Hofacre, C. L., Fricke, J. A., & Inglis, T. (2013).** Antimicrobial drug use in poultry. *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine, Fifth Edition*, 569-587.
- Huang, T. M., Lin, T. L., Wu, C. C., (2009).** Antimicrobial susceptibility and resistance of chicken *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, and *Pasteurella multocida* isolates. *Avian Diseases* 53, 89–93.
- Jehl, F. (2016).** Dosage des antibiotiques : pourquoi, comment ?. In *Bactériologie Médicale*. 3ème édition, pp. 541-556.

- Kabir, J., Umoh, V. J., Audu-Okoh, E., Umoh, J. U., & Kwaga, J. K. P. (2004).** Veterinary drug use in poultry farms and determination of antimicrobial drug residues in commercial eggs and slaughtered chicken in Kaduna State, Nigeria. *Food Control*, 15(2), 99-105.
- Karmi, M. (2014).** Detection and presumptive identification of antibiotic residues in poultry meat by using FPT. *Global Journal of Pharmacology*, 8(2), 160-165.
- Keck, G. (2002).** Contaminants et résidus chimiques dans les aliments d'origine animale. *Revue Française des Laboratoires*, 2002(348), 21-27.
- Kurnaz, E., & Filazi, A. (2011).** Determination of metal levels in the muscle tissue and livers of chickens. *Fresen Environ Bull*, 20(11), 2896-2901.
- Landoni, M. F., & Albarellos, G. (2015).** The use of antimicrobial agents in broiler chickens. *The Veterinary Journal*, 205(1), 21-27.
- Laporte, R., Blanchard, É. V., & Birlouez, É. (2016).** Faut-il arrêter de manger de la viande : Débat sur les impacts de certains modes d'alimentation. Editions Le Muscadier.
- Lebret B., Picard B. (2015).** Les principales composantes de la qualité des carcasses et des viandes dans les différentes espèces animales. *INRA Productions Animales*, 28, 93-98.
- Lebret B., Prache S., Berri C., Lefèvre F., Bauchart D., Picard B., Corraze G., Médale F., Faure J., Alami Durante H. (2015).** Qualités des viandes : influences des caractéristiques des animaux et de leurs conditions d'élevage. *INRA Productions Animales*, 28(2), 151-168.
- Lecerf, J. M. (2014).** La place de la viande dans la nutrition humaine. *Viandes et produits carnés*, 30, 6-5.
- Lecerf, J. M., & Schlienger, J. L. (2016).** Nutrition préventive et thérapeutique. Elsevier Masson.
- Leflon-Guibout, V., & Munier, A. L. (2016).** Infections à *Campylobacter* : épidémiologie, facteurs de virulence, résistance aux antibiotiques. *Journal des Anti-infectieux*, 18(4), 160-168.

- Link, N., Weber, W., & Fussenegger, M. (2007).** A novel generic dipstick-based technology for rapid and precise detection of tetracycline, streptogramin and macrolide antibiotics in food samples. *Journal of biotechnology*, 128(3), 668-680.
- Lofgren, P.A., (2013).** Meat, poultry and meat products. In: Caballero, B. (Ed.), *Encyclopedia of Human Nutrition*, 3rd ed. Elsevier, Oxford, UK, pp. 160-167
- Malvy, D. (2011).** Infections et toxi-infections d'origine alimentaire et hydrique : orientation diagnostique et conduite à tenir. *EMC Pathologie professionnelle et de l'environnement*, 1-6.
- Maret, W. (2013).** Zinc and human disease. In: Sigel, A., Sigel, H., Sigel, R.K.O. (Eds.), *Interrelations Between Essential Metal Ions and Human Diseases*. Springer, Dordrecht,
- Marrett, L. E., Robb, E. J., Frank, R.K. (2000).** Efficacy of neomycin sulfate water medication on the control of mortality associated with colibacillosis in growing turkeys. *Poultry Science* 79, 12–17.
- Mehdi, Y., Létourneau-Montminy, M. P., Gaucher, M. L., Chorfi, Y., Gayatri, S., Rouissi, T., & Godbout, S. (2018).** Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*.
- Menet, M. C. (2011).** Principes de la spectrométrie de masse. *Revue francophone des laboratoires*, 2011(437), 41-53.
- Mensah, S. E. P., Koudandé, O. D., Sanders, P., Laurentie, M., Mensah, G. A., & Abiola, F. A. (2014).** Résidus d'antibiotiques et denrées d'origine animale en Afrique : risques de santé publique. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz*, 33(3), 975-986.
- Millen, B. E., Wolongevicz, D. M., de Jesus, J. M., Nonas, C. A., & Lichtenstein, A. H. (2014).** 2013 American Heart Association/American College of Cardiology Guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: practice opportunities for registered dietitian nutritionists. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(11), 1723-1729.
- Mocanu, G., Constantin, O. E. (2018).** Microbial Contamination of Food Products. Nova Science Publishers.

