



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمزة الأخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar - EL OUED

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques

Spécialité : TOXICOLOGIE

THEME

***L'effet thérapeutique du vinaigre blanc sur
la Colibacillose Aviaire dans l'élevage de
poulets de chair -Région d'El Oued-***

Présenté Par :

M^{elle} ALOUAN Chouikha

M^{elle} SAHRAOUI Mabrouka

M. BOUKAHIL Yacine

Devant le jury composé de

Présidente: M^{me} MEDILA Ifriqya M.C.A Université d'El Oued.

Examinatrice: M^{lle} ZAIME Sihem M.A.A Université d'El Oued.

Promoteur: M. BOUALI Noureddine M.C.B Université d'El Oued.

Année universitaire : 2022/2023



REMERCIEMENT

Nous remercions Dieu le tout puissant, De nous avoir donné la force, le courage et la volonté et surtout la patience pour réaliser ce mémoire.

Par le biais de ce mémoire de fin d'étude, nous voudrions exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à l'élaboration de ce modeste travail.

Nous adressons tous notre respect et notre gratitude

À notre conseiller et encadreur, **M. BOUALI Noureddine**, pour avoir accepté et guidé cet important sujet.

À **M^{me} MEDILA Ifriqya** d'avoir accepté de présider le jury de ce travail.

À tous nos professeurs de Master 2 Toxicologie et tous ceux qui nous ont encadré et aidé au cours de notre parcours, à savoir **l'Université d'El Oued, les Services Agricoles d'El Oued et Le laboratoire des répressions des fraudes d'El Oued.**

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à Monsieur **TANI Ahmed**, Directeur du **laboratoire des répressions des fraudes d'El Oued**, pour sa présentation, ses consignes et son souci des élèves, et nous tenons à le remercier pour son travail de suivi et son orientation.

Aussi nous présentons notre reconnaissance à **Madame AOUACHRIA Amira Narimene**, Inspectrice vétérinaire au niveau de **la Direction des Services Agricoles d'El Oued**, qui nous ont conseillé et soutenue le long de cette recherche.

Tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage trouvent ici ma parfaite considération.

Dédicaces

Nous dédions ce travail

A nos chers parents

*Pour leur encouragement et leur soutien inconditionnel
durant toute la période de ce travail, leurs sacrifices, leur tendresse
et leur amour infini.*

*Nous souhaitons qu'ils trouvent en ce modeste travail le
témoignage de nos reconnaissances et toutes nos affections*

A tous nos frères et nos sœurs

Que Dieu les garde

A tous nos amis, nos collègues et nos camarades

A tous ceux qui nous sont chers et que nous n'avons pas cités

Résumés

Résumé

Les vinaigres sont des produits liquides issus de la fermentation alcoolique puis acéteuse de sources de glucides. Ils ont été utilisés comme remèdes dans de nombreuses cultures et ont été signalés comme ayant des effets bénéfiques sur la santé humaine et animale. Ces avantages sont dus à divers composants et d'autres composés bioactifs présents dans les vinaigres qui contribuent à leurs effets pharmacologiques, parmi lesquels l'effet antimicrobien. Le contrôle d'*E.coli* dans les élevages avicoles est important pour protéger la santé animale et publique. Les acides organiques sont l'une des mesures de contrôle utilisées pour des mesures thérapeutiques et prophylactique à la fois. Notre objectif est d'étudier l'activité antimicrobienne du vinaigre blanc à base d'acide acétique sur les colibacilles, ainsi que leur effet thérapeutiques et prophylactiques. Alors, l'effet thérapeutique du vinaigre a été étudié *in vitro* en parallèle avec un antibiotique Enrofloxacin à usage fréquent sur une souche d'*E.coli* de référence **ATCC 25922**. En outre, une étude *in vivo* est menée pour évaluer l'efficacité de l'inclusion alimentaire du vinaigre blanc et de l'antibiotique dans l'eau de boisson chez les poulets de chair. Nous avons enregistré une réduction de colonies de 95,2% pour le groupe médicaments et de 77,8% pour le groupe vinaigre. En log 10 on passe de 7,65 pour le groupe sain à 6,32 pour le groupe traité par l'antibiotique et à 6,99 pour le groupe traité par le vinaigre

Mots clés : Vinaigre blanc, Antibiotique, Colibacillose Aviaire, *Escherichia Coli*, Poulets de chair.

Abstract

Vinegars are liquid products resulting from the alcoholic then acetous fermentation of carbohydrate sources. They have been used as remedies in many cultures and have been reported to have beneficial effects on human and animal health. These benefits are due to various components and other bioactive compounds present in vinegars that contribute to their pharmacological effects, among which is the antimicrobial effect. Control of *E.coli* in poultry farms is important to protect animal and public health. Organic acids are one of the control measures used for both therapeutic and prophylactic measures. Our objective is to study the antimicrobial activity of white vinegar based on acetic acid on *coli* bacteria, as well as their therapeutic and prophylactic effect. Then, the therapeutic effect of vinegar was studied *in vitro* in parallel with a frequent use antibiotic Enrofloxacin on a strain of *E.coli* reference *ATCC 25922*. In addition, an *in vivo* study is carried out to evaluate the effectiveness of dietary inclusion of white vinegar and antibiotic in drinking water in broiler chickens. We recorded a colony reduction of 95.2% for the drug group and 77.8% for the vinegar group. In log base 10, we go from 7.65 for the healthy group to 6.32 for the group treated with the antibiotic and to 6.99 for the group treated with vinegar.

Keywords: White vinegar, Antibiotic, Avian Colibacillosis, Escherichia Coli, Broilers.

ملخص

الخل عبارة عن منتجات سائلة ناتجة عن التخمير الكحولي ثم الخالي من مصادر الكربوهيدرات. لقد تم استخدامها كعلاجات في العديد من الثقافات وتم الإبلاغ عن أن لها آثاراً مفيدة على صحة الإنسان والحيوان. تعود هذه الفوائد إلى المكونات المختلفة والمركبات النشطة بيولوجياً الأخرى الموجودة في الخل والتي تساهم في آثارها الدوائية ، من بينها التأثير المضاد للميكروبات، السيطرة على الإشريشيا القولونية في مزارع الدواجن مهمة لحماية الصحة الحيوانية و العمومية. الأحماض العضوية هي أحد تدابير التحكم المستخدمة في كل من التدابير العلاجية والوقائية. هدفنا هو دراسة النشاط المضاد للميكروبات للخل الأبيض على أساس حمض الخليك على بكتيريا القولون ، بالإضافة إلى تأثيرها العلاجي والوقائي. بعد ذلك ، تمت دراسة التأثير العلاجي للخل في المختبر بالتوازي مع الاستخدام المتكرر للمضاد الحيوي الأونروفلوكساسين على سلالة من الإشريشيا القولونية المرجعية *ATCC 25922* بالإضافة إلى ذلك ، تم إجراء دراسة على أجسام حية لتقييم فعالية التضمين الغذائي للخل الأبيض ومضاد حيوي في مياه الشرب في دجاج التسمين. سجلنا انخفاضاً في المستعمرة بنسبة 95.2% لمجموعة الأدوية و 77.8% لمجموعة الخل. في اللوغاريتم 10 ، نتقل من 7.65 للمجموعة الصحية إلى 6.32 للمجموعة المعالجة بالمضاد الحيوي وإلى 6.99 للمجموعة المعالجة بالخل.

الكلمات المفتاحية: خل أبيض ، مضاد حيوي ، داء قولونيات الطيور ، الإشريشيا القولونية ، الدجاج اللاحم.

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	Totalité
AA	L'Acide Acétique
APEC	Avian Pathogenic <i>Escherichia Coli</i>
ATB	Antibiotique.
ATCC	American Type Culture Collection
BAA	Bactéries d'Acide Acétique
BADR	Banque de l'Agriculture et du Développement Rural.
CAS	Chemical Abstracts Service
CO	Monoxyde de carbone
CO2	Oxyde de carbone
CVMP	The Committee for Veterinary Medicinal Products
DAEC	<i>E. coli</i> à adhésion diffuse.
DEC	<i>E. coli</i> diarrhéiques.
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia Coli</i>
EFSA	European Food Safety Authority
EHEC	Entérohémorragiques.
EIEC	Entéro-invasives d'E. coli.
EMA	European Medicines Agency
EMB	Eosine Bleu de Méthylène.
EPEC	Entéropathogénic <i>Escherichia Coli</i>
ETEC	Entérotoxigénic <i>Escherichia Coli</i>
FAO	Food and Agricultural Organisation.
FEEDAP	The Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed
FG	Total jours de brouillard durant l'année
FOS	Fructo-oligosaccharide.
Gm	Groupe médicament
GN	Gélose Nutritive
GR	Total jours de grêle durant l'année
Gs	Groupe sain
Gv	Groupe vinaigre
H	Antigène flagellaire.
H2s	Sulfure d'hydrogène.
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique.
INSA	Institut de la Santé Animale.
ITAVI	Institut technique d'aviculture.

K	Antigène capsulaire.
LDC	Lysine Décarboxylase.
LPS	Lypopolysaccharide.
M.A.R.A	Ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
MC	Mac Conkey
MH	Muller Hinton
MOS	Oligosaccharide mannien
MRC	Maladie respiratoire chronique
NH3	Ammoniac
O	Antigène O somatique
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONAB	Office National des Aliments du Bétail
ONAPSA	Office National des Approvisionnements et des Services Agricoles
ORAVIE	Office Régional d'Aviculture de l'Est
ORAVIO	Office Régional d'Aviculture de l'Ouest
PNDA	Programme National du Développement Agricole
PO	Poids œuf entier
PP	Précipitation totale annuelle de pluie et/ou neige fondue (mm)
PSE	Peptone-Sel-Eau
PTA	Probability of Target Attainment
RA	Total jours de pluie durant l'année
T	Température moyenne annuelle
TBX	Triptone Bile X-glucuronide
TM	Température maximale moyenne annuelle
Tm	Température minimale moyenne annuelle
TN	Total jours de tornades ou nuages en entonnoir durant l'année
TS	Total jours de tempête durant l'année
TSA	Tryptic Soy Agar
USFDA	The United States Food and Drug Administration
V	Vitesse moyenne annuelle du vent (Km/h)
VP	Voges-Proskauer
VRBG	Violet Red Bile Glucose

LISTE DES TABLEAUX

N°	Intitulé	Page
01	Forme et composition de l'aliment du poulet de chair selon l'âge	12
02	Normes de la densité dans l'élevage poulet de chair	15
03	Corrélation entre la température ambiante et le ratio eau / aliment	16
04	Programme de vaccination pour le poulet de chair, protocole vaccinal des élevages de poulets de chair	23
05	Aspects des colonies d'E. Coli en fonction du milieu nutritif utilisé	27
06	Synthétise les principaux caractères biochimiques d' <i>E. coli</i>	27-28
07	La classification d' <i>Escherichia Coli</i>	29
08	Fréquence de sensibilité des souches d'E. Coli vis-à-vis des principaux antibactériens pendant la période 2018 et 2019 sur 50 prélèvements chez les reproducteurs type chair au Maroc	38
09	Valeurs climatiques moyennes et totales annuelles	57
10	Résultats de préparation des échantillons	64
11	Mesures de diamètre de la zone d'inhibition	66
12	Dénombrement de colonies Sur TBX spécifique à <i>E. coli</i>	66
13	Dénombrement de colonies Sur VRBG pour Entérobactéries	67
14	Dénombrement de colonies Sur TBX spécifique a <i>E. coli</i> à 44 C° pendant 24 Heures exprimé en UFC/ml et en log base 10	Annexe 01
15	Dénombrement de colonies sur VRBG pour Entérobactéries à 37 C° pendant 24 Heures exprimé en log base 10	Annexe 01
16	Echantillonnage rapporté en gramme ou en ml (UFC/ml)	Annexe 01

LISTE DES FIGURES

N°	Intitulé	Page
01	Bâtiments d'élevage Avicole à El-Oued	4
02	Types de volailles	5
03	L'Aviculture Traditionnelle	7
04	Filière avicole industrielle	9
05	Elevage au sol	11
06	Facteurs influençant la croissance et la qualité du poulet chair	13
07	Désinfection et vide sanitaire	22
08	Représentation schématique de la structure d'E. coli	26
09	Omphalite colibacillaire chez les poussins type Chair	31
10	Syndrome de la tête gonflée	32
11	Infection colibacillaire de la grappe ovarienne accompagnée D'une salpingite (Aspect cuit des ovules)	33
12	Congestion des muscles pectoraux chez le poulet de chair	35
13	Situation géographique de la wilaya d'El Oued	56
14	Etablissement d'élevage avicole du poulet de chair	63
15	Résultats de l'action antimicrobienne in vitro	67
16	Résultats de dénombrement <i>d'E. coli</i> Sur TBX(en Log 10)	70
17	Résultats de dénombrement <i>d'E. coli</i> Sur TBX(en UFC/ml (x106)	70
18	Résultats de dénombrement des Entérobactéries Sur VRBG	71

LISTES DES ANNEXES

Annexe 01 : Résultats *in vivo*

Annexe 02 : Elevage de poulets de chair dans la wilaya d'El oued

Annexe 03 : Appareillage du laboratoire

Annexe 04 : Expérience *in Vitro*

Annexe 05 : Expérience *in Vivo*

Sommaire

Sommaire

Remerciement.....	
Dédicaces.....	
Résumés.....	
LISTE DES ABREVIATIONS	
LISTE DES TABLEAUX.....	
LISTE DES FIGURES	
LISTES DES ANNEXES.....	
Introduction	1

Partie Bibliographique

Chapitre I: Généralités sur l'aviculture	3
1. Historique	4
2. Définition de l'aviculture	5
3. Production avicole dans le monde	5
4. Production avicole en Algérie	6
5. Types de filières avicoles	6
5.1. L'aviculture traditionnelle	6
5.2. Filière avicole industrielle	7
6. Les types d'élevages avicoles	9
6.1. La filière chair	9
6.2. La filière ponte	9
7. Modes d'élevage du poulet chair en Algérie	10
7.1. L'élevage au sol	10
7.1.1. Elevage intensif	11
7.1.2. Elevage extensif traditionnel	11
7.2. Elevage en batterie	11
8. Phases d'élevage du poulet de chair	12
9. Les facteurs d'ambiance	13
9.1. La température.....	13
9.2. L'humidité	14
9.3. Aération	14
9.4. La densité	14
9.5. La litière	15

9.6. L'Abreuvement	16
9.7. L'Alimentation	17
9.8. La Ventilation	17
10. Biosécurité et santé animale	17
10.1. La biosécurité	18
10.2. Vide sanitaire et désinfection	19
10.2.1. Nettoyage	20
10.2.2. Désinfection	20
11. Vide sanitaire	21
12. La Prophylaxie Médicale	22
12.1. La Vaccination	22
Chapitre II : La colibacillose aviaire	24
1. Historique.....	25
2. Définition	25
3. Etiologie.....	25
4. Classification.....	29
5. Epidémiologie	29
6. Symptomatologie	29
6.1. Symptôme généraux	29
6.2. Signes cliniques et lésions	30
7. Diagnostic.....	35
7.1. Diagnostic clinique	35
7.2. Diagnostic différentiel.....	36
7.3. Diagnostic de laboratoire.....	36
8. Interaction d' <i>E. coli</i> avec d'autres infections et agents non infectieux.....	36
9. Traitement	37
10. Résistance aux traitements antimicrobiens	37
11. Autres Stratégies de contrôle	39
12. Prophylaxie.....	41
12.1. Prophylaxie sanitaire.....	41
12.2. Prophylaxie médicale	42
Chapitre III: Caractéristiques du vinaigre	43
1. Définition.....	44
2. Bactériologie	46

3. Propriétés physico-chimiques	47
4. Propriétés thérapeutiques	48
5. Propriétés Toxicologiques	50
6. Utilisations	52

Partie Expérimentale

Chapitre I: Description de la région.....	55
1. Situation géographique	56
2. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques.....	57
Chapitre II : Matériel & Méthodes	58
1. Matériels.....	59
1.1. Matériels du laboratoire	59
1.2. L'Enrofloxacin.....	59
1.2.1. Définition et classe thérapeutique	59
1.2.2. Spectre d'activité et utilisation en aviculture	60
1.2.3. L'Antibiorésistance	60
2. Méthodes	61
2.1. Souche du poussin, habitat, conditions	61
2.2. Conception et procédure expérimentale	62
2.3. Echantillonnage et prélèvements	63
2.4. Dénombrement d' <i>E. coli</i> par comptage des colonies	64
2.5. Dénombrement des Entérobactéries par comptage des colonies.....	64
Chapitre III : Résultats & Discussion	65
1. Résultats	66
1.1. <i>In Vitro</i>	66
1.2. <i>In Vivo</i>	66
2. Discussion	67
Chapitre IV : Conclusion & Perspectives	73
1. Conclusion.....	74
2. Perspectives.....	75

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

L'industrie avicole contemporaine exige des taux élevés de production et une conversion efficace des aliments, qui peuvent être obtenus en incorporant des compléments alimentaires particuliers. Traditionnellement, les antibiotiques ont été utilisés dans l'aviculture comme promoteurs de croissance pour stabiliser la microflore intestinale, améliorer les performances globales et prévenir les pathologies intestinales. Néanmoins, la prévalence de microorganismes résistants aux antibiotiques chez les humains et les animaux a entraîné la suspension et l'interdiction éventuelle de la commercialisation et de l'application d'antibiotiques comme promoteurs de croissance ou comme mesures prophylactiques.

En raison de la crainte d'une résistance aux antibiotiques et des implications pour la santé humaine, des efforts ont été faits pour produire des produits animaux de haute qualité sans utiliser de médicaments et réduire la pollution de l'environnement par une utilisation efficace des substances naturelles. Des chercheurs dans le monde entier travaillent sur des alternatives biologiques comme les probiotiques constitués d'organismes vivants ou morts et de spores, de produits chimiques non traditionnels, de bactériophages, d'enzymes, d'acides organiques qui ont attiré l'attention en tant qu'alternative possible aux antibiotiques, en particulier dans l'industrie de la volaille.

Suite à l'interdiction de l'utilisation d'antibiotiques dans la production animale, le fardeau des pathogènes entériques chez les volailles s'alourdit tels que *Escherichia coli* qui est décrite comme l'agent bactérien le plus fréquent qui cause des problèmes généraux de santé et de production chez les volailles.

Escherichia coli (*E.coli*) est une bactérie commune qui se trouve naturellement dans le tractus intestinal de la volaille et par conséquent dans leur environnement. Cependant, Elle peut provoquer une maladie clinique appelée la colibacillose, considérée comme l'une des maladies les plus courantes et les plus importantes chez les volailles. La colibacillose peut affecter la volaille de tous âges et de différents types de production, y compris les poulets de chair, les pondeuses commerciales et les reproducteurs. La capacité d'*E. coli* à provoquer une colibacillose n'est pas toujours la même; c'est pourquoi son rôle de pathogène primaire ou secondaire déclenché par divers facteurs prédisposants est contradictoire et différent selon les cas.

Les antibiotiques sont utilisés comme principal outil contre la colibacillose depuis de nombreuses décennies, cependant, l'émergence d'une antibiorésistance accrue a posé le besoin d'un traitement alternatif à la colibacillose ainsi que l'accent mis sur les mesures préventives pour éviter la maladie. Nous avons mis comme objectif l'étude *in vitro* de l'effet antimicrobien du vinaigre blanc à base d'acide acétique sur *Escherichia coli* et *in vivo* en tant qu'alternative possible aux antibiotiques comme mesure thérapeutique et prophylactique à la fois contre la colibacillose aviaire.

Partie Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur l'Aviculture

1. Historique

Les volailles sont domestiquées depuis quatre mille ans. Ils proviennent de la volaille de jungle rouge (*Gallus Gallus*), un petit faisán de l'Asie. Leur domestication nous a fourni les œufs, la viande fraîche et les plumes. Des témoignages sur des combats de coqs qui remontent à 3 000 ans en Inde indiquent que les poulets appartiennent à cette culture depuis très longtemps. En Afrique, les poulets domestiques sont apparus il y a des siècles. Ils font maintenant intégralement partie de la vie africaine. (Alders, 2005)

Le secteur de la volaille continue à se développer et à l'urbanisation ont été de puissants moteurs favorisant ce développement. (Food Agriculture Organisation «FAO», 2016)

De plus, la protéine animale est estimée en moyenne de 16.03% dans l'escalope et 15.32% chez les poules de 19.18% dans l'escalope et 16.62% dans le pilon de la dinde. (Benyamina, 2017)

2. Définition de l'aviculture

Selon Tahri (2018) l'aviculture est un terme employé lorsqu'on élève des oiseaux ou des volailles. Le volailler ou volailleur est soit le marchand ou l'éleveur de volaille.

Durant les années 60, l'aviculture algérienne était de type fermier, familial, sans organisation particulière, dont les faibles productions étaient réservées à l'autoconsommation, au début des années 1990 l'algérien consommait une moyenne de 120 œufs par an actuellement ; les données n'ont pas changé puisque la moyenne de la consommation est toujours comprise entre 100 et 120 œuf par habitant et par an. L'aviculture familiale joue un rôle très important pour les familles rurales, pour atteindre l'autoconsommation en protéines d'origine animale. (Tahri, 2018).



Figure 01 : Bâtiments d'élevage Avicole à El-Oued (Photo originale, 2023)

Selon Benahmed et Hezla (2020) le terme volaille s'applique aux animaux de la basse-cour vivant à l'état domestique. Ce sont pour la plupart des oiseaux, mais les lapins entrent également dans la classification. On distingue 2 types de volailles (figure 02), elles sont classées traditionnellement par la couleur de leur chair :

- Les volailles à chair blanche : poussins, coquelets, poulets, coqs, poulardes, chapons, dindes, poules, dindonneaux... ect
- Les volailles à chair brune : canard Nantais ou de Challands, Rouannais, le mulard (croisement entre le canard de barbarie et la cane de Rouen), oies, pintades, pigeons et cailles d'élevage.

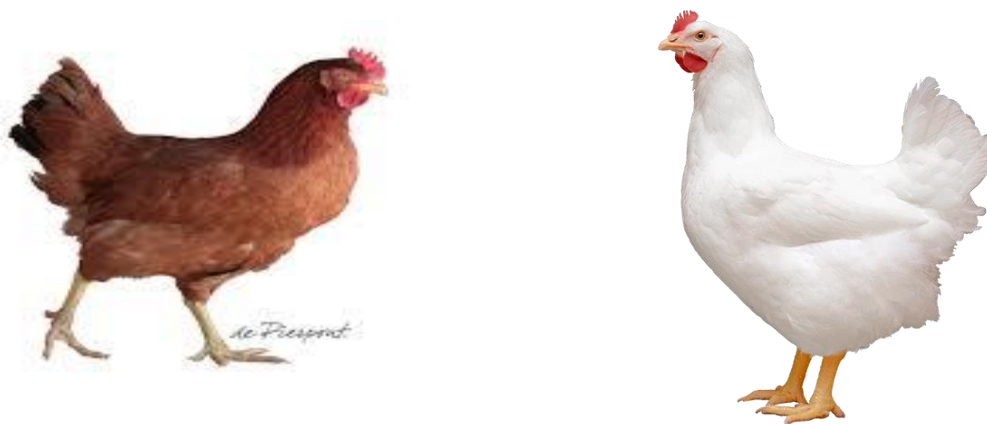


Figure 02 : Types de volailles ([https:// www.cobb-vantress.com](https://www.cobb-vantress.com))

3. Production avicole dans le monde :

Avec 70 millions de tonnes produites par an dans le monde, les volailles sont depuis quelques années, la deuxième viande produite dans le monde, elle augmente de 5 % par an y compris aux États-Unis, pourtant premier consommateur. Il faut aussi noter l'extraordinaire croissance de l'élevage de volaille en Chine : +15 % de croissance annuelle. En termes de continents, c'est l'Asie qui occupe désormais la première place, suivie par l'Amérique du Nord. Selon les estimations de la FAO, la production d'œufs de poules dans le Monde a atteint 68,3 millions de tonnes en 2013, soit une hausse de 3 % par rapport à 2012. Sur la dernière décennie, cette production se montre dynamique avec une croissance annuelle moyenne de 2,2 %, mais affiche un ralentissement par rapport à la décennie précédente (+ 4 % /an). La Chine, premier producteur mondial (24,5 MT), représente à elle seule 36 % de la production mondiale en 2013, suivie de l'Union européenne à 27 pour 10,2 % (7 MT), des États-Unis (5 MT), de l'Inde (3,8 MT) et du Japon (2,5 MT) (Netaf. 2018).

Depuis 1996, la viande de volaille est le produit carné le plus échangé au monde, les transactions sont évaluées à près de dix milliards de dollars par an (Tahri, 2018).

4. Production avicole en Algérie

En Algérie, la filière avicole est largement dominée par l'aviculture moderne intensive, exploitant des souches hybrides sélectionnées dans un système industriel. En effet, l'aviculture traditionnelle reste marginalisée et est pratiquée essentiellement en élevages de petite taille par les femmes rurales, premières concernées par le phénomène de la pauvreté (Moula, 2009).

L'introduction d'un modèle avicole intensif à partir de 1975 par l'importation de complexes avicoles industriels de haute technologie a limité le développement de l'aviculture traditionnelle et notamment l'exploitation des races locales (Mahmoudi, 2002).

L'adoption, par l'état, de l'industrialisation de l'aviculture s'intègre dans la politique visant à améliorer la qualité de la main d'œuvre, à créer des emplois et promouvoir la production de protéines moins chères (viandes blanches et œufs).

L'aviculture industrielle a aussi l'avantage d'assurer une rotation très rapide du capital. La production annuelle nationale du secteur avicole enregistre un volume considérable ; elle est évaluée à plus de 253 000 tonnes de viande blanche et presque 4,5 milliards d'œufs de consommation, assurant ainsi plus de 50 % de la ration alimentaire en Produits d'origine animale en 2011 (Laouni, 2019).

5. Types de filières avicoles

La filière avicole est constituée de deux types d'aviculture complémentaires :

L'aviculture traditionnelle est pratiquée dans tous les villages. L'aviculture moderne est pratiquée dans les centres urbains et périurbains (filiale avicole, viande et œufs). (Yalaoui, 2020)

5.1. L'aviculture traditionnelle

L'élevage a été et reste dominé par des exploitations familiales. Jusqu'aux années 1960 et aux premières années de la décennie 1970, la production de volailles ne constituait qu'une partie des activités des exploitations mixtes, où l'on trouvait en même temps des cultures et l'élevage de différentes espèces animales (figure 03). La nourriture des animaux était cultivée dans l'exploitation ou achetée localement, et les rejets des animaux étaient retournés à la terre comme engrais. Seul un très petit nombre d'exploitations de ce genre existe encore dans l'Union Européenne. En effet, les exigences croissantes du marché, les perfectionnements du matériel génétique et des équipements agricoles et la disponibilité d'aliments pour animaux relativement bon marché ont poussé les exploitants à se spécialiser. En conséquence, les effectifs des troupeaux et la taille des exploitations ont augmenté, et l'élevage intensif a commencé (INERIS, 2003).

Générer un revenu est le but primaire de l'élevage avicole traditionnel. L'activité est financièrement rentable malgré sa faible productivité. La création de revenus de l'aviculture traditionnelle vient de la vente des œufs et du poulet vivant. Le revenu issu de la vente des produits avicoles permet aux familles d'assurer la couverture de certains besoins matériels et de faire face à

des dépenses. Dans les pays en voie de développement, la volaille représente une des rares opportunités d'épargne, d'investissement et de protection contre le risque. Elle constitue un revenu pour les couches les plus vulnérables de la société à savoir les femmes (70%) et les enfants qui pratiquent majoritairement cet élevage. (Ossebi, 2011)

L'aviculture rurale contribue substantiellement à la sécurité alimentaire et à l'allègement de la pauvreté. (Ossebi, 2011)

À l'instar de ce qui a été relevé au niveau mondial, l'accroissement de la disponibilité en protéines animales a été bien d'avantage axé sur les monogastriques, à un rythme plus de deux fois supérieur à celui des ruminants. (Hammouche et al, 2011)

Ces protéines sont capitales pour l'équilibre alimentaire des enfants et des femmes enceintes qui devraient en consommer une dizaine de gramme/jour (Ossebi, 2011).

L'élevage de poulet villageois est rare sur le marché et coûte plus cher que le poulet importé. Sa rusticité lui confère un avantage exceptionnel lui permettant de résister aux conditions d'élevage et de climat difficiles. la promotion de leur élevage et l'amélioration graduelle de leurs performances zootechniques peuvent être facteurs à la fois de développement économique et de sauvegarde de la biodiversité. (Halbouche et al, 2009).



Figure 03 : L'Aviculture Traditionnelle. (Stéphanie Grebot)

5.2. Filière avicole industrielle :

Face à la hausse rapide de la consommation mondiale de viande de volaille et afin de s'inscrire dans la perspective d'un développement durable, l'aviculture a connu et connaîtra encore de profondes mutations. L'expansion rapide de l'élevage intensif des souches hybrides, génétiquement uniformes, se réalise au détriment des races locales de poules.

Ces dernières constituent pourtant un outil central du développement socioéconomique rural dans diverses régions du monde. (Moula et al, 2012)

L'Algérie, comme la plupart des pays en développement a connu l'industrialisation des filières agro-alimentaires et la mise en place d'une aviculture intensive afin de combler le déficit du pays en protéines animales (figure 04). Ce programme a été imposé par une demande en produits d'origine avicole (viandes blanches et œufs de consommation) en accroissement constant du fait du renchérissement des prix de la viande rouge, l'incapacité de la production fermière d'y répondre et surtout à l'amélioration des performances de croissance et de reproduction. Cette orientation s'est fondée sur l'offre de produits avicoles à prix raisonnables et accessibles aux différentes couches sociales. (Kaci et Boudouma, 2011; Ladjouzi et al, 2011)

L'aviculture moderne est incontournable pour satisfaire la demande croissante de court terme des grosses agglomérations urbaines en viande et en œufs (figure 04). C'est une entreprise industrielle conduite par un professionnel, selon des techniques appropriées, dont il tire son revenu. Elle est caractérisée par la grande taille de l'exploitation, des races performantes, des poulaillers aux normes, l'application des mesures sanitaires et l'adoption d'un management rationnel. Le développement du secteur offre une opportunité d'ouverture vers l'extérieur (MAEP. UPDR, 2004).

L'élevage en général et l'aviculture en particulier n'ont pas connu un développement notable durant la période coloniale ; le modèle dominant était l'aviculture fermière de type familial utilisant la force de travail féminine des exploitations paysannes. Après l'indépendance, le faible pouvoir d'achat, qui n'a pas généré de demande solvable, ainsi que la reconduction du modèle agro-exportateur algérien, ont constitué une contrainte face au développement de l'élevage en général et de l'aviculture en particulier. Il fallait donc attendre la fin du plan quadriennal (1970-1973) pour que l'élargissement du marché de l'emploi, l'amélioration des revenus conjugués à la diffusion du modèle de consommation occidental largement facilité par le développement d'une classe moyenne urbaine, induisent une demande que la faible élasticité de l'offre de viande rouge ne pouvait satisfaire à moindre coût. Dès lors apparaissait la nécessité du développement d'une aviculture industrielle (Yalaoui, 2020).



Figure 04 : Filière avicole industrielle (<https://www.guide-pme.com>)

6. Les types d'élevages avicoles

6.1. La filière chair

La filière avicole chair à enregistré un développement soutenu depuis la fin des années 70 à l'origine de l'accroissement des capacités de production. Pendant la période (1995-2003), la production de poulet de chair a marqué une évolution progressive, due à l'accroissement des investissements privés orientés vers cette activité (Netaf, 2018).

La production de viande de volaille globale connaît également une stagnation entre 1970 et 2004 avec des hauts et bas, 03 principales périodes, parallèlement à la consommation :

De 1970 à 1994 : période d'évolution progressive.

De 1994 à 1997 : période caractérisée par une chute libre affectée par la réforme profonde de la structure de la filière avicole.

De 1997 à 2004 : période de redressement caractérisée par des grands investissements des privés (Belouam, 2001).

6.2. La filière ponte

Presque 4,5 milliards d'œufs de consommation, assurant ainsi plus de 50 % de la ration alimentaire en produits d'origine animale en 2011 (MADR, 2012).

Le taux de ponte varie selon les élevages (57,1% et 78%) avec une moyenne de 72%. La majorité des poulaillers suivis ont présenté un nombre d'œuf pondus par poule départ de 233,2 nettement inférieur à la norme standard qui se situe pour la souche ISA à 310 œufs. La majorité des élevages enquêtés ont présentés des faibles performances qui sont liées principalement au manque de qualification des éleveurs d'une part et une mauvaise gestion sur tout en période estivale d'autre part, la ponte moyenne varie de 63 à 68%, bien inférieure à la norme de la souche exploitée (93%) (Belouam, 2001).

7. Modes d'élevage du poulet chair en Algérie

Il existe deux types : l'élevage au sol et l'élevage en batteries

7.1. l'élevage au sol

Lors de la planification et la construction d'un bâtiment d'élevage type chair, la première chose est de choisir un endroit où le terrain est bien drainé avec une bonne ventilation. Le bâtiment devrait être orienté sur un axe est -ouest pour réduire le rayonnement du soleil directement sur les murs latéraux au cours de la partie la plus chaude de la journée (figure 05). L'objectif principal est de réduire les fluctuations de température pendant 24 heures, autant que possible, spécialement pendant la nuit. Un bon contrôle de la température améliore la conversion alimentaire et la croissance (COBB, 2010). Le choix du site de la ferme et la conception des bâtiments viseront à préserver au maximum l'élevage de toute source de contamination. La protection sera renforcée par la mise en place de barrières sanitaires.

Le sol peut être en terre battue ou bétonné. Le sol en terre battue convient très bien aux volailles et jugé plus confortable que le sol bétonné qui est plus difficile à réchauffer. Le plus important est d'avoir un sol sec et sain, les eaux pluviales doivent être collectées et évacuées hors de périmètre de l'élevage (gouttière, fausse). Il est conseillé aussi de reconstituer un sol intérieur dans la salle d'élevage à un niveau plus élevé que le sol extérieur pour éviter les remontées d'eau de l'extérieur vers l'intérieur de bâtiment. Sur ce sol sec et sain, on dispose la litière qui devra rester sèche pour éviter de fermenter et de dégager de l'ammoniac, assurer un bon confort pour les volailles et ne pas dégrader les coussinets plantaires des pattes (ITAVI, 2009). La principale difficulté de la dalle bétonnée reste de gérer l'hygrométrie du bâtiment et la mise en chauffe de la dalle, en fonction de la durée du vide sanitaire. Masse froide hermétique, le béton n'a pas les vertus du sol en terre battue, qui absorbe une partie de l'eau dégagée par la respiration des volailles. Il n'y a donc que la ventilation pour évacuer le surplus d'humidité de l'air (Puybasset, 2014).



Figure 05 : Elevage au sol (Photo originale, 2023)

Elevage au sol ce type d'élevage peut être intensif ou extensif.

7.1.1. Elevage intensif

Pour le poulet de chair il comporte des effectifs importants. Il est apparu en Algérie avec l'apparition des couvoirs au sein des structures du Ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire (M.A.R.A.) qui a créé l'O.N.A.B (Office Nationale d'Aliment de Bétail) et l'O.R.AVI (Office Régional de l'Aviculture). (O.R.AVI.E, 2004).

7.1.2. Elevage extensif traditionnel

Cet élevage se pratique pour les poules pondeuses. Il s'agit surtout des élevages familiaux de faibles effectifs et s'opère en zone rurale. La production est basée sur l'exploitation de la poule locale, et les volailles issues sont la somme de rendement de chaque éleveur isolé. C'est un élevage qui est généralement géré par les femmes, l'effectif moyen de chaque élevage fermier est compris entre 15 et 20 sujets où les poules sont alimentées par du seigle, de la criblure, de l'avoine, et des restes de cuisines. Elles sont élevées en liberté et complètent leur alimentation autour de la ferme. Les poules sont destinées à la consommation familiale ou élevées pour la production des œufs (Belaid, 1993).

7.2. Elevage en batterie

Cet élevage qui a été introduit nouvellement en Algérie se fait pour les poules pondeuses. Il est beaucoup plus coûteux par rapport au premier. L'élevage du poulet convient très bien au climat Algérien. L'Etat dans le cadre de sa politique de relance économique, encourage au maximum les éleveurs et les coopératives à pratiquer cet élevage, pour diminuer l'importation des œufs de consommation et des protéines animales, (Belaid ,1993). L'élevage avicole prend de plus en plus d'extension ces dernières années. Les éleveurs au début sans aucune expérience, maîtrisent de plus en

plus les techniques d'élevage. Malgré cela, beaucoup d'erreurs fatales sont encore commises aujourd'hui, elles peuvent se résumer selon Belaid (1993) comme suit :

Vide sanitaire insuffisant ;

Densité trop importante ;

Température mal réglée ;

Local mal aéré donnant de mauvaises odeurs (ammoniacales) ;

Mauvaise ventilation ;

Longueurs des abreuvoirs et des mangeoires non adaptées ;

Lumière trop forte ;

Alimentation déséquilibrée ne couvrant pas tous les besoins des animaux ;

Programme de prophylaxie non respecté entraînant beaucoup de maladies graves.

8. Phases d'élevage du poulet de chair

L'élevage du poulet de chair comprend 3 phases selon (FAO, 2009) :

- Une phase de démarrage, du 1er au 10ème jour pendant laquelle les sujets sont véritablement à l'état poussin ;
- Une phase de croissance, du 11ème au 30ème jour ;
- Une phase de finition à partir du 31ème jour (Yalaoui, 2020).

La forme et la composition de l'aliment destinée au poulet de chair selon l'âge sont illustrées dans le tableau 01:

Tableau 01: Forme et composition de l'aliment du poulet de chair selon l'âge.