- Mourot, J. (2010).** Modifications des pratiques d'élevage : conséquences pour la viande de porcs et autres monogastriques. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 45(6), 320-326.
- Mouthon, G., Sestier, C., & Benaouda, A. (1998).** Productions animales intensives et santé des consommateurs. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 1(F1100), F1100-1. Netherlands, pp. 389-414.
- Nisha, A. R. (2008).** Antibiotic residues-a global health hazard. *Vet World*, 1(12), 375-377.
- Okerman, L., Croubels, S., De Baere, S., Hoof, J. V., De Backer, P., & De Brabander, H. (2001).** Inhibition tests for detection and presumptive identification of tetracyclines, beta-lactam antibiotics and quinolones in poultry meat. *Food Additives & Contaminants*, 18(5), 385-393.
- Oostindjer, M., Alexander, J., Amdam, G. V., Andersen, G., Bryan, N. S., Chen, D., & Karlsson, A. H. (2014).** The role of red and processed meat in colorectal cancer development: a perspective. *Meat science*, 97(4), 583-596.
- Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). (2018).** Consommation de viande (indicateur). (Consulté le 05 mai 2018).
- Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). (2016).** Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025, Éditions OCDE, Paris.
- Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). (2017).** Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2017-2026, Éditions OCDE, Paris.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (1999).** Future trends in veterinary public health. *Weekly Epidemiological Record= Relevé épidémiologique hebdomadaire*, 74(19), 154-156.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2017).** Sécurité sanitaire des aliments, *Aide-mémoire* N°399 ; Octobre 2017
- Parent-Massin, D., Ficheux, A.S., & Galtier, P. (2013).** Mycotoxines et sécurité alimentaire. *EMC - Pathologie professionnelle et de l'environnement*, 8(3), 1-14.
- Pavlov, A., Lashev, L., Vachin, I., & Rusev, V. (2008).** Residues of antimicrobial drugs in chicken meat and offals. *Trakia J Sci*, 6(1), 23-25.

- Pereira, C., & Vicente, A. (2013).** Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93(3), 586-592.
- Pikkemaat, M. G. (2009).** Microbial screening methods for detection of antibiotic residues in slaughter animals. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 395(4), 893-905.
- Pivert, G. (2008).** Spectrométrie de masse associée à la chromatographie liquide : technologie, applications. *IRBM news*, 29(3-4), 32-35.
- Rama, E. N., & Singh, M. (2017).** Safety management and pathogen monitoring in poultry slaughterhouse operations: the case of the United States. In *Achieving sustainable production of poultry meat Volume 1* (pp. 131-162). Burleigh Dodds Science Publishing.
- Ramdane, M. S. (2015).** Etudes qualitatives et quantitatives des résidus d'antibiotiques dans la viande de volaille et les œufs dans la région de la Mitidja. Utilisation des probiotiques comme alternative. *Thèse de doctorat*. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
- Revolledo, L., & Ferreira, A. J. P. (2012).** Current perspectives in avian salmonellosis: Vaccines and immune mechanisms of protection. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(2), 418-431.
- Ricke, S. C. (2017).** Achieving sustainable production of poultry meat. *Volume 1: Safety, quality and sustainability*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited.
- Riviere, J. E., & Papich, M. G. (Eds.). (2018).** *Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. John Wiley and Sons, Ames, IA, USA.
- Ronquillo, M. G., & Hernandez, J. C. A. (2017).** Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods. *Food Control*, 72, 255-267.
- Sanders, P. (2005).** L'antibiorésistance en médecine vétérinaire. Enjeux de santé publique et de santé animale. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. **158 (2), 137-143.**
- Sanders, P., Perrin-Guyomard, A., & Moulin, G. (2017).** Évolution de l'utilisation des antibiotiques en production animale. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52(6), 301-311.
- Shareef, A. M., Jamel, Z. T., & Yonis, K. M. (2009).** Detection of antibiotic residues in stored poultry products. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 23(3).

Stead, S., Richmond, S., Sharman, M., Stark, J., & Geijp, E. (2005). A new approach for detection of antimicrobial drugs in food: Premi®Test coupled to scanner technology. *Analytica chimica acta*, 529(1-2), 83-88.

Tome, D. (2008). Qualité nutritionnelle des protéines de la viande. *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, 43.

United States Department of Agriculture (USDA). (2012) United States National Residue Program for Meat, Poultry, and Egg Products 2012 Residue Sample Results.

Veterinary Residues Committee. (2008). Annual Report on Surveillance for Veterinary Residues in Food in the UK 2007. *VRC, Survey 2008*

Vishnuraj, M. R., Kandeepan, G., Rao, K. H., Chand, S., & Kumbhar, V. (2016). Occurrence, public health hazards and detection methods of antibiotic residues in foods of animal origin: A comprehensive review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1235458.

Weill, F. X. (2008). Salmonella : épidémiologie, typage et résistance aux antibiotiques. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2008(400), 37-47.