(www.avicultureaumaroc.com)

Phase d'élevage	Forme de l'aliment	Besoins et normes nutritionnels	
		Energie (kcalEm/kg)	Protéines brutes (%)
Démarrage	Farine ou miette	2800 à 2900	22
Croissance	Granulé	2900 à 3000	20
Finition	Granulé	3000 à 3200	18

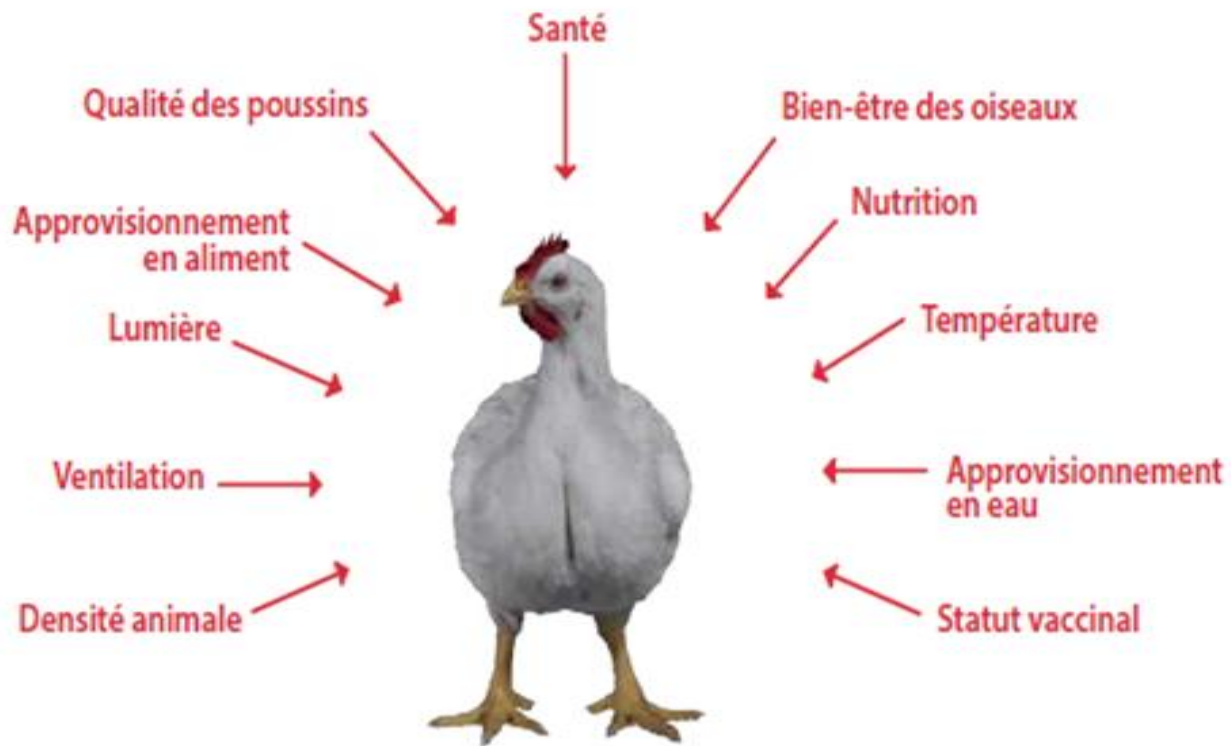


Figure 06 : Facteurs influençant la croissance et la qualité du poulet chair. (COBB, 2012)

9. Les facteurs d'ambiance :

Selon Alloui (2006) l'ambiance dans laquelle vivent les volailles a un rôle primordial pour le maintien des animaux en bon état de santé et pour l'obtention de résultats zootechniques correspondant à leur potentiel génétique. Un bâtiment de structure correcte doit permettre à l'éleveur de mieux la maîtriser tout au long du cycle de production. Différentes variables, composent la qualité de l'air ambiant au niveau de la zone de vie des oiseaux.

La "gestion" de ces variables est toujours la résultante de meilleur compromis possible obtenu par l'éleveur en fonction de conditions climatiques, de la qualité du bâtiment, de la densité et du poids des animaux. (Alloui, 2006).

9.1. La température:

C'est le facteur qui a la plus grande incidence sur les conditions de vie des animaux, ainsi que sur leurs performances. Une température convenable dépendra de la puissance calorifique développée par le matériel du chauffage, les erreurs du chauffage constituent l'une des principales causes de la mortalité chez les poussins. Les jeunes sujets sont les plus sensibles aux températures inadaptées. La Température optimale des poussins est comprise entre les 28°C d'ambiance, et les 32°C à 36°C sous radiants. L'installation des gardes est vivement conseillée pour éviter toute mauvaise répartition des poussins dans les poulaillers. La zone de neutralité thermique du poussin est comprise entre 31°C et 33°C (le poussin ne fait aucun effort pour dégager ou fabriquer de la chaleur) (Alloui, 2006).

9.2. L'humidité

L'humidité est une donnée importante qui influe sur la zone de neutralité thermique donc participe ou non au confort des animaux. En climat chaud, une hygrométrie élevée diminue les possibilités d'évaporation pulmonaire et par conséquent l'élimination de chaleur, les performances zootechniques des animaux seront alors inférieures à celles observées en milieu chaud et hygrométrie modérée. En plus de son influence sur le confort thermique des animaux, l'hygrométrie conditionne l'humidité des litières et par conséquent le temps de survie des microbes. Lorsqu'elle est élevée (supérieure à 70%), les particules de poussière libérées par la litière sont moins nombreuses et d'un diamètre plus important car elles sont hydratées: leur pouvoir pathogène est alors moindres. En revanche, en atmosphère sèche (hygrométrie inférieure à 55%), les litières peuvent devenir très pulvérulentes et libérer de nombreuses particules irritantes de petite taille (Alloui, 2006)

9.3. Aération

La composition de l'air ambiant en oxygène, gaz carbonique et ammoniac est donc à surveiller.

- Teneur en oxygène :

L'oxygène est indispensable pour la vie des animaux permettant les réalisations du métabolisme, sa teneur dans l'atmosphère doit être supérieure à 19% (Didier, 1996).

-Teneur en gaz carbonique :

Le gaz carbonique est un déchet de la respiration. A partir du taux supérieur à 0.5% il devient toxique. La teneur maximale adaptée est de 0.3%.(Alloui, 2006 et Didier, 1996).

- Teneur en ammoniac :

Il provient de la dégradation des protéines contenues dans les déjections des volailles. Il est important de s'attacher à la surveillance et au contrôle du taux d'ammoniac dans les poulaillers qui fréquemment trop élevé pour éviter d'avoir de graves conséquences sur les animaux et leur production. Les taux élevés ont principalement des répercussions sur la pathologie et la production (Alloui, 2006).La dose limite tolérée dans le local d'élevage est de 15 ppm. L'ammoniac possède une action irritante et corrosive sur les muqueuses des voies respiratoires : trois jours d'exposition dans une atmosphère à 30 ppm suffisent à provoquer la toux chez les volailles (Didier, 1996).

9.4. La densité:

La densité d'élevage est déterminée par un certain nombre de paramètres qui peuvent être des facteurs limitant: les normes d'équipement, la qualité du bâtiment et les facteurs climatiques (tableau 02). Par exemple, l'hiver, en période froide une isolation insuffisante ne permettra pas d'obtenir une température et une ambiance correcte. Dans ce cas, la litière ne pourra pas sécher, elle croûtera. Par contre, en période chaude, les facteurs limitant seront l'isolation, la puissance de ventilation, la vitesse de l'air et la capacité de refroidissement de l'air ambiant. Il est parfois nécessaire de réduire la densité pour maintenir soit une litière correcte, soit une température acceptable (Hubbard, 2015).

Une bonne densité est essentielle pour le succès de la production de poulets de chair en assurant une surface suffisante pour des performances optimales. En plus des considérations de performance et de rentabilité une densité correcte aura aussi des implications importantes dans le bien-être. Pour calculer correctement et avec précision la densité, les différents facteurs tels que le climat, les types de bâtiments, le poids d'abattage et les règlements bien-être devront être pris en compte. Une mauvaise densité peut conduire à des problèmes locomoteurs, des griffures, des brûlures et de la mortalité. De plus, la qualité de la litière sera compromise. Le détassage d'une partie du lot est une approche pour maintenir la meilleure densité. Dans quelques pays, un nombre plus important d'animaux est mis en place pour un élevage avec deux poids différents. Au premier poids requis, 20 à 50% des animaux sont enlevés pour satisfaire ce segment du marché. Le reste des animaux a ainsi plus de place et est élevé à un poids plus lourd (COBB, 2012)

Tableau 02 : Normes de la densité dans l'élevage poulet de chair (Hubbard, 2015).

Poids vif (kg)	Densité (sujets)	Charge (Kg)
1.0	26.3	26.3
1.2	23.3	27.9
1.4	21	29.4
1.6	19.2	30.8
1.8	17.8	32.0
2.0	16.6	33.1
2.2	15.6	34.2
2.4	14.7	35.2
2.7	13.5	36.5
3.0	12.6	37.8

9.5. La litière :

La litière joue un rôle d'isolant pour le maintien de la température ambiante. De plus, elle isole thermiquement les animaux au sol, en minimisant les pertes par conduction. Lorsque les volailles se déplacent ou se reposent sur une litière humide, une déperdition importante de chaleur se produit au niveau des pattes et des bréchets, proportionnellement à l'écart de température entre les oiseaux et le sol et à l'humidité de ce dernier. En période chaude, si l'on a une bonne maîtrise de l'hygrométrie, il est préférable de réduire la hauteur de la litière qui est susceptible d'aider les animaux pour leur thermorégulation (Alloui, 2006).

Selon Didier (1996), l'humidité de la litière doit être comprise entre 20 et 25%. Une humidité supérieure à 25% la rend humide, collante et propice à la prolifération des parasites (coccidies). Par contre en dessous de 20% la litière risque de dégager trop de poussière.

Selon le guide d'élevage de poulet de chair COBB (2012), l'état de la litière est un autre aspect crucial de la gestion de l'environnement. Une température correcte de la litière est fondamentale pour la santé du poussin, pour ses performances et pour la qualité finale de la carcasse, ce qui affecte de façon conséquente la marge du producteur et de l'intégrateur.

Les fonctions importantes de la litière incluent la capacité :

- à absorber l'humidité,
- à diluer les excréments, réduisant, de ce fait, le contact de l'animal avec ses excréments,
- à assurer une isolation contre les températures froides du sol.

Sachant que plusieurs alternatives existent en termes de litière, certains critères doivent s'y appliquer. La litière doit être absorbante, légère, bon marché et non toxique.

Les caractéristiques de la litière doivent aussi tenir compte de son réemploi après la production pour une utilisation telle que compost, engrais ou combustible.

9.6. L'Abreuvement

Distribuer de l'eau fraîche et propre, avec une pression adéquate, est fondamental pour une bonne production de volailles. Sans un ingéré approprié d'eau, la consommation d'aliment sera réduite et les performances des animaux seront compromises. On utilise aussi bien des équipements ouverts que fermés pour la distribution de l'eau.

- La consommation d'eau augmente de 6 % pour toute augmentation de 01°C en température entre 20 et 32°C.
- La consommation d'eau augmente de 5 % pour toute augmentation de 01°C en température entre 32 et 38°C.
- La consommation d'aliment est réduite de 1,23 % pour toute augmentation de 01°C en température au-dessus de 20°C (tableau 03).

Tableau 03 : Corrélation entre la température ambiante et le ratio eau / aliment
(COBB, 2012).

Température C°	Ratio Eau/Aliment
4°C	1.7 :1
20°C	2 :1
26°C	2.5 :1
37°C	5 :1

9.7. L'Alimentation

Quel que soit le système d'alimentation utilisé, la place à table est absolument critique. Si la place à table est insuffisante, la croissance sera réduite et l'uniformité sévèrement compromise. La distribution de l'aliment et la proximité des systèmes d'alimentation sont la clé pour obtenir, les niveaux de consommation d'aliments requis. Tous les systèmes d'alimentation devraient être réglés pour offrir un volume d'aliment suffisant avec un minimum de gaspillage.

- 60 – 70 animaux par assiette de 33 cm de diamètre est la norme.
- Un système de débordement pour le démarrage des poussins.

Les systèmes à assiettes sont généralement la norme car ils offrent toute facilité de déplacement dans le bâtiment, une incidence plus faible en terme de gaspillage et l'amélioration de l'indice de conversion. Si les animaux balancent les assiettes pour atteindre l'aliment, c'est qu'elles sont trop hautes (COBB, 2012).

9.8. La Ventilation

Selon le guide d'élevage de poulet de chair COBB (2012), l'objectif majeur de la ventilation minimale est d'assurer une bonne qualité de l'air. Il est important que les animaux disposent, à tout moment, de l'oxygène nécessaire et de niveaux minimum en oxyde de carbone (CO₂), monoxyde de carbone (CO), d'ammoniac (NH₃) et de poussière.

Une ventilation minimale inappropriée est la condition d'une mauvaise qualité de l'air dans le bâtiment et peut être la cause de taux élevés en NH₃, CO₂, d'une augmentation de l'humidité et d'une augmentation des coûts de production associée à des syndromes tels que l'ascite. Il faut toujours faire l'évaluation des taux de NH₃ au niveau des animaux. Les effets négatifs du NH₃, incluant les « brûlures » des coussinets plantaires, des yeux, les ampoules de Bréchet et les irritations de la peau, abaissent le poids, source d'une mauvaise homogénéité, d'une sensibilité aux maladies et rend aveugle.

10. Biosécurité et santé animale

La prévention est de très loin la plus économique et la meilleure méthode de contrôle des maladies. La meilleure façon de prévenir est la mise en place d'un programme efficace de biosécurité en adéquation avec une vaccination appropriée. Cependant, les maladies peuvent dépasser ces précautions et quand cela arrive, il est important d'obtenir un conseil d'un vétérinaire. Les personnels de l'élevage devraient être formés à reconnaître les problèmes qui peuvent être associés à des maladies. Ceci prend en compte les modes de consommation d'eau et d'aliment, l'état de la litière, la mortalité excessive, le comportement et l'activité des animaux. Une action immédiate est essentielle pour régler le problème (COBB, 2012).

10.1. La biosécurité :

Selon le guide d'élevage de l'Arbor Acres (2018) un plan de biosécurité solide est indispensable pour assurer la bonne santé du lot. La biosécurité minimisera l'exposition du lot aux agents pathogènes. Un plan de biosécurité approuvé doit être mis en oeuvre pour chaque lot. Comprendre et observer les pratiques de biosécurité approuvées relève de la mission de chacun. Des formations initiales et continues du personnel sont indispensables.

Le choix du site de la ferme et la conception des bâtiments visera à préserver au maximum l'élevage de toute source de contamination. La protection sera renforcée par la mise en place des barrières sanitaires. A l'intérieur du bâtiment, la protection sanitaire nécessite la pratique du vide sanitaire. En effet, entre le départ d'une bande et la mise en place d'une bande suivante, le bâtiment et les équipements doivent être lavés et désinfecter selon un protocole précis comprenant les opérations suivantes :

- Retirer l'aliment restant dans les mangeoires et / ou le silo et chaîne,
- Retirer le matériel et la litière,
- Laver le matériel, puis détremper le dans la solution pendant 24 H et le stocker dans un endroit propre. Rincer à l'eau tiède sous pression de préférence,
- Balayer, broser, racler et gratter le sol, le mur et le plafond,
- Nettoyer la totalité du bâtiment sans rien oublier : un très bon nettoyage élimine 80% des microbes,
- Chauler ou blanchir les murs à l'aide de la chaux vive,
- Désinfecter par thermo-nubélisation ou par fumigation au formaldéhyde tout en respectant les mesures suivantes :
- Mettre à l'intérieur du bâtiment tout le matériel préalablement lavé, Bien fermer toutes les fenêtres et autres ouvertures, Dans un (ou plusieurs) récipients, ajouter du formol, de l'eau et du permanganate de potassium ($KMnO_4$). Ne jamais ajouter le formol au permanganate. La dose recommandée est de 40 ml de formol, 20 ml de $KMnO_4$ et 20 ml d'eau par m^3 du bâtiment, pour le formol en poudre on utilise 4kg /1000 m^2 dans un diffuseur électrique,
- Laisser le bâtiment bien fermé pendant 24 à 48 heures,
- Décaper le bac à eau et les canalisations avec des produits adaptés : alcalins-chlorés pour l'élimination des matières organiques et acides pour éviter l'entartrage,
- Mettre en place un raticide et un insecticide,
- Laisser le bâtiment bien aéré et au repos pendant 10 à 15 j, toutefois la durée de repos peut être prolongée jusqu'à 30 à 40 j si l'exploitation connaît des problèmes sanitaires (Arbor Acres, 2018)

Il faut noter que la qualité du vide sanitaire doit être liée non à sa durée, mais à l'efficacité de la désinfection.

En élevage avicole, il est impossible d'obtenir une production maximale et de bonne qualité sans l'application rigoureuse des règles d'hygiène et des programmes de protection médicale et prophylactique.

10.2. Vide sanitaire et désinfection :

Le vide sanitaire est indispensable après chaque bande, il consiste à laver la totalité du bâtiment. Le Bâtiment et les équipements doivent être lavés et désinfecter selon un protocole précis comprenant les opérations suivantes :

- Retirer l'aliment restant dans les mangeoires
- Retirer le matériel et la litière
- Laver le matériel
- Balayer brosse, racler et gratter le sol, le mur et le plafond
- Chauler ou blanchir les murs à l'aide de la chaux vive
- Désinfecter par thermo-nébulisation ou par fumigation
- Mettre à l'intérieur du bâtiment tout le matériel préalablement lavé (Alloui, 2006).

➤ **Hygiène en cours d'élevage:**

En plus de la désinfection du poulailler avant la mise à l'étable des poussins, il faut prendre quelques mesures permanentes d'hygiène.

➤ **Hygiène de la litière:**

La litière doit être de bonne qualité pour la meilleure santé des poulets. Selon (Alloui, 2006), une bonne litière doit être:

- Absorbante = isolation = milieu sec.
- Fréquemment aérée.
- Bien entretenue.
- Les phénomènes de tassement ou écroutage des litières, ceci en les retournant à la fourche.
- La formation de points d'eau sur les litières (fuite d'eau abreuvoirs mal réglés) car l'augmentation de l'humidité favorise le développement de coccidioses.

➤ **Hygiène de l'eau**

Eau propre à volonté pendant toute la durée de la bande.

En temps chaud (été), vu que l'élimination sous forme de vapeurs d'eau (respiration) est très importante, et par voie de conséquence les besoins sont accrus, il faudra donc s'assurer que les oiseaux ne manquent jamais d'eau.

Abreuvoirs en nombre suffisant et toujours propres.

Éviter tout mauvais réglage, entraînant, des fuites et par la création de zones humides au niveau de la litière ; d'où donc problème de la coccidiose.

➤ **Hygiène de l'aliment**

Il doit obéir à des règles et critères très stricts:

❖ **Conservation:**

Dans un lieu sec pour éviter la multiplication de moisissures dangereuses et toujours à l'abri des rongeurs et insectes.

❖ **Date de péremption:**

- Ceci est du surtout à la présence de composés vitaminiques se dégradant très rapidement par temps chaud.
- Donner un antistress dans l'eau de boisson pendant 3 jours : avant, pendant et après chaque vaccination.

L'opération de la désinfection comprend trois parties distinctes :

10.2.1. Nettoyage

Le nettoyage est une opération qui doit impérativement précéder la désinfection. Il a pour rôle d'éliminer une bonne partie des germes et se fait selon les étapes suivantes (Dayon et Arbelot, 1997):

- Isoler le bâtiment de tout matériel ;
- Enlever la litière et les déjections ;
- Dépoussiérer le bâtiment ;
- Détremper les parois, sol et matériels fixes avec de la soude caustique ou de l'eau.
- L'humidification du bâtiment peut à l'aide d'une pompe à faible pression (30kg /cm²).

Afin d'assurer un bon trempage ;

- Décaper (à l'aide de brosse) et laver quelques heures après le trempage soit avec une pompe à haute pression (plus de 50 kg 1 cm²) soit avec une pompe à eau chaude ;
- Laisser sécher pour avoir une meilleure concentration et fixation des produits ;
- L'utilisation de substance détergente permet d'éliminer les dépôts organiques favorables à la prolifération de germes.

10.2.2. Désinfection

La désinfection est une opération qui vise à détruire la totalité ou le plus grand nombre des germes pathogènes sur le malade, le convalescent ou sur le cadavre et dans son ambiance : locaux, litière, vêtements, objets pouvant être contaminés..... etc. C'est une opération particulière à l'hygiène. Elle a pour ambition d'enrayer la propagation des maladies contagieuses et transmissibles. Elle consiste à appliquer un désinfectant (bactéricide et ou fongicide et ou virucide) (Drouin et Cardinal, 1998).

Elle varie également en fonction de l'antécédent pathologique de l'exploitation. Le bâtiment et les équipements doivent être lavés et désinfecter selon un protocole précis comprenant les opérations suivantes :

- Retirer l'aliment restant dans les mangeoires et / ou le silo et chaîne,
- Retirer le matériel et la litière,
- Laver le matériel, puis détremper le dans la solution pendant 24 H et le stocker dans un endroit propre. Rincer à l'eau tiède sous pression de préférence,
- Balayer, brosser, racler et gratter le sol, le mur et le plafond,
- Nettoyer la totalité du bâtiment sans rien oublier : un très bon nettoyage élimine 80% des microbes,
- Chauler ou blanchir les murs à l'aide de la chaux vive,
- Désinfecter par thermo-nébulisation ou par fumigation au formaldéhyde (Mahma et Berghouti, 2016).

11. Vide sanitaire

On entend par vide sanitaire un local vide, fermé sans aucune activité d'élevage pour une période séparant la première désinfection et la date de la mise en place de la bande suivante.

Cette période se prolonge tant que le bâtiment n'est pas totalement asséché (un local non sec est un local à risques).

- Bien fermer toutes les fenêtres et autres ouvertures
- Laisser le bâtiment bien fermé pendant 24 à 48 heures
- Mettre en place un raticide et un insecticide
- Installer un pédiluve contenant une solution d'eau plus un désinfectant à l'entrer du bâtiment
- Laisser le bâtiment bien aéré et au repos pendant 10 à 15 jours (figure 07).

D'après Laouer (1981) le vide sanitaire joue plusieurs rôles :

- Il permet le séchage des locaux ;
- Il permet d'effectuer des réparations nécessaires et de bien préparer l'arrivée de la nouvelle bande ;
- Il permet de lutter contre les rongeurs ;
- Il permet enfin de disposer d'un peu de temps pour compléter la formation du personnel.

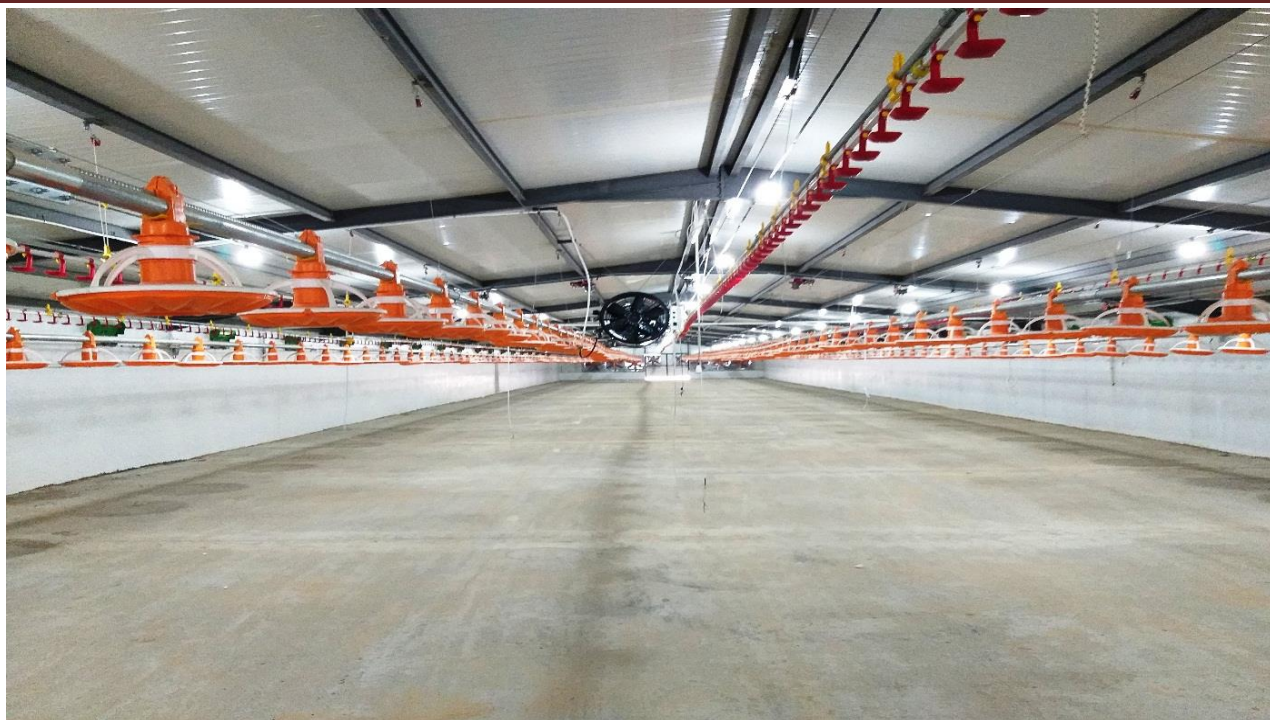


Figure 07: Désinfection et vide sanitaire (Photo originale, 2023)

12. La Prophylaxie Médicale

Les programmes de vaccination du poulet de chair doivent être sous la surveillance et le contrôle des autorités compétentes. Mais la vaccination toute seule n'est pas suffisant pour protéger les lots contre les défis importants, surtout si la gestion est inadéquate (tableau 04).

12.1. La Vaccination

Selon les guides d'élevages Arbor Acres (2018) ; HUBBARD (2015) et COBB (2012), les parentaux sont vaccinés contre un certain nombre de maladies pour passer efficacement les anticorps aux poussins. Ces anticorps servent à protéger les poussins pendant la première période de la croissance. Cependant ces anticorps ne protègent pas les poulets de chair pendant toute leur vie. De ce fait, il est nécessaire de vacciner les poulets de chair soit au couvoir ou à l'élevage afin de prévenir certaines maladies. La date de vaccination devrait être basée sur le niveau d'anticorps maternels estimés, par rapport à la maladie en question et les risques actuels du terrain. Le succès d'un programme de vaccination dépend de la propre administration du vaccin. Ci-dessous sont les importantes recommandations à prendre en compte lors de la vaccination soit par l'eau de boisson ou par pulvérisation. Les recommandations spécifiques pour l'application du vaccin peuvent être obtenues par les fournisseurs de vaccin, car les recommandations des fournisseurs peuvent être différentes des indications générales suivantes (tableau 04).

Tableau 04: Protocole vaccinal des élevages de poulets de chair (Arrêté Ministériel du 27 mars 1995 définissant les mesures générales de prévention en élevage avicole)

AGE	NOME DE LA MALADIE	TYPE DE VACCIN	MODE D'ADMINISTRATION PRECONISE
J 01 (Au Couvoir)	- BRONCHITE INFECTIEUSE - NEWCASTLE	Vaccin Vivant Mass Vaccin Vivant Attenué	Nébulisation. Nébulisation.
J 07	- NEWCASTLE	Vaccin Vivant Attenué	Nébulisation.
J 12	- BRONCHITE INFECTIEUSE	Variant	Nébulisation.
J 16 - J 18	- MALADIE DE GUMBORO.	Intermédiaire (+)	Eau de Boisson
J 25- J 28	- BRONCHITE INFECTIEUSE - NEWCASTLE	Vaccin Vivant Mass Vaccin Vivant Attenué	Nébulisation. Nébulisation.

Chapitre II

La Colibacillose Aviaire

1. Historique

La mortalité des volailles et l'isolement d'une bactérie depuis le cœur, le foie et la rate, correspondant à *E. coli*, est rapporté pour la première fois par Lignières en 1894. Entre 1894 et 1922, la maladie est décrite chez le pigeon, le cygne, la dinde et la caille. La première description de la colisepticémie est publiée en 1907 : mortalité importante de poulets présentant des lésions semblables à celles engendrées par le choléra. En 1923, une infection est décrite par Palmer (1923), où des oiseaux somnolents, asthéniques et paralytiques, présentant une entérite infectieuse, où *E. coli* est isolé. En 1938, une maladie qui ressemble à la pullorose provoque des pertes de 15-40% chez des poussins âgés de moins de 10 jours, provenant du même couvoir. Les poussins présentent une péricardite, une péri hépatite et des taches blanchâtres sur le foie. *E. coli* est isolé des tissus. Entre 1938 et 1965, la coligranulomatose (maladie de Hjarre) et l'implication d'*E. coli* dans une grande variété de lésions, incluant l'atteinte des sacs aériens, des arthrites, des abcès plantaires, omphalite, panophtalmie, péritonite et salpingite sont identifiées et décrites (Messai, 2011).

2. Définition

La colibacillose aviaire est une infection localisée ou généralisée causée par *Escherichia Coli*. Elle est généralement secondaire à une cause primaire infectieuse ou non infectieuse et elle se manifeste sous plusieurs formes Septicémie colibacillaire, Coligranuloma (Hjarre's disease), maladies respiratoires chroniques (M.R.C.), Péritonite, Salpingite, Ostéomyélite/Synovite, Panophtalmie, Omphalite, Cellulite aviaire (processus inflammatoire) (Oubouyahia et Nassik, 2021).

La colibacillose aviaire est la principale cause de grosses pertes économiques dans le monde de l'avicultur. (Brugere-picoux, 2015).

3. Etiologie

L'agent étiologique de la colibacillose est la bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*). Ils'agit d'une bactérie Gram-, non sporulée, souvent mobile, de la famille des *Enterobacteriaceae*, du genre *Escherichia*. Cette bactérie est caractérisée par les antigènes O (somatique), H (flagellaire), et K (capsulaire) qui permettent d'identifier plusieurs sérotypes (Al Hassane, 2012).

- **Caractères physico-chimiques**

E. Coli est détruite à une température de 60°C pendant 30 minutes. Sa sensibilité à différents agents chimiques (produits alcalins et acides tel que glutaraldéhydes à 2% et ammoniums quaternaires à 3%) et physiques est similaire aux autres entérobactéries. Ce germe peut persister pendant une longue période dans la litière quand elle est sèche. (Oubouyahia et Nassik, 2021)

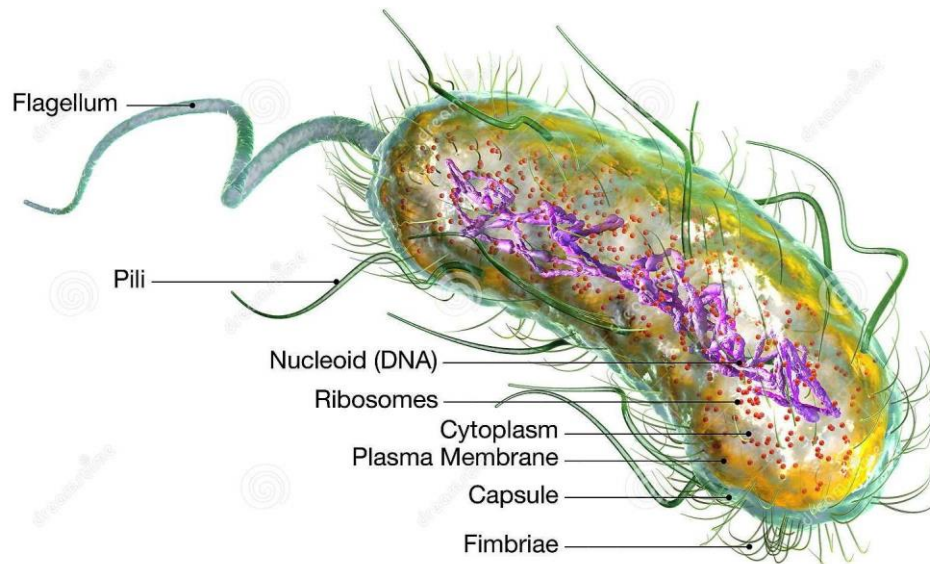


Figure 08: Représentation schématique de la structure d'*E. coli* (<https://fr.dreamstime.com>).

- **Caractères morphologiques**

L'Escherichia coli se présente sous forme de bacille à bout arrondi, à Gram négatif ; mesurant approximativement 2 à 4 μm de longueur sur 0.6 μm de largeur, ne possédant ni capsule ni spore, elle est mobile grâce à une ciliature péritriche (figure 08). (Dib et Raffad, 2022)

- **Caractères cultureux**

Germe aéro-anaérobie facultatif, non exigeant. (Clave, 2012)

Capable de croître sur des milieux ordinaires à base de peptone ou d'extraits de viande et non halophile. (Loukiadis, 2007)

Elle se développe en 24 heures avec un optimum de pH et de température respectivement de 7 et 37°C sur les milieux gélosés en donnant des colonies rondes, lisses à bords réguliers de 2 à 3 mm de diamètre non pigmenté. Sur des milieux lactose, les colonies sont généralement lactose positif. Sur gélose au sang elles peuvent être hémolytiques. (Loup et *al.*, 2000)

L'aspect des colonies varie en fonction du milieu nutritif utilisé (Tableau 05). En bouillon nutritif, un aspect trouble avec des ondes moirées apparaît dans les premières heures. Une odeur fécaloïde se manifeste quand le tube est ouvert (Oubouyahia et Nassik, 2021).

Tableau 05 : Aspects des colonies d'*E. Coli* en fonction du milieu nutritif utilisé (Oubouyahia et Nassik, 2021)

Milieu	Aspects des colonies
Nutritif ordinaire gélosé	Convexes, lisses, peu colorées, à bords réguliers, de 1 à 3 mm de diamètre en moyenne
Mac Conkey	Lisses, translucides, brillantes, de couleur rose
Eosine Bleu de Méthylène (E.M.B)	Violettes, très foncées, brillantes avec un reflet métallique
Gélose au sang	Entourées d'une zone d'hémolyse (pour les souches hémolytiques <i>E. Coli</i>)
Gélose de Drigalski	Jaunâtre

• **Caractères Biochimiques**

Les principaux caractères biochimiques pour la majorité des souches d'*E. Coli* sont les suivants (tableau 06):

- Elle fermente le glucose et le lactose avec production de gaz.
- Elle possède une enzyme: tryptophanase, transformant le tryptophane en indole.
- Elle n'utilise pas le citrate quand il est la seule source de carbone.
- Elle possède une lysine décarboxylase(LDC).
- Elle ne possède pas la tryptophane-désaminase, l'uréase et l'oxydase.
- Elle ne produit pas d' H_2S (sauf quelques souches).
- Elle fermente le mannitol pour la plupart des souches.
- Elle donne lieu à une réaction du rouge de méthyle positive, et à une réaction de Voges-Proskauer (VP) négative.

Tableau 06 : Synthétise les principaux caractères biochimiques d'*E.coli*. (Oubouyahia et Nassik, 2021).

Caractères biochimiques	Présence
Fermentation du glucose et lactose (Avec production de gaz)	+++
Désaminase	-
Rouge de methyl	+
Uréase	-
Indole	+++
Mannitol	+
Acétoïne	-

Citrate	-
H ₂ S	-
Saccharose	+
VP	-
LDC	+

- **Caractères antigéniques**

D'après Azzam (2017), l'étude de cette structure antigénique est très utile car certain sérotype en un pouvoir pathogène particulier, Kaufman a distingué trois variétés d'antigène O, H, K :

- ✓ **Antigène O**

On distingue jusqu'à présent 163 antigènes (O) différents ; c'est l'antigène de la paroi des entérobactéries ils sont :

Thermostables, une fraction protéique qui rend le complexe antigénique, une fraction poly osidique qui détermine la spécificité de l'antigène, une fraction lipidique très toxique, elles peuvent permettre l'agglutination en présence d'un immunosérum spécifique.

- ✓ **Antigène H**

Sont au nombre de 50, antigènes flagellaires, ils sont de nature protéique, thermolabiles et permettent une agglutination en présence d'un immunosérum spécifique.

- ✓ **Antigène K**

Antigène de surface ou d'enveloppe K, il existe 3 variétés d'antigènes K :

- L'antigène L : est le plus fréquent thermolabile, à un pouvoir de masquer l'antigène O.
- L'antigène A : est rare c'est un antigène thermostable capsulaire (les *E. coli* encapsulés sont relativement fréquentes dans les infections urinaires)
- L'antigène B : est toujours présent chez *E. coli* entéropathogène.

À l'heure actuelle 94 antigènes (K) différents sont recensés. En définitive, la formule complète d'un colibacille apparait complexe : Exemple : O138 : K81 (B) : H19.

4. Classification

Tableau 07 : La classification d'*Escherichia Coli* (Goodfellow et al., 2012).

Règne	<i>Bacteria</i>
Embranchement	<i>Proteobacteria</i>
Classe	<i>Gamma Proteobacteria</i>
Ordre	<i>Enterobacteriales</i>
Famille	<i>Enterobacteriaceae</i>
Genre	<i>Escherichia</i>
Espèce	<i>Escherichia (E. coli)</i>

5. Epidémiologie

D'après Bensafia et al. (2018), l'*Escherichia coli* est rencontré dans le monde entier et toutes les espèces de volailles sont sensibles à la colibacillose, la transmission par les œufs est fréquente et il en résulte une infection de l'embryon et une mortalité précoce des poussins, la bactérie pénètre dans l'œuf à travers les pores de la coquille suite à la contamination fécale de la surface de l'œuf

La propagation du colibacille est rapide après l'éclosion, le sperme contaminé utilisé pour l'insémination artificielle des dindes représente un autre mode de contamination, la transmission horizontale s'effectue par contact direct ou indirect entre les oiseaux dans un troupeau, les sources courantes de coliformes pathogènes comprennent l'aliment, les excréments des rongeurs, les oiseaux sauvages et l'eau de puits. Les larves et les adultes des ténébrions (*Alphitobius diaperinus*) et les mouches domestiques adultes (*Musca domestica*) sont d'excellents vecteurs mécaniques d'*E.Coli*.

La période d'incubation varie selon la maladie provoquée par *E.coli*. Dans les conditions du terrain, la colisepticémie apparaît habituellement 5 à 7 jours après une infection causée par des agents primaires (par exemple, les virus de la bronchite infectieuse, de la maladie de Newcastle, de la maladie de Gumboro, de l'entérite hémorragique, etc... (Bensafia et al., 2018).

6. Symptomatologie

6.1. Symptôme généraux

D'après Al Hassan (2012) Le premier signe clinique rencontré est une chute importante de la consommation alimentaire. Ensuite, l'abattement accompagné et l'hyperthermie (42 à 44°C) apparaissent. Les animaux, les plus atteints, présentent alors des signes de détresse respiratoire (bec

ouvert, respiration accélérée et irrégulière) et une diarrhée blanchâtre. Les manifestations cliniques diffèrent suivant l'âge de l'animal.

- **Chez le jeune poussin** : mortalité embryonnaire peu avant l'éclosion, coquille de mauvaise qualité à la surface humide et chaude Les mortalités peuvent se poursuivre jusqu'à 3 semaines après éclosion Parfois retards d'involution de la vésicule vitelline et omphalite associée).

- **Animaux de 2 à 9 semaines** : septicémie et maladie respiratoire chronique (contamination secondaire à une infection à *Mycoplasma gallisepticum*), expression principale de la colibacillose, responsable de pertes importantes; Diminution importante de la consommation alimentaire Puis abattement, hyperthermie et signe de détresse respiratoire chez les individus les plus atteints Mort dans 30 à 50% des cas).

- **Animaux de quelques mois** : ovarite et salpingite, infection chronique par voie ascendante ou par propagation des bactéries du sac aérien gauche vers l'oviducte).

- **Animaux de 30 semaines** : maladie de la tête gonflée (contamination secondaire à une infection virale) : inflammation aiguë des cellules de la peau et du tissu sous-cutané de la tête et des régions périorbitaires. (Dib et Raffad, 2022)

6.2 Signes cliniques et lésions

En général, les poulets à griller d'environ 5 semaines sont touchés. Les oiseaux de tout âge peuvent être touchés si la résistance est réduite par des facteurs prédisposant. Les poussins de moins de 10 jours et les vieux sont particulièrement sensibles si leur résistance a été réduite.

La gravité de l'infection peut être légère ou persistante, et les signes cliniques peuvent être absents dans ces cas. Les oiseaux atteints de colisepticémie peuvent devenir léthargiques et cesser de manger et de boire. La gravité de la maladie peut être indiquée par le degré de réduction de la consommation d'eau (Nolan et *al.*, 2015).

Les oiseaux atteints de maladies chroniques montrent des signes de retard de croissance et de cruauté. Les infections à *E. coli* chez la volaille se présentent sous deux formes : systémique et localisée. (Yuvraj, 2019)

a. Formes localisées de colibacillose

➤ Omphalite/infection du sac vitellin

La mauvaise hygiène de l'écloserie et la contamination de la coquille d'œuf contribuent à l'inflammation du nombril (omphalite) des nouveau-nés et infection concomitante du sac vitellin adjacent (vitelline sacculite). L'infection du sac vitellin est la cause la plus fréquente de mortalité des poussins au cours de la première semaine suivant l'éclosion, c.-à-d., la mortalité précoce des poussins.

- Les oiseaux touchés montrent une dépression, un abdomen gonflé et une tendance à se regrouper (se blottir)

- Les oiseaux touchés sont souvent déshydratés, rabougris, et peuvent avoir un collage d'évent et une vésicule biliaire élargie
- Sac vitellin non absorbé
- Sac vitellin distendu et malodorant avec une anomalie de couleur et de consistance
- Le tissu autour du nombril est souvent humide et rouge (enflammé); ainsi la maladie est souvent appelée "mushy" poussin ou poulailler maladie
- Péritonite et hémorragie à la surface de l'intestin (Yuvraj, 2019).

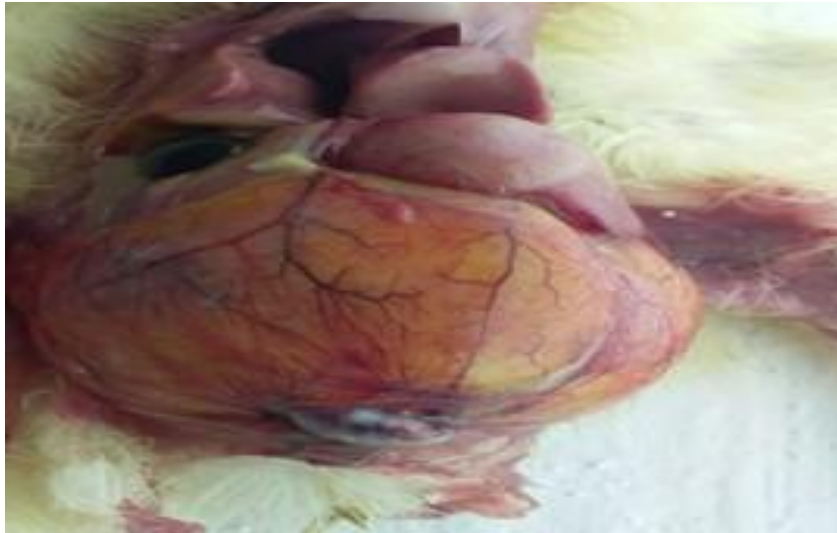


Figure 09 : Omphalite colibacillaire chez les poussins type Chair. (Oubouyahia, 2020)

➤ **Syndrome de la tête gonflée**

Une forme aiguë à subaiguë de cellulite qui affecte le tissu sous-cutané de la zone péri orbitale, donnant une enflure. Le visage du poulet est gonflé. Le gonflement de la tête est causé par des exsudats inflammatoires sous la peau qui s'accumulent en réponse à des bactéries, habituellement *E.coli*, après des infections virales des voies respiratoires supérieures, comme le métapneumovirus aviaire, le virus de la bronchite infectieuse, etc. (Nolan et *al.*, 2013)

Et est pire dans les troupeaux exposés à des niveaux élevés d'ammoniac dans l'air. (Nolan et *al.*, 2015)

Les poulets à griller et leurs parents sont principalement touchés, caractérisés par l'apparence enflée du visage, les symptômes respiratoires (toux et éternuements), la trachéite, l'opisthotonus, la diarrhée verte avec une odeur nauséabonde. (Guerin et Boissieu, 2008)



Figure 10 : Syndrome de la tête gonflée. (Nolan et *al.*, 2015)

➤ **Cellulite coliforme (processus inflammatoire)**

La cellulite est l'inflammation du tissu conjonctif lâche situé sous la peau. Les plaques d'exsudat sérosanguinique à caséuse dans les tissus sous-cutanés sont généralement situées sur l'abdomen ou entre la cuisse et la ligne médiane. Les signes cliniques sont généralement absents. Des lésions sont observées lors du traitement après ébavurage ou lors de l'autopsie. Les lignes d'engraissement rapides, lourdes et agressives, le plus souvent, sont susceptibles d'avoir des rayures sur la peau, ce qui prédispose à l'infection par les coliformes, puis à la cellulite (Nolan et *al.*, 2015).

Les mâles sont plus souvent touchés que les femelles ce qui pourrait être dû à son association avec le poids et l'agressivité. Parmi les autres facteurs de risque, mentionnons la mauvaise mise en plumes, la densité élevée du troupeau et la qualité de la litière, qui rendent les oiseaux sujets aux égratignures. (Yuvraj, 2019)

➤ **Maladie diarrhéique (entérite)**

L'entérite primaire est une manifestation courante des infections à *E. coli* chez les mammifères, y compris les humains, mais elle est considérée comme rare chez la volaille. La diarrhée est le résultat d'infections entérotoxigènes (ETEC), entérohémorragiques (EHEC), entéropathogéniques (EPEC) ou entéro-invasives d'*E. coli* (EIEC); chaque type présentant certains facteurs de virulence qui déterminent les caractéristiques des maladies entériques. (Nolan et *al.*, 2013)

Les souches qui causent l'entérite sont capables de gripper et d'effacer l'épithélium intestinal. Les oiseaux sont déshydratés et montrent de la diarrhée. L'intestin et l'aveugle des oiseaux atteints sont pâles et distendus avec des taches de liquide et de mucus. Des « fosses et des piédestaux » caractéristiques qui adhèrent aux lésions floues recouvertes d'*E. coli* collé sont observés dans les intestins. (Nolan et *al.*, 2015)

➤ **Colibacillose vénérienne (vaginite aiguë)**

La colibacillose vénérienne est plus fréquente chez les dindes reproductrices. La vaginite est aiguë et cause le plus souvent la mortalité. Cloaque et prolapsus intestinal. La péritonite accompagne

souvent la vaginite. La muqueuse des poules atteintes est épaissie, ulcérée et recouverte d'une membrane caséonécrotique. La production d'œufs est réduite avec un plus grand nombre de petits œufs. (Yuvraj, 2019)

➤ **Salpingite et péritonite**

L'inflammation de l'oviducte (salpingite) due à l'infection à *E. coli* réduit la production d'œufs avec la mort des poules pondeuses et des reproducteurs. La mortalité est sporadique et les infections peuvent se propager au péritoine causant la péritonite. Les oviductes présentent une masse ferme ou des masses d'exsudat caséux. Le cloaque, les sacs d'air infectés, le picotement et le prolapsus sont responsables de l'infection. (Guerin et Boissieu, 2008 ; Linden, 2015)

Quand *E. coli* se propage de l'oviducte à l'abdomen, salpingo-peritonitis se produit. Chez les oiseaux immatures, l'oviducte est infecté par l'extension de la saculite qui affecte la poche d'air abdominale gauche. (Nolan et al., 2013)

Les oiseaux touchés montrent des signes de perte sporadique de ponte, des événements endommagés, des fuites d'urate, un abdomen distendu et la mort. (Yuvraj, 2019)



Figure 11 : Infection colibacillaire de la grappe ovarienne accompagnée d'une salpingite (Aspect cuit des ovules). (Guerin et Boissieu, 2008)

➤ **Orchite coliforme / épидидymite / épидидymite**

Les testicules et l'épididyme des coqs atteints sont gonflés, fermes, de forme irrégulière et peuvent avoir des adhérences aux tissus adjacents; la nécrose est étendue. Les lésions sont généralement unilatérales. (Yuvraj, 2019)

➤ **Péritonite des œufs**

Presque toujours, la péritonite des œufs est causée par *E. coli*. La péritonite des œufs est l'inflammation du péritoine causée par la présence d'un œuf brisé dans la cavité abdominale.

C'est une cause fréquente de décès sporadique chez les poules pondeuses ou reproductrices, mais dans certains troupeaux, elle peut devenir la principale cause de décès avant ou après avoir atteint la production maximale et donner l'apparence d'une maladie contagieuse. (Rosales, 2019)

Les oiseaux morts présentent des morceaux épars de jaune, de jaune épais, de matière ressemblant à du fromage ou de liquide laiteux dans la cavité abdominale. (Vegad, 2015)

Un œuf complet ou partiellement formé peut être touché dans l'oviducte.

b. Formes systémiques de colibacillose

➤ Colisepticémie

La colisepticémie est définie par la présence d'*E. coli* virulent dans le sang des oiseaux. La durée, le degré et l'issue de la maladie plus le modèle et la gravité des lésions sont déterminés par la virulence et le nombre d'organismes, équilibré avec l'efficacité des défenses de l'hôte. La forme la plus courante de colibacillose est caractérisée par une infection respiratoire initiale (sacculite de l'air), souvent suivie d'une infection généralisée (périhépatite, péricardite et septicémie). (Yuvraj, 2019)

La colisepticémie progresse aux étapes suivantes : septicémie aiguë, polysérose subaiguë et inflammation granulomateuse chronique. La péricardite, caractéristique de la colisepticémie, est fréquemment observée et peut être associée à une myocardite. Le péricarde devient nuageux et œdémateux. Initialement, les masses fluides et molles de exsudat pâle s'accumule dans le sac péricardique, suivi d'exsudat fibrineux. Avec la progression de la maladie, les exsudats augmentent, deviennent plus cellulaires et se marient. (Nolan et *al.*, 2013)

Ensuite, le sac péricardique adhérent enflammé subit une organisation (fibrose), entraînant une péricardite constrictive et une insuffisance cardiaque. La périhépatite fibreuse et la splénomégalie avec des tissus nécrotiques dans le foie et la rate peuvent être évidentes.

Il y a des saculites aériennes de gravité variable et, par conséquent, des signes respiratoires tels que les râles, les éternuements et la toux sont observés. L'ostéomyélite, l'arthrite, la ténosynovite et la spondylarthrite peuvent être des séquelles de la colisepticémie. À l'examen de PM, les poches d'air infectées s'épaississent, sont opaques et peuvent contenir des exsudats caséux. Les oiseaux touchés sont d'apparence normale et sont souvent trouvés morts avec une culture complète, parfois en colisepticémie aiguë. (Yuvraj, 2019)

Chez les pondeuses et les reproducteurs, la plupart des éclosions sont associées au début de la production d'œufs, mais elles surviennent moins fréquemment à un âge plus avancé. On a observé un début rapide de dépression profonde, de boiterie et de diarrhée (Zanella et *al.*, 2000).

À l'autopsie, la polysérose (péri hépatite, péricardite) et la péritonite associée au jaune libre dans la cavité péritonéale, l'oophorite et la salpingite étaient présentes chez la plupart des oiseaux (Nolan et *al.*, 2013).

Les poussins sont affectés dans les 24-48 heures après l'éclosion. Un total de 10-20% de mortalité est observé avec élévation pendant 2-3 semaines. Les lésions initiales chez les poussins consistent en une congestion des poumons et une splénomégalie. Lorsque la bactérie se trouve dans le système nerveux central. La méningite et l'encéphalite sont évidentes chez les jeunes poussins. Les oiseaux touchés présentent des signes neurologiques d'aviron et/ou de torsion du cou. La panophtalmie unilatérale est occasionnellement observée et se caractérise par une inflammation grave et des dommages au tissu interne de l'œil (Yuvraj, 2019).

➤ **Septicémie hémorragique**

Cette forme se produit chez les poulets de chair et les dindons, elle se caractérise par des altérations circulatoires généralisées, la décoloration de la graisse sous-jacente, liquide sanglant sur les surfaces sereuses, œdème pulmonaire et hémorragie, et l'élargissement du foie, de la rate et des reins. La nécrose généralisée du foie et la nécrose multifocale de la rate sont évidentes sur les surfaces coupées (Nolan et *al.*, 2013).



Figure12 : Congestion des muscles pectoraux chez le poulet de chair (Oubouyahia, 2020)

➤ **Coligranulome**

Le coligranulome (maladie de Hjarre) est une forme sporadique de colibacillose qui touche les poulets, les dindes et les cailles. Plusieurs granulomes se produisent dans le foie, proventriculus, ventricule, intestin grêle, cécum et mésentère (Yuvraj, 2019).

7. Diagnostic

7.1. Diagnostic clinique

On suspectera une colibacillose lors d'omphalite chez les jeunes ou suite à l'apparition de salpingite ou de la forme respiratoire chez les adultes, à l'autopsie, on peut noter divers aspects lésionnels macroscopiques (ascite, aérosacculite, péri hépatite, péricardite, péritonite, ovarite, salpingite et un aspect cuit des ovules d'odeur nauséabonde chez les adultes en ponte (Ndiaye, 2010).

Il faut cependant garder à l'esprit que ces lésions peuvent aussi être engendrées par d'autres agents pathogènes.

7.2. Diagnostic différentiel

Plusieurs bactéries causent des lésions similaires à celles observées dans la colisepticémie. Il est important de garder à l'esprit que *E. coli* peut également être aussi présent en même temps que les agents pathogènes énumérés ci-dessous:

- **Septicémie aiguë:** *Pasteurella*, *Ornithobacterium*, *Riemerella*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, etc
- **Péricardite et péritonite:** *Chlamydia* (rare), *Pasteurella multocida*, *Streptococcus spp.* et *enterococcuspp.* Chez les canards, *Riemerella anatipestifer* peut également provoquer une aérosacculite.
- **Aérosacculites:** *Pasteurella*, *Mycoplasmaspp.* et *Chlamydia*.
- **Infection du sac vitellin:** Espèces des genres *aerobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Salmonella*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *clostridium*, etc.
- **Granulomes hépatiques:** Bactéries anaérobies des genres *Eubacterium* et *Bacteroides* (Dib et Raffad 2022).

7.3. Diagnostic de laboratoire

Dib et Raffad (2022) ont mentionnés qu'en présence de lésions évoquant la colibacillose, un isolement et une identification de l'agent responsable permettront de confirmer la maladie, les prélèvements sontensemencés en milieux appropriés (bleu d'éosine méthylène ou EMB, Mac Conkey agar ou Drigalski agar), un diagnostic présomptif d'infection par *E. coli* peut être fait si la plupart des colonies apparaissent sombres, avec des reflets métalliques, sur gélose EMB, ou rose vif, avec un précipité, sur gélose Mac Conkey, les colibacilles sont ensuite mis en évidence par croissance sur galerie biochimique miniaturisée qui donne les caractéristiques biochimiques de l'agent isolé.

L'isolement d'une souche d'*E. coli* à partir d'une lésion pose toujours problème de son identification comme pathogène ou non pathogène. *E. coli* étant un hôte habituel du tube, digestif des volailles, l'isolement d'une souche non pathogène ne peut pas être totalement exclu, il est donc nécessaire de compléter la caractérisation des souches potentiellement pathogènes par le sérotypage et le criblage des gènes codant pour les facteurs de virulence, avec des techniques de biologie moléculaire. (Dib et Raffad 2022)

8. Interaction d'*E. coli* avec d'autres infections et agents non infectieux

Il a été mentionné précédemment, *E. coli* est une bactérie peut être liée à d'autres maladies. Cependant, son rôle peut différer d'un cas à l'autre, agissant individuellement comme un agent causal ou agir comme agent pathogène secondaire complication d'autres maladies virales,

bactériennes ou parasitaires ainsi qu'une mauvaise gestion environnementale. Les virus respiratoires comme le paramyxovirus (la maladie Newcastle), coronavirus (Bronchite infectieuse), métapneumonivirus (syndrome de rhinotrachéite aviaire et de gonflement de la tête), herpèsvirus (laryngotrachéite infectieuse), orthomyxovirus (grippe aviaire) peuvent déclencher la colibacillose aviaire (Mosleh et al., 2017; Samy et Naguib 2018).

Causes bactériennes comme *Mycoplasma gallisepticum* ou *Mycoplasma synoviae* peut aussi être compliqué avec *E.coli* créant des syndromes respiratoires graves avec des effets néfastes graves sur les oiseaux. Ces agents infectieux peuvent endommager les cils de l'appareil respiratoire supérieur, un mécanisme défensif important contre la pénétration d'*E.coli*, ou agir comme agents immunosuppresseurs (Guabiraba et Schouler, 2015).

Les virus immunosuppresseurs tels que Birnavirus (maladie infectieuse des bourses) et circovirus (anémie infectieuse du poulet) peuvent prédisposer une infection secondaire par *E.coli*. (Gowthaman et al., 2012; Umar et al., 2017).

Outre les agents infectieux susmentionnés, les facteurs environnementaux sont bien établis pour jouer un rôle crucial en tant que facteur de risque de transmission horizontale des maladies (Natsos et al., 2016).

9. Traitement

Elle est basée essentiellement sur antibiothérapie, il est efficace d'utiliser les quinolones par voie orale, lincosamides, bétalactamines, tétracyclines qui ont le pouvoir de franchir la barrière intestinale (Chaib, 2017).

E. Coli est sensible à plusieurs antibiotiques cependant le problème de l'antibiorésistance est d'envergure mondial n'épargne pas le secteur avicole (Nassik, 2020).

10. Résistance au traitement aux antimicrobiens

Les antimicrobiens sont utilisés depuis des décennies comme outil contre la colibacillose. Cependant, *E. coli* comme beaucoup d'autres bactéries ont la capacité de créer une résistance aux antibiotiques sous la pression de l'utilisation d'antibiotiques. (Koutsianos et al., 2021)

Cette résistance est créée lorsque les antibiotiques sont utilisés abondamment selon un calendrier prophylactique ou lorsque le traitement antibiotique est appliqué incorrectement en utilisant un dosage insuffisant (OIE, 2016).

La création d'une résistance aux antibiotiques repose sur la capacité des bactéries à modifier la composition de leur membrane externe, à produire des enzymes qui endommagent les antimicrobiens ou altèrent leur métabolisme. Les bactéries ont également la capacité de transférer du matériel génétique qui régule les gènes de résistance aux antibiotiques à d'autres bactéries qui

infectent les animaux ou les humains, transformant les bactéries sensibles en bactéries résistantes et posant une grande préoccupation pour leur santé (Quinn et al., 2011).

La transformation d'une bactérie *E.coli* sensible en bactérie résistante peut se produire soit par des mutations génétiques, soit par la transformation de matériel génétique comme les plasmides) entre deux cellules bactériennes horizontalement (Koutsianos et al., 2021).

Les tendances en matière d'antibiorésistance pour les souches d'*E.coli* varient d'un pays à un autre selon le monde utilisation d'antibiotiques et est devenu un domaine de recherche pour de nombreux projets. Dans une enquête réalisée au Maroc, des isolats d'*E.coli* d'oiseaux coliseptismiques a révélé une résistance élevée pour sulfamides, oxytétracycline, triméthoprime et sulfaméthoxazole et chloramphénicol (Koutsianos et al., 2021).

Au Maroc, la résistance d'*E. Coli* aux antibiotiques est en perpétuelle évolution et demeure un problème majeur de santé publique. Dans une étude récente à l'étage des reproducteurs type chair au Maroc, les profils antibiogrammes obtenus ont montré une résistance très élevée à la majorité des antibiotiques. Ainsi la résistance à la fluméquine est de (97,0%), suivit par l'amoxicilline (93,9%), la Tétracycline (84,8%), la Doxycycline (78,8%), l'Enrofloxacin (54,5%), la Triméthoprime-Sulfamide (42,4%). Par contre, une faible résistance a été noté contre la fosfomycine (6,06%) et aucune résistance n'a été constaté pour la Colistine (0%) et le Florfénicol (0%). Il est important de noter que ces derniers antibiotiques même s'ils sont efficaces contre *Escherichia Coli* sont rarement utilisés pour le traitement des septicémies colibacillaires pour diverses raisons (Colistine: administration délicate par injection à des reproducteurs en période de ponte; Flofénicol: chute de fertilité; Fosfomycine: efficacité controversée même si la sensibilité est très élevée sur l'antibiogramme). Le tableau 08 résume la situation des profils antibiogrammes obtenus pour 50 prélèvements chez les reproducteurs type chair (Oubouyahia et Nassik, 2020).

Tableau 08: Fréquence de sensibilité des souches d'*E. Coli* vis-à-vis des principaux antibactériens pendant la période 2018 et 2019 sur 50 prélèvements chez les reproducteurs type chair au Maroc (Oubouyahia et Nassik, 2020)

Antibiotique	Résistant (%)	Intermédiaire (%)	Sensible (%)
Colistine	0,00%	0,00%	100,00%
Amoxicilline	93,94%	0,00%	6,06%
Tétracycline	84,85%	3,03%	12,12%
Flumequine	96,97%	3,03%	0,00%
Enrofloxacin	54,55%	18,18%	27,27%
Triméthoprime-sulfa	42,42%	6,06%	51,52%
Doxycycline	78,79%	12,12%	9,09%
Fosfomycine	6,06%	0,00%	93,94%
Florfénicol	0,00%	0,00%	100,00%

11. Autres stratégies de contrôle

Puisque l'antibiorésistance augmente, il est nécessaire adopter des mesures de rechange et mettre en outils et méthodologies afin de contrôler les bactéries maladies. Comme de nombreuses souches d'*E.coli* abritent dans le intestin de l'oiseau, composés qui peuvent contrôler la surpopulation intestinale avec *E.coli* peut être utile contre colibacillose. Le terme « exclusion concurrentielle » a ont également été introduites pour décrire leur mécanisme. Probiotiques et prébiotiques ont prouvé leur efficacité contre la colibacillose. Les probiotiques sont des microorganismes qui appartiennent principalement à la famille des *Bacillus* (*Lactobacillus*, *Bacillus*, *Bifidus Enterococcus*) et la famille des levures/moisissures (*Aspergillus/Candida*). Les probiotiques se sont révélés positifs effet d'améliorer la santé de l'oiseau en minimisant *Lactobacillus reuteri* colonisation intestinale bactérienne pathogène, production de métabolites pathogènes antagonistes et stimulation de la réponse immunitaire (Jaiswal et al., 2019).

Ont montré que l'utilisation de peut réduire la population bactérienne pathogène, y compris *E.coli*, dans l'intestin des poulets à griller. Résultats similaires de la diminution du nombre de *E.coli* dans les poulets à griller après l'utilisation de probiotiques seas révélée par (Salim et al., 2013).

Deux projets similaires menés par (Dong et al., 2019) et (Cao et al., 2013) ont révélé l'effet bénéfique d'une supplémentation en probiotiques (*Enterococcus faecalis*) dans l'alimentation des poulets à griller. L'utilisation de probiotiques a contribué à la réduction du nombre de bactéries *E.coli* dans l'intestin des poulets à griller, après l'exposition à *E.coli*-K88.

Les prébiotiques sont des substances nutritionnelles qui ne sont pas digéré et sont nécessaires à la survie des bactéries intestinales qui aident le fonctionnement normal de microflore intestinale. Les deux principales catégories de prébiotiques sont les fructo-oligosaccharides et les mannanes-oligosaccharides. Les prébiotiques ajustent le type et le nombre de microflore bénéfique pour la volaille en comparaison aux bactéries pathogènes et de stimuler système immunitaire ont réussi à réduire la population d'*E. coli* dans l'intestin des poulets à griller après l'utilisation de fructo-oligosaccharide dans leur alimentation ont montré que l'utilisation de fructo-oligosaccharide (FOS) et d'oligosaccharide mannien (MOS) dans l'alimentation des poulets à griller a réussi à réduire considérablement le nombre d'*E. coli* dans l'intestin. Certaines huiles essentielles réduisent également le nombre d'*E.coli* dans l'intestin (Ebani et al., 2018).

Ont testé l'activité antimicrobienne de 16 huiles essentielles contre et ont signalé une bonne activité pour au moins 5 huiles contre des isolats d'*E. coli* provenant de volailles. Une autre étude iranienne a tenté de tester l'efficacité de différentes huiles essentielles provenant d'extraits de plantes.

Il a été prouvé que certaines des huiles essentielles testées avaient une activité antimicrobienne contre *E.coli* (Koutsianos et al., 2021).

Les acidifiants ou les acides organiques peuvent diminuer le nombre d'*E.coli* en changeant le pH intestinal et par conséquent réduire le métabolisme des pathogènes intestinaux, ainsi qu'en ajustant la population de bactéries bénéfiques. De plus, on a constaté que les acides organiques peuvent déclencher l'immunité des oiseaux (Emami et al., 2017).

Ont étudié l'activité antimicrobienne des acides organiques après le défi *E.coli*K88 chez les poulets à griller et ont montré que l'utilisation de 3 acides organiques commerciaux a réussi à réduire le nombre d'*E.coli* dans la ceca. Enfin, une autre étude a révélé que l'utilisation d'un produit composé d'acide formique, d'acide acétique et d'acide propionique a contribué à la réduction d'*E.coli* résistant à l'ampicilline, à la tétracycline, à la ciprofloxacine et au sulfaméthoxazoe (Roth et al., 2017).

Un autre outil pour contrôler l'infection à *E. coli* est l'utilisation de virus qui détruisent les cellules bactériennes ou les bactériophages. Les bactériophages sont naturellement présents dans l'environnement et se révèlent efficaces dans la lutte contre la colibacillose. De bonnes pratiques d'hygiène dans l'écloserie réduisent considérablement le risque que de nouveaux oiseaux éclosent soient atteints d'omphalite. Rejet des œufs sales contenant un grand nombre de coliformes sur leur coquille extérieure est une première étape pour minimiser les infections des couvoirs. Pulvérisation des œufs d'incubation avec désinfectants réduit la contamination de la surface des œufs avec *E. coli* et en utilisant également des rayons ultraviolets, on a constaté que cela limitait la possibilité d'infection par *E. coli* chez les poussins. Maintien de conditions environnementales optimales à l'intérieur des poulaillers (qualité de l'air, température ou densité de peuplement) et maintien d'un bon état de santé l'application d'un nouveau régime de vaccination minimise le risque de facteurs prédisposants qui sont habituellement déclencher des éclosions de colibacillose (Koutsianos et al., 2021).

En dehors de tout ce qui précède, la vaccination contre la colibacillose est l'outil le plus intéressant comme moyen alternatif de contrôle de la colibacillose. Des vaccins vivants, sous-unitaires et inactivés ont été testés pour prévenir l'*E.coli* dans la volaille. Les vaccins vivants sont utilisés dans la volaille commerciale et ils sont administré par épandage en masse comme par pulvérisation et semble offrir une protection plus large contre différents sérotypes. Les vaccins sous-unitaires sont appliqués par injection car ils contiennent des protéines (facteurs de virulence *E.coli*) et semblent produire une meilleure immunité hétérologue que les vaccins inactivés. Vaccins inactivés également pris par injection et ont une protection homologe stricte, car ils contiennent plus d'une souche d'*E. coli*. (Ghunaim et al., 2014).

Les vaccins déclenchent principalement une immunité à médiation cellulaire contre Défi *E.coli* que ce type d'immunité joue le rôle le plus important dans la protection des oiseaux par rapport à l'immunité humorale et anticorps (Koutsianos et *al.*, 2021).

12. Prophylaxie

Plusieurs facteurs rendent la lutte contre l'infection colibacillaire en élevage aviaire difficile. Parmi ces facteurs, nous pouvons citer le caractère ubiquiste d'*E. Coli*, le stress et problème de l'antibiorésistance. Le contrôle de la colibacillose passe par une prophylaxie sanitaire et une prophylaxie médicale.

12.1. Prophylaxie sanitaire

Pour assurer un confort suffisant aux animaux, il est absolument fondamental de respecter rigoureusement les règles générales de prophylaxie sanitaire concernant la protection et le fonctionnement de l'élevage, la conception et l'entretien des bâtiments et la conduite de l'élevage, et ce par (Nassik, 2020):

- Respect des normes de la conduite de l'élevage.
- Nettoyage, désinfection et vide sanitaire.
- Vaccination contre les agents primaires des infections respiratoires, surtout la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse.
- Surveiller la qualité bactériologique de l'eau et des aliments. Le traitement de l'eau (eau de javel) réduit sensiblement le niveau de sa contamination, résultant de la contamination fécale des coquilles, l'infection colibacillaire de l'embryon est à l'origine de la mortalité en coquille, ou plus fréquemment encore, de la mortalité embryonnaire.

De ce fait, il semble impératif d'intervenir au niveau des élevages des reproducteurs et au niveau des couvoirs pour réduire la contamination des œufs à couver et ce par:

- Respect rigoureux des règles d'hygiène et normes de biosécurité.
- Ramassage fréquent des œufs et transport au couvoir dans des véhicules propres.
- Fumigation ou désinfection des œufs deux heures au maximum après la ponte.
- Régime riche en protéines, et un niveau élevé de vitamine E (augmente la résistance des poussins).

12.2. Prophylaxie médicale

Il existe un vaccin vivant utilisé chez le poulet âgé de plus de 14 jours et un vaccin inactivé contre les sérotypes O2:K1; O78: K80. De même la vaccination des reproducteurs confère une protection à la progéniture durant deux semaines. Actuellement, il existe un vaccin vivant atténué commercialisé. Cependant, la diversité antigénique des sérotypes d'*E. coli* risque de rendre l'efficacité des vaccins mis au point limitée (Bouzoubaa et El Amrani, 2007).

Chapitre III

Caractéristiques du vinaigre

1. Définition

Selon la Commission du *Codex Alimentarius*, le vinaigre est un liquide propre à la consommation humaine et fabriqué exclusivement à partir de produits appropriés contenant de l'amidon ou des sucres ou de l'amidon et des sucres par des procédés de double fermentation, alcoolique et acéteux. Le vinaigre ne doit pas contenir plus de 0,5 % d'alcool et l'utilisation de stabilisant n'est pas autorisée dans les vinaigres fermentés conformément à la législation européenne. Le vinaigre lui-même ne doit pas contenir moins de 50 grammes par litre (p/v) d'acide acétique (Commission du Codex Alimentarius, 1987).

The Food and Drug Administration des États-Unis (USFDA) mentionne qu'il n'y a pas de normes pour identifier le vinaigre établies en vertu de la Federal Food, Drug and Cosmetic Act. Cependant, la FDA considère qu'une directive satisfaisante pour les vinaigres qui sont des vinaigres naturels est qu'ils doivent contenir plus de 04 grammes d'acide acétique par 100 ml. Le vinaigre est fabriqué par la fermentation alcoolique puis acéteuse du jus de fruit (USFDA, 1977).

L'Union européenne définit le vinaigre comme un produit issu de la double fermentation, c'est-à-dire alcoolique et acétique, de substances d'origine agricole. Des matières premières telles que le vin, le cidre, le malt, la purée de riz, le lactosérum, le moût de raisin concentré et divers types de spiritueux sont utilisés (Erbe & Brückner, 1998).

La réglementation algérienne définit le vinaigre Selon l'arrêté interministériel du 24 Rajab 1418 correspondant au 25 novembre 1997 relatif aux Spécifications techniques et aux modalités et conditions de mise à la consommation des vinaigres, article 02 : la dénomination « vinaigre » est réservés aux liquides préparés exclusivement à partir d'une matière appropriée contenant de l'amidon et/ou des sucres selon le procédé biologique de la double fermentation alcoolique et acétique.

Les vinaigres ont été utilisés comme remèdes dans de nombreuses cultures et ont été signalés comme ayant des effets bénéfiques sur la santé lorsqu'ils sont consommés régulièrement. Ces avantages sont dus à divers types de polyphénols, de micronutriments et d'autres composés bioactifs présents dans les vinaigres qui contribuent à leurs effets pharmacologiques, parmi lesquels des effets antimicrobiens, antidiabétiques, antioxydants, anti-obésité et antihypertenseurs. Il y a de nombreux types de vinaigres dans le monde, y compris le vinaigre noir, le vinaigre de riz, le vinaigre balsamique et le vinaigre de vin blanc. Tous ces vinaigres sont produits à partir de matières premières, de souches de levure et de procédés de fermentation différents, leur conférant ainsi des goûts et des saveurs uniques (Ho et *al.*, 2017).

Le principal composé volatil du vinaigre est l'acide acétique, qui donne au vinaigre son arôme et sa saveur forts et acides. Les autres composés volatils présents dans les vinaigres sont principalement les alcools, les acides, les esters, les aldéhydes et les cétones. La diversité des vinaigres permet des applications étendues dans l'alimentation. (Ho et *al.*, 2017)

Le vinaigre commercial acheté dans les supermarchés a été utilisé autant que possible dans l'expérience décrite ici, mais les concentrations varient d'un pays à l'autre. En France, il est vendu sous forme d'acide acétique à 8 %, mais pas aux États-Unis ou au Venezuela ou en Algérie, où le vinaigre est vendu sous forme d'acide acétique à 5 %. Bien que les acides à chaîne plus longue aient une meilleure activité bactéricide, l'acide acétique (vinaigre) est relativement non toxique, peu coûteux et disponible, ce qui pourrait en faire un biocide efficace et économique pour la désinfection. Il serait particulièrement utile dans les pays à faible revenu.

La capacité élevée de l'acide acétique à tuer les mycobactéries, considérées comme les bactéries les plus résistantes aux désinfectants en raison de la structure de leurs parois cellulaires riches en lipides, suggère qu'il devrait peut-être être ressuscité comme un bactéricide largement efficace qui peut être utilisé comme désinfectant général (Cortesia et *al.*, 2014).

L'acide acétique est présent dans le vinaigre à une concentration de 3 à 5%, utilisé en médecine depuis des milliers d'années. Hippocrate le recommandait pour la conservation des aliments et comme tonique, ainsi que pour soigner les plaies. C'est un acide organique faible et peut être produit de manière coûteuse soit par fermentation à partir d'éthanol, soit par synthèse. En tant que médicament, il est favorable car il peut facilement être autoclavé et stocké (Bjarnsholt et *al.*, 2015).

Il a été évalué que la production de vinaigre aromatisé a été lancée il y a 5000 ans. Les Babyloniens ont produit et commercialisé les vinaigres au 6ème siècle, ainsi que différentes saveurs, qui comprennent principalement le miel, le malt et les fruits, les médecins ont principalement indiqué que le vinaigre est utile pour traiter divers troubles, notamment la fièvre élevée, les maux d'estomac, le croup, l'herbe à puce et l'œdème (Budak et *al.*, 2014) et (Hayajneh et *al.*, 2018).

En l'aviculture, les acides organiques ont été utilisés comme outil pour réduire les bactéries pathogènes. Les principales bactéries pathogènes qui colonisent le tractus intestinal sont *Escherichia coli*, *Campylobacter* et *Salmonella*. Bon nombre des rapports ont documenté les effets positifs des acides organiques sur la réduction de ces bactéries pathogènes dans l'eau potable et dans la partie du tractus gastro-intestinal, ce qui a finalement permis d'améliorer l'utilisation des aliments et les performances de croissance (Khan et *al.*, 2022).

2. Bactériologie

Selon Saichana et *al.* (2015), les bactéries d'acide acétique (BAA) produisent naturellement de l'acide acétique à partir de l'éthanol. Ce sont des bactéries gram négative, aérobies strictes largement répandues dans les substances sucrées ou acides dans la nature ou dans les boissons alcoolisées. Il y a plusieurs nouveaux (BAA) isolés de différentes sources chaque année et il est probable que le (BAA) peut également être trouvé ailleurs, non seulement dans les sources habituelles où les (BAA) sont abondants. en 2008, Yamada et Yukphan ont classé l'(BAA) en dix genres : *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Gluconacetobacter*, *Acidomonas*, *Asaia*, *Kozakia*, *Swaminathania*, *Saccharibacter*, *Neoasaia*, et *Granulibacter*

L'isolement de l'(BAA) des habitats naturels nécessite l'enrichissement des (BAA) en présence d'éthanol, de sucres ou d'alcools de sucre comme sources de carbone.

Il est connu que les (BAA) ont une capacité de fermentation unique, appelée « fermentation oxydative », qui est un processus d'oxydation incomplète où les substrats sont oxydés par des déshydrogénases liées à la membrane et les produits oxydés sont ensuite rejetés dans le milieu de culture. En raison de la nature de la fermentation oxydative, l'O₂ est constamment nécessaire; par conséquent, la disponibilité de l'O₂ pourrait avoir une incidence importante sur le taux de fermentation et donc sur la productivité. La fermentation oxydative est une caractéristique très importante des (BAA), car le rejet de produits oxydés correspondants dans le milieu de culture permet un traitement en aval simple. L'exemple le plus typique de fermentation oxydative est la production d'acide acétique à partir de l'éthanol (Saichana et *al.*, 2015).

Lors de l'oxydation, l'acide acétique s'accumule dans le milieu de culture. Parmi plusieurs genres des (BAA), *Acetobacter spp.* et *Komagataeibacter* (anciennement *Gluconacetobacter*) *spp* attribué à la famille des *Acetobacteraceae* d'*Alphaproteobacteria*. sont le plus souvent utilisés en raison de leur résistance élevée à l'éthanol et à l'acide acétique qui est très important pour la production de vinaigre industriel (Gullo et *al.*, 2014).

Ils sont également capables de produire des polysaccharides pour les aider à flotter sur une surface moyenne. Ces polysaccharides favorisent également l'absorption d'O₂ sur la surface moyenne et protègent contre divers stress, comme une acidité élevée et une température élevée (Saichana et *al.*, 2015).

3. Propriétés physico-chimiques

Les acides organiques sont composés d'un acide carboxylique organique tel que les acides aminés et les acides gras ayant une structure R-COOH (Khan et *al.*, 2022).

L'acide acétique, est un composé organique appartenant au groupe des acides carboxyliques. Sa formule est CH₃COOH (également écrit comme CH₃CO₂H, C₂H₄O₂, ou HC₂H₃O₂) où un groupe méthyle est attaché à un groupe fonctionnel carboxyles (Le Berre et *al.*, 2011).

Son UICPA nom (L'Union internationale de chimie pure et appliquée): acide éthanoïque, est un liquide clair, incolore et corrosif qui a une odeur piquante et est un vésicant dangereux. Il a un pKa de 4,77. Il fond à 16,75 °C et bout à 117,9 °C sous 101,3 kPa. Il a une odeur âcre piquante de vinaigre. L'odeur détectable est aussi faible que 01 ppm. L'acide est combustible avec un point d'éclair faible de 43 °C. Les limites d'explosion de l'acide acétique varient de la limite supérieure d'explosion (LSE) de 16 % à 92 °C à la limite inférieure d'explosion (LIE) de 4% à 59 °C. Le liquide est généralement disponible en acide acétique glacial avec moins de 1% d'eau en poids et plus de 98% de pureté. Outre l'eau, l'acide contient des traces d'impuretés telles que l'acétaldéhyde, les substances oxydées, le fer et les chlorures. Il faut noter que les propriétés physiques de l'acide acétique sont bien documentées et leur exactitude est importante pour la production commerciale. Par exemple, conception et fonctionnement des procédés de distillation. Les valeurs de haute précision constituent un atout précieux pour l'industrie chimique (Le Berre et *al.*, 2011).

Chimiquement, les acides organiques sont des acides faibles et ne se dissocient que partiellement. La plupart des acides organiques sont disponibles sous forme de sels de sodium, de potassium et de calcium avec des variations physiques et chimiques (Khan et *al.*, 2022).

Le groupe fonctionnel carboxyle dans l'acide éthanoïque provoque l'ionisation du composé, donnée par la réaction : $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$. La qualité acide de l'acide acétique provient de la libération du proton (H⁺), décrite par la réaction d'équilibre ci-dessus. Dans une solution d'eau, la constante de dissociation acide (pKa) de l'acide éthanoïque est 4.76. CH₃COO⁻, acétate est la base conjuguée de l'acide acétique. L'acide acétique ne se dissocie pas complètement, car on peut voir que le pH d'une solution d'acide éthanoïque à 1,0 Mol de concentration est de 2,4. L'acide acétique est un solvant polaire protique, avec un constant diélectrique de 6,2 sous sa forme liquide (<https://www.vedantu.com/chemistry/acetic-acid>).

4. Propriétés thérapeutiques:

Effet antimicrobien : le mécanisme antimicrobien des acides organiques a été suggéré pour abaisser le pH de l'intestin, limitant ainsi la croissance des bactéries moins tolérantes au pH acide (Hernandez et *al.* 2006). L'activité antimicrobienne de l'acide organique est liée soit à un acide monocarboxylique simple tel que l'acide butyrique, l'acide propionique, l'acide acétique et l'acide formique, soit à un acide carboxylique ayant un groupe hydroxyle tel que l'acide tartrique, l'acide citrique, l'acide malique et l'acide lactique (Khan et *al.*, 2022).

L'ampleur de l'activité antimicrobienne d'un acide dépend de sa concentration et de son pH. En outre, chacun des acides a un spectre spécifique d'activité antimicrobienne. Par exemple, l'acide lactique est plus efficace contre les bactéries, alors que l'acide sorbique est connu pour son action anti-moisissures (Khan et *al.*, 2022).

Certains autres acides organiques ont une large gamme de spectre. Par exemple, l'acide formique et l'acide propionique sont antibactériens et antifongiques. La micro-encapsulation est une autre option, car le film inerte qui entoure les particules d'acide organique permet pour une libération plus efficace de ces composés (Galli et *al.*, 2021).

Par conséquent, l'activité thérapeutique est répartie dans l'intestin (Khan et *al.*, 2022).

La plupart des acides ayant une activité antimicrobienne ont une valeur de pKa comprise entre 3 et 5. Le poids moléculaire, la valeur de pKa, la forme (non dissociée ou dissociée) et l'action antibactérienne particulière (microorganisme ciblé) influencent tous l'efficacité des acides organiques (Aljumaah et *al.*, 2020).

L'utilisation d'acide organique réduit aussi la colonisation intestinale et le processus infectieux, ce qui réduit le processus inflammatoire au niveau de la muqueuse intestinale, améliore la hauteur des villosités et la fonction de sécrétion, de digestion et d'absorption des nutriments (Khan et Iqbal., 2016).

(Koyuncu et *al.*, 2013) ont constaté une réduction de *Salmonella* dans les aliments traités pendant 5 jours avec 1 % d'acide formique.

(Gonzalez-Fandos et *al.*, 2020) ont signalé que la solution d'acide citrique a réduit la croissance de *Listeria monocytogenes* sur les cuisses de volaille entreposées à 4 °C pendant 8 jours.

(Adhikari et *al.*, 2020) ont constaté que l'ajout de 0,9 % d'acide organique (principalement sous forme de sodium) dans l'alimentation des poulets à griller a entraîné l'inversion de la colonisation par la bactérie *Salmonella typhimurium* chez les poulets.

(Mortada et *al.*, 2020) ont conclu que l'acide organique (acide formique, cinnamaldéhyde) a considérablement inhibé la prolifération de la population de *Campylobacter coli* dans l'étude in vitro, bien que son effet sur la charge caecale et la surface de la carcasse soit demeuré nul.

(Kumar et *al.*, 2022) ont signalé que l'acide organique est efficace pour réduire l'excrétion de *Clostridium perfringens* dans les poulets pendant l'induction expérimentale de l'infection.

La charge bactérienne bénéfique a été augmentée tandis que l'infestation par *E. coli* a diminué en réponse à la supplémentation en acide organique dans une expérience de 35 jours (Khodambashi Emami et *al.*, 2017).

L'amélioration du profil bactérien bénéfique (augmentation de *Lactobacillus spp.*) a également été améliorée en réponse à l'acide organique dans les poulets dans plusieurs études (Rodjan et *al.*, 2018); (Nguyen & Kim, 2020); (Sureshkumar, S., Park, J., & Kim, 2021).

L'acide acétique est un acide organique faible exerçant un effet toxique sur la plupart des microorganismes à des concentrations aussi faibles que 0,5 %. Cet effet toxique résulte principalement de la dissociation de l'acide acétique à l'intérieur des cellules microbiennes, provoquant une diminution du pH intracellulaire et une perturbation métabolique par l'anion, entre autres effets délétères. Ces mécanismes d'inhibition microbienne permettent d'utiliser l'acide acétique comme conservateur, bien que son utilité soit limitée par l'émergence de souches d'altération très tolérantes (Trček et *al.*, 2015).

The Food and Drug Administration des États-Unis (USFDA) a approuvé l'acide acétique dans une solution à 0,25 % pour l'irrigation de la vessie et dans une solution à 2 % pour le traitement des otites externes.

L'utilisation de l'acide acétique pour le traitement des plaies a été décrite il y a près de 100 ans pour le traitement des infections et des blessures de guerre. En 1916, utilisé avec succès une solution d'acide acétique à 1% contre *Bacillus pyocyaneus*, maintenant connu sous le nom de *Pseudomonas aeruginosa*, chez les blessés de guerre infections chez 111 patients. Depuis lors, plusieurs articles ont été publiés décrivant l'acide acétique pour le traitement. De plus, l'acide acétique a été utilisé avec succès pour différents types d'otite moyenne (Bjarnsholt et *al.*, 2015).

5. Propriétés Toxicologiques.

D'après l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2012), L'acide acétique a un pKa de 4,5. L'acide n'est pas aussi fort que les acides minéraux ou l'acide formique. Cependant, sa corrosivité justifie la prudence dans la manipulation. Lorsque les humains ingèrent des acétates, les esters sont facilement hydrolysés en alcools et acides carboxyliques correspondants. Une étude utilisant le marquage radioactif montre que le cholestérol du foie et du cerveau incorpore de l'acide acétique. Aucune toxicité cumulative n'a été rapportée.

L'acide dilué avec 5% d'acide acétique tel que le vinaigre peut provoquer une irritation des muqueuses humaines. Le vinaigre contient 3 à 8 % d'acide (Selon le pays). Les personnes de plus de deux ans peuvent prendre jusqu'à 2,1 g d'acide acétique par jour. Cependant, l'acide dilué endommage la peau plus sévèrement que les autres acides minéraux parce qu'il est miscible avec les lipides. L'acide acétique irrite les yeux, le nez et la gorge au-dessus de 10 ppm. Une exposition répétée à 26 ppm pendant dix jours provoque des effets indésirables. Au-delà de 100 ppm, l'acide peut même endommager les organes comme décrit ci-dessus. L'AA concentré peut gravement endommager la peau. L'ingestion orale de l'AA provoque des douleurs dans le tube digestif et dans la bouche. Cela peut entraîner des vomissements et une détresse respiratoire et circulatoire (Le Berre et *al.*, 2011).

L'acide acétique a un point d'éclair bas de 39 °C. (Agreda, 1993)

Il est facilement inflammable avec un point d'auto-inflammation de 516 °C. Heureusement, l'AA réduit considérablement son inflammabilité lorsqu'il est mélangé avec l'eau. Au-delà de 56 %, le point d'éclair n'est plus un danger. (Hitt, 2003)

Les acétates organiques ne causent pas de dommages graves à moins qu'une forte exposition ne se produise. Les valeurs limites d'exposition (VLE) varient de 5 à 400 ppm. La dose létale 50 (DL₅₀) pour les petits mammifères varie de 0,4 à 16 g/kg. Toutefois, l'ingestion ou l'absorption d'acétate de méthyle présente un danger puisque l'ester est converti en méthanol. Les acétates irritent légèrement la muqueuse. Lorsqu'ils sont ingérés ou absorbés, les esters sont facilement hydrolysés en alcools et acides carboxyliques. Certains esters volatils agissent comme asphyxiants et narcotiques. La toxicité des acétates varie habituellement entre 100 et 250 ppm. (ACGIH, 2012)

L'acétate d'éthyle a une DL₅₀ de 4,97 g/kg chez le lapin. La toxicité des acétates est habituellement de l'ordre de 100 à 250 ppm. L'acétate d'éthyle a le Limite d'exposition admissible (LEA) le plus élevé de 500 ppm. Les humains peuvent tolérer jusqu'à 400 ppm avant l'irritation du nez et de la gorge. (Le Berre et *al.*, 2011)

L'acétate de *n-butyle* diffère de ses isomères. Chez les rats, l'acétate de *n-butyle* présente une DL₅₀ orale de 14 mg/kg. Chez les humains, l'irritation de la gorge commence à 200 ppm. (ACGIH, 2012)

Une irritation sévère des yeux et du nez survient à 300 ppm. L'acétate de *sec-butyle* présente moins de danger que son isomère normal, avec moins d'odeur et moins d'irritation. La dose létale d'acétate de *sec-butyle* chez le lapin est de 4,8 mg/kg. Le chlorure d'acétyle est nocif s'il est avalé, inhalé ou absorbé par la peau. Cible les zones qui comprennent le système nerveux périphérique, les organes sensoriels, le système nerveux central SNC (comportement), les poumons, le thorax et le système respiratoire. Le chlorure d'acétyle réagit avec l'air humide pour produire du chlorure d'hydrogène et de l'acide acétique (Le Berre et al., 2011).

Les amides sont plus dangereux que les esters. L'acétamide provoque une irritation de la peau et des yeux. Il est également irritant pour les muqueuses et les voies respiratoires supérieures. Il est considéré comme cancérigène et il a été démontré qu'il altère l'ADN des embryons de souris et de rats. Le méthylacétamide a un potentiel tératogène et néoplasique. Le N, N-Diméthylacétamide provoque des effets hallucinogènes, effets similaires à ceux du LSD (diéthylamide de l'acide lysergique) à des doses de 400 mg/kg (Weiss et al., 1962).

La surexposition au N, N-Diméthylacétamide a entraîné des troubles de la reproduction chez les animaux de laboratoire. Les organes cibles comprennent le foie, les reins et le SNC. Pour les humains, les dommages au foie se produisent à un niveau d'exposition de 20 à 25 ppm. La valeur limite d'exposition (VLE) recommandée est de 10 ppm sans exposition cutanée. L'acide phénylacétique est irritant pour les yeux, la peau, les muqueuses et le système respiratoire supérieur (Le Berre et al., 2011).

L'innocuité de l'acide acétique a déjà été évaluée par EFSA (The European Food Safety Authority) et le groupe FEEDAP (The Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed) dans son avis précédent (EFSA FEEDAP Panel, 2013). Dans cet avis, le Groupe spécial a conclu que « sur la base de la comparaison entre l'exposition des consommateurs à l'acide acétique et l'exposition des animaux cibles et les données expérimentales limitées disponibles pour les poulets et les chiens nourris avec des aliments contenant de l'acide acétique ou ses sels, qu'une concentration maximale de 2,5 g d'acide acétique/kg d'aliments complets (ou 1 g/L d'eau potable) est sans danger pour la volaille, porcs et animaux de compagnie. La production endogène élevée connue d'acide acétique chez les ruminants montre que la tolérance de ces animaux cibles est considérablement plus élevée. Compte tenu du métabolisme rapide et étendu de l'acide acétique et de ses sels, leur utilisation dans l'alimentation animale ne devrait pas contribuer essentiellement à l'exposition humaine.

L'acide acétique et ses sels sont des produits chimiques industriels en vrac et les dangers pour ceux qui manipulent ces substances sont bien connus et documentés. Les risques pour les personnes qui manipulent l'acide libre et, par conséquent, les phrases de risque figurant dans la fiche signalétique et sur les étiquettes dépendent de la concentration. Ainsi, dans l'UE, l'acide dilué (10 à 25 %) est considéré comme un irritant, alors qu'à des concentrations plus élevées, il est corrosif (> 25% solution) et, lorsque les concentrations dépassent 90 %, inflammable. (Bampidis et *al.*, 2021)

Le Panel de la FEEDAP conclut que l'utilisation d'acide acétique dans la production animale ne poserait pas de risque pour l'environnement.» (Bampidis et *al.*, 2021).

6. Utilisations

Le groupe scientifique de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) sur les additifs et produits ou substances utilisés en alimentation animale (FEEDAP) a adopté deux avis sur la sécurité et l'efficacité de l'acide acétique, en tant qu'additif technologique pour toutes les espèces animales (EFSA FEEDAP Panel, 2022) et comme arôme alimentaire (EFSA FEEDAP Panel, 2022) ; (Bampidis et *al.*, 2021).

Dans l'aviculture, les acides organiques ont été utilisés comme outil pour réduire les bactéries pathogènes. Les principales bactéries pathogènes qui colonisent le tractus intestinal sont *Escherichia coli*, *Campylobacter* et *Salmonella*. Bon nombre des rapports ont documenté les effets positifs des acides organiques sur la réduction de ces bactéries pathogènes dans l'eau potable et dans la partie du tractus gastro-intestinal (GIT), ce qui a finalement permis d'améliorer l'utilisation des aliments et les performances de croissance (Khan et *al.*, 2022).

L'ajout des acides organiques (acide acétique) dans l'alimentation peut avoir un effet bénéfique sur les performances des volailles en diminuant les bactéries pathogènes. Actuellement, l'acidification de l'eau de boisson de la volaille est une autre mise en œuvre dans l'industrie du poulet de chair utilisée pour améliorer les performances. Des études ultérieures ont indiqué que l'ajout d'acide organique à l'eau de boisson aide à réduire le niveau d'agents pathogènes dans l'eau et la culture ou le proventricule, à réguler la microflore intestinale, à augmenter la digestion des aliments et à améliorer les performances de croissance (Khan et Iqbal, 2016) ;(Allahdo et *al.*, 2018).

Étant donné que l'acide acétique, qui est un acide organique avec la plus grande concentration en vinaigre, est efficace pour amener les microbes intestinaux à l'équilibre souhaité et une amélioration des performances de la volaille peuvent être attendu (Karaalp et *al.*, 2018).

L'acide acétique (AA) est l'un des acides les plus répandus dans la nature et le plus largement utilisé comme conservateur.

Comme examiné par Cherrington, Hinton, Mead et Chopra (1991), l'AA peut inhiber la croissance des agents pathogènes et des bactéries de détérioration, prolongeant ainsi la durée de conservation de divers aliments.

De même, les sels de sodium, de potassium et de calcium de l'AA ont été largement appliqués pour inhiber la croissance microbienne et prolonger la durée de conservation de divers aliments, notamment les plats prêts à consommer, la viande, la saucisse, la volaille et le poisson. De plus, l'AA et ses sels sont économiques et généralement reconnus comme sains (Kim & Lee, 2021).

Partie expérimentale

Chapitre I

Description de la région

1. Situation géographique

La région d'El-Oued est située au Nord-est du Sahara algérien (Bas-Sahara), aux confins septentrionaux du Grand Erg Oriental, entre les parallèles : (33° et 34°) Nord, et (6° et 8°) Est. Cette immense étendue sablonneuse se trouve, d'une part, à mi-chemin entre la mer méditerranéenne au Nord et la limite méridionale du Grand-Erg Oriental au Sud, et d'autre part, à égales distances entre le golfe de Gabès à l'Est et l'Atlas Saharien à l'Ouest. La zone est délimitée par :

La frontière Algéro-Tunisienne (chotts El-Djerid : région de Tozeur) à l'Est ;

Les chotts Melghir et Merouane au Nord (région de Biskra) ;

L'Oued-Righ (région de Touggourt) à l'Ouest.

El-Oued forme un massif dunaire qui se trouve à environ 700 Km au Sud – Est d'Alger et 350 Km à l'Ouest de Gabes (Tunisie) avec une largeur d'environ 160 km. L'altitude moyenne d'El-Oued est de 80 m, alors que celle des Chotts, situés au Nord, elle descend jusqu'à moins 40 m (surface topographique) au-dessous du niveau de la mer. Il couvre une superficie de 80.000 km².

Après le découpage administratif de 2019 (Figure 13), la wilaya d'El-Oued est délimitée par :

- Les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa, au Nord ;
- La frontière Algéro-Tunisienne à l'Est ;
- Les wilayas d'El Meghaïr, et Touggourt, à l'Ouest. (Loi n° 19-12 du 14 Rabie Ethani 1441 correspondant au 11 décembre 2019 modifiant et complétant la loi n° 84-09 du 4 février 1984 relative à l'organisation territoriale du pays);
- La wilaya de Ouargla au Sud. (Boulifa, 2012)

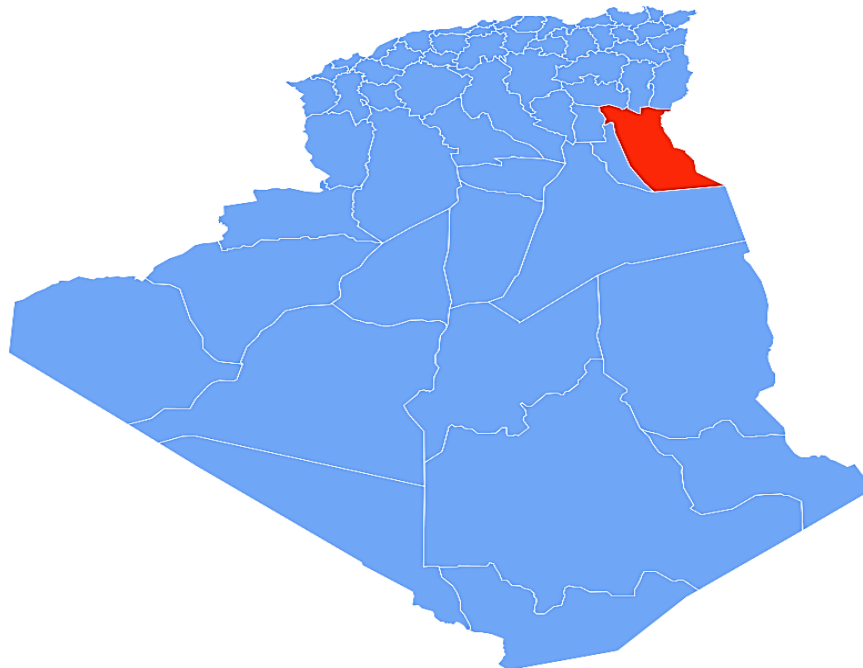


Figure 13 : Situation géographique de la wilaya d'El Oued

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_d%27El_Oued)

2. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques

Dans la partie nord d'El-Oued, le Grand Erg Oriental s'abaisse et perd de massivité avec la disparition des dunes qui cèdent la place à des plateaux couverts d'une maigre végétation qui se prolongent jusqu'aux chotts arides et dénudés (Boulifa, 2012).

Le relief est composé de trois ensembles :

Une région sableuse : elle couvre la totalité de la région du Souf, ainsi que les parties Est et Sud de Oued-Righ. Cette région fait partie du grand erg oriental. Elle ne présente que très peu d'intérêt pour l'agriculture.

Une forme de plateau rocheux : elle longe la route nationale N° 03 à l'Ouest de la wilaya et s'étend vers le Sud.

Une région de dépression : c'est la zone des chotts. Elle est située au Nord de la wilaya et se prolonge vers l'Est. Vu la forte salinité de cette région, elle ne présente aucune utilité pour l'agriculture. Le climat de la wilaya est de type saharien et désertique, aux étés chauds et aux hivers doux. Les températures sont très élevées en été (54°C dans le Souf) et peuvent descendre jusqu'à 1°C en hiver. En ce qui concerne les précipitations, elles sont très faibles peu différents de 80 mm/an. Les principales contraintes naturelles rencontrées sont de types climatiques. Parmi les contraintes climatiques les plus importantes dans cette région on peut citer (tableau 09) :

- La faiblesse des précipitations, environ 80 mm/an
- La fréquence régulière pendant presque toute
- l'année et aussi leur violence. Le sirocco provoque des dégâts importants (dessèchement, déshydratation). Les vents de sable freinent considérablement toute activité socioéconomique.
- Les fortes températures estivales accélèrent le processus d'évaporation, plus de 200 à 600 mm/an dépassent les quantités de précipitations reçues en une année, ce qui est la cause du très important déficit en eau. (Kholadi, 2005)

Tableau 09 : Valeurs climatiques moyennes et totales annuelles

(<https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605590.html>)

Année	T	TM	Tm	PP	V	RA	TS	FG
2012	22.9	29.9	15.6	23.62	5.35	22	4	0
2013	22.7	29.6	15.8	32.27	8.2	20	13	0
2014	23.3	30.3	16.5	26.67	0.0	22	8	1
2015	22.5	29.4	15.6	50.04	3.6	22	12	3
2016	23.3	30.1	16.4	32	9.2	29	11	1
2017	22.5	28.8	15.9	116	11.6	19	9	1
2018	23	29.5	16.5	23.9	12.4	22	8	3
2019	23	29.5	16.2	74	12.2	27	8	0
2020	23.1	29.4	16.2	28.95	11.4	17	4	0
2021	23.7	29.8	17.1	27.43	12.2	14	4	3
2022	23.5	30.1	16.9	20.08	11.5	10	7	1

Chapitre II

Matériels & Méthodes

1. Matériels

1.1. Matériels du laboratoire

A. Verrerie usuelle :

(Pipettes pasteur, tubes à essai, boîtes Pétri stérile, tube d'écouvillonnage...) de marque Assistent ou Durand.

B. Appareillage :

Etuves Incubateurs Memmet,
Autoclave SYSTEC,
Compteur de colonies Funk Gerber,
Réfrigérateurs CONDOR,
Agitateur vortex STUART,
Agitateur magnétique de paillasse STUART,
Balance analytique 220 g et Balance de précision KERN.

C. Milieux de culture :

PSE (Peptone-sel-eau),
Eau typtonnée exempt d'indole,
Gélose VRBG (violet red bile glucose),
Gélose Nutritive (GN),
Gélose Mac Conkey (MC),
Gélose Muller Hinton (MH),
Gélose Tryptic Soy Agar (TSA),
Gélose Triptone Bile X-glucuronide (TBX).

D. Solvants :

Vinaigre blanc (acide acétique 05 %),
Alcool, Ethanol à 68%.

1.2. L'Enrofloxacin

1.2.1. Définition et classe thérapeutique

L'Enrofloxacin (CAS : 93106-60-6) est un agent antimicrobien synthétique de la classe des antibiotiques de la famille des fluoroquinolones. En médecine vétérinaire, il est administré par injection sous-cutanée aux bovins et par injection intramusculaire aux porcs et par voie orale aux bovins, porcs, dindes et poulets, pour le traitement des infections des voies respiratoires et digestives. Les doses recommandées sont de 2,5 à 5 mg d'Enrofloxacin/kg pc/jour pendant 3 à 5 jours (bovins et porcs) ou de 10 mg d'Enrofloxacin/kg pc/jour pendant 3 à 10 jours (poulets et dindes).

Selon The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, Committee for Veterinary Medicinal Products (EMA/MRL,1998), dans certains pays, l'Enrofloxacin est autorisée pour une utilisation chez les ovins, les caprins et les lapins; le régime posologique n'a pas été fourni pour ces espèces. La ciprofloxacine, un métabolite majeur de l'Enrofloxacin, est largement utilisé en médecine humaine.

1.2.2. Spectre d'activité et utilisation en aviculture

L'Enrofloxacin est une fluoroquinolone de deuxième génération très puissante contre les bactéries aérobies à Gram négatif et Gram positif, exclusivement développée pour un usage vétérinaire. (Temmerman et al., 2021)

Cet antimicrobien à large spectre est indiqué chez les volailles pour le traitement des infections des voies respiratoires et intestinales causées par *Mycoplasma gallisepticum*, *Mycoplasma synoviae*, *Avibacterium gallinarum*, *Pasteurella multocida* et *Escherichia coli* (*E. coli*). (Devreese et al., 2014)

L'Enrofloxacin est généralement administrée via l'eau de boisson chez les poulets de chair. (Singer & Hofacre, 2006)

L'Enrofloxacin est toujours un élément important de l'arsenal vétérinaire pour le traitement de la colibacillose aviaire dans de nombreuses régions du monde. La colibacillose fait référence à toute infection localisée ou systémique causée par *Escherichia coli* pathogène aviaire (APEC).

Cependant, l'utilisation des fluoroquinolones est de plus en plus restreinte par la législation voire interdite dans certains pays (comme les États-Unis) car cette classe d'antimicrobiens est d'une importance critique pour la médecine humaine. (Temmerman et al., 2021)

1.2.3. L'Antibio-résistance

L'utilisation (mauvaise) de cette classe de médicaments dans l'industrie de la volaille a conduit à une incidence alarmante de résistance aux fluoroquinolones chez les bactéries pathogènes et commensales. Selon un rapport récent par The European Food Safety Authority (EFSA, 2022), la résistance aux fluoroquinolones chez *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli* et la bactérie indicatrice *E. coli* dérivée de la volaille domestique était de 65.3%, 61.2%, 65.8% et 60.7%, respectivement.

La ciprofloxacine est utilisée comme représentant des fluoroquinolones comme elle est utilisée en médecine humaine et c'est aussi le principal métabolite de l'Enrofloxacin. Bien que chez les poulets de chair, la métabolisation de l'Enrofloxacin en ciprofloxacine soit limitée, 5 à 10 % (Slana et al., 2014).

Le taux élevé de résistance aux fluoroquinolones n'est pas seulement préoccupant pour la médecine vétérinaire (par exemple, l'échec du traitement) mais aussi pour la médecine humaine, car les bactéries résistantes peuvent être transférées via la chaîne alimentaire, par contact direct avec les animaux ou via l'environnement (sol contaminé) (Devreese et al., 2014).

L'EMA/CVMP a déclaré en 2018 que l'Enrofloxacin ne devrait plus être utilisée pour le traitement d'*E. coli* chez les poulets de chair et les dindes via l'eau potable. La raison en était que le marché les titulaires d'autorisation n'ont pas fourni de données pharmacocinétiques / pharmacodynamiques (PK/PD) pour justifier les doses approuvées. Plus récemment, en 2019, l'EMA/CVMP a publié un projet indiquant l'urgence d'optimiser les schémas posologiques des médicaments antimicrobiens actuellement utilisés en médecine vétérinaire, en particulier ceux administrés via l'eau de boisson, en utilisant la modélisation/simulation et l'analyse de la probabilité d'atteinte des objectifs (PTA). (Temmerman et al., 2021)

2. Méthodes

2.1. Souche du poussin, habitat, conditions

Pour réaliser cette étude, trente (30) poussins de chair non sexés âgés d'un jour de la souche **Cobb 500** sont obtenus auprès d'un établissement commercial d'accouaison et sont sélectionnés aléatoirement, puis les poussins ont été divisés au hasard en trois groupes expérimentaux. Avant l'arrivée de ces derniers, le local nettoyé et désinfecté, 03 enclos ont été divisés et préparés pour la réception des poussins. Chaque enclos dispose d'un espace d'un mètre carré et recouvert avec des copeaux de bois.

La température initiale aux jours d'entrée des poussins était de 34°C et diminuait progressivement d'environ 0,5°C tous les jours pour atteindre la température constante de 22–24°C (Cobb-Vantress, 2010).

le programme lumineux était de 24 heures de lumière pendant les deux premiers jours d'élevage des poussinset 23 heures de lumière et 1 heure d'obscurité du troisième jour jusqu'à la fin de l'expérience.

Le régime alimentaire des poussins a été préparé et utilisé selon les normes et les besoins alimentaires à base de maïs et de soja. Le régime de base a été formulé pour répondre aux besoins nutritionnels des poussins. Au cours de l'expérience, les poussins ont eu libre accès à l'eau et à la nourriture. La quantité du vinaigre dans l'eau de boisson a été sélectionnée sur la base du protocole utilisé par les aviculteurs.

L'eau de boisson dosée de chaque groupe avec le pourcentage mentionné de vinaigre a été fraîchement préparée et utilisé durant l'expérience.

Le dosage de l'Enrofloxacin est fait selon la posologie prescrite.

2.2. Conception et procédure expérimentale

➤ L'étude in vitro

Une série d'expériences in vitro a été menée avec un panel d'organisme pour déterminer l'efficacité du vinaigre blanc et l'Enrofloxacin contre la croissance bactérienne de *E. coli*. La souche d'étude de *E. coli* est une souche de référence **ATCC 25922**, bien caractérisées et ont été sélectionnées en raison de leur pertinence pour l'infection colibacillaire aviaire.

La culture bactérienne de la souche référenciée a été propagée et cultivée dans cinq (05) Milieux de culture différente qui ont été choisis : Milieux d'isolement : Mac Conkey (MC), Muller Hinton (MH), TrypticSoy Agar (TSA) et la Gélose Nutritive (GN) ont été incubées à 37 °C.

Milieux spécifique à *E. coli* : Triptone Bile X-glucuronide (TBX) a été incubé à 44 °C pendant 24 heures.

Pour évaluer le potentiel antimicrobien du vinaigre, des cultures statiques ont été traitées avec un (01) ml d'une sélection de solution vinaigre (d'acide acétique à 05%) de trois (03) différent vinaigres : vinaigre blanc, vinaigre de cidre d'une gamme importée et un vinaigre blanc avec l'ail.

Pour élucider l'effet antimicrobien de l'antibiotique Enrofloxacin, le produit (*baytril*® 10%) a été choisi pour cette expérience d'un dosage d'un (01) ml dans chaque milieu.

Le test de sensibilité a été effectué par la méthode de diffusion sur disque de gélose telle que décrite par le Clinical and Laboratory Standards Institute.

Une suspension standardisée des bactéries a été préparée dans une solution PSE stérile. Un écouvillon stérile a été plongé dans la suspension standardisée de bactéries, puis strié uniformément sur toute la surface des géloses Mac Conkey (MC), Muller Hinton (MH), Tryptic Soy Agar (TSA) laGélose Nutritive (GN) et Triptone Bile X-glucuronide (TBX).

Ensuite, des disques de papier imprégnés d'une concentration fixe des différents produits de test ont été placés sur la surface de la gélose ou par traitement direct des gélose par un (01) ml de chaque produit de test et incubés en position inversée à 37°C pour les géloses d'isolement MC, MH, TSA, GN et 44°C pour la gélose TBX spécifique al'*E. coli* pendant 24 heures.

Après 24 heures d'incubation, des zones claires d'inhibition ont été produites par la croissance bactérienne et la diffusion des produits expérimentés et celles-ci ont été mesurées en millimètres à l'aide d'un pied à coulisse.

Une numérotation a été attribuée à chaque produit utilisé comme suit :

Enrofloxacin (01) ; Vinaigre blanc (02) ; Vinaigre du cidre (03) ; Vinaigre blanc à l'ail (04).

➤ L'étude in vivo

L'expérience a été menée dans l'une des établissements d'élevage avicole de la filière poulet de chair appartenant à la société **Aouimeur** d'accouaison industrielle des œufs et la production d'aliment de bétail dans la région de Tiloufaà, Reguiba (figure 14).



Figure 14 : Etablissement d'élevage avicole du poulet de chair (Photo originale, 2023)

Les poussins ont été sélectionnés parmi ceux qui ont été mis en place dans le même bâtiment pour être élevés et transformé en future poulets de chair.

Trois traitements ont été appliqués dans l'étude, et chaque traitement avait 01 enclos, chaque enclos abritant 10 poussins en tant qu'unité expérimentale.

Trois traitements (Gs, Gv, Gm) ont été attribués aux poussins aux 21, 22 et 23 jours d'âge successivement.

1/ Le vinaigre blanc à 05% était ajouté à l'eau de boisson des poussins dans le groupe vinaigre (Gv) comme suit : 21-22-23 jours d'âge: 20 ml/litre d'eau.

2/ L'Enrofloxacin (*baytril*® 10%) a été ajouté à l'eau de boisson du groupe médicament (Gm) comme suit : 21-22-23 jours d'âge: 0.5 ml/litre d'eau.

3/ Ni traitement par le vinaigre blanc ni par l'Enrofloxacin n'a été ajouté pour le groupe sain (Gs).

2.3. Echantillonnage et prélèvements

Au 25^{ème} jour d'âge, trois (03) sujets sont été choisi aléatoirement de chaque groupe pour être soumis à des prélèvements de raclage caecal (des intestins) par des tubes d'écouvillonnage.

Les échantillons ont été prélevés et transportés dans des glacières jusqu'au laboratoire de « Répression des fraudes de la wilaya d'El Oued », services de bactériologies.

Nous avons procédé dans cette étude au dénombrement des colonies de *E. coli* et les Entérobactéries. Les ensemencements ont été réalisés sur boîtes de pétri. Les dénombrements ont été effectués à l'aide d'un compteur de colonies. On procède au comptage des boîtes contenant moins de

150 colonies caractéristiques et moins de 300 colonies au total (caractéristiques et non). Pour cela il est nécessaire de procéder à des dilutions des échantillons d'étude (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) dans un milieu Peptone-Sel-Eau (PSE).

Les valeurs enregistrées sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Résultats de préparation des échantillons (en gramme)

	Poids de tube + PSE	Poids de l'écouvillon	Poids de l'échantillon net
Gs	31.141	0.288	0.165
Gv	31.170	0.295	0.172
Gm	31.464	0.316	0.193

2.4. Dénombrement d'*E. coli* par comptage des colonies

Selon **ISO 16649-02**, le dénombrement par méthode horizontale s'effectue sur gélose Tryptone Bile X-glucuronide (TBX).

La gélose TBX est un milieu chromogénique, sélectif et différentiel utilisé pour la détection et le dénombrement d'*Escherichia coli* selon le protocole en vigueur :

Technique en masse à couche unique:

- Introduire dans une boîte de Pétri stérile, 01 ml de l'échantillon à étudier et couler 15 ml du milieu (TBX) en surfusion.
- Mélanger et laisser solidifier.
- Incuber les boîtes pendant 24 ± 2 heures à $44 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Les colonies caractéristiques sont bleues. Compter les colonies sur les boîtes présentant entre des colonies d'un diamètre de 0,5 mm.
- Les colonies non caractéristiques sont blanches à légèrement vert.

2.5. Dénombrement des Entérobactéries par comptage des colonies :

- Selon **ISO 21528-2**, le dénombrement s'effectue sur gélose biliée, au cristal violet et au rouge neutre glucosée (VRBG).

Technique en masse à double couche:

- Ensemencement en profondeur en double couche : se fait en deux étapes, une première couche de 15 ml de gélose versée puis 05 ml, soit un total de 20 ml par boîte. Ici la dilution bactérienne est appliquée entre les deux couches.
- Ensemencement dans les mêmes conditions des dilutions décimales.
- Incubation à 37°C , pendant 24 ± 2 H.
- Compter les colonies caractéristiques (rouges ou violettes avec ou sans halo de précipitation) sur les boîtes présentant des colonies d'un diamètre de 0,5 mm.

Chapitre III

Résultats & Discussion

1. Résultats

1.1. *In Vitro*

Les valeurs mesurées des zones d'inhibition pour élucider l'effet des produits de test et de traitement sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Mesures de diamètre de la zone d'inhibition (en mm)

	Enrofloxacin	Vinaigre Blanc	Vinaigre du Cidre	Vinaigre blanc à l'ail
Milieu de culture	(01)	(02)	(03)	(04)
TBX 1	44	11	21	27
TBX 2	33	21	25	26
TSA 1	19	06	08	13
TSA 2	36	15	18	13
MC 1	32	25	27	34
MC 2	34	27	28	31
MC 3	31	23	29	38
MH 1	33	21	22	27
MH 2	39	28	34	36
GN	ND	ND	ND	ND

1.2. *In Vivo*

Les résultats relatifs à la détermination des nombres de colonies Sur TBX spécifique à *E. coli* à 44°C pendant 24 Heures sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Dénombrement de colonies Sur TBX spécifique à *E. coli*

Dilution	Gs	Gm	Gv
(-2)	> 150	> 150	> 150
(-3)	> 150	> 150	> 150
(-4)	> 150	40	168
(-5)	73	02	06

Les résultats relatifs à la détermination des nombres de colonies sur VRBG pour Entérobactéries à 37 C° pendant 24 Heures sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 13: Dénombrement de colonies Sur VRBG pour Entérobactéries

Dilution	Gs	Gm	Gv
(-1)	> 150	> 150	> 150
(-2)	> 150	> 150	> 150
(-3)	> 150	05	> 150
(-4)	> 150	absence	67
(-5)	> 150	absence	34

2. Discussion

Dans la production de volaille, les acides organiques ont été utilisés comme outil pour réduire les bactéries pathogènes. Les bactéries pathogènes importantes colonisant le tractus intestinal comprennent *Escherichia coli*, *Campylobacter* et *Salmonella* (Khan et al., 2022).

Les bactéries bénéfiques ont augmenté tandis que l'infestation par *E. coli* a diminué en réponse à la supplémentation en acide organique dans une expérience de 35 jours (Khodambashi Emami et al., 2017).

Profil bactérien bénéfique amélioré (augmentation de *Lactobacillus* spp.) s'est également avérée être améliorée en réponse à l'acide organique chez les poulets de chair dans plusieurs études (Khan et al., 2022).

➤ Pour l'action antimicrobienne sur la souche *E. coli* in vitro :

La (figure 15) ci-après illustre les résultats du spectre d'action antimicrobienne des échantillons expérimentés in vitro :

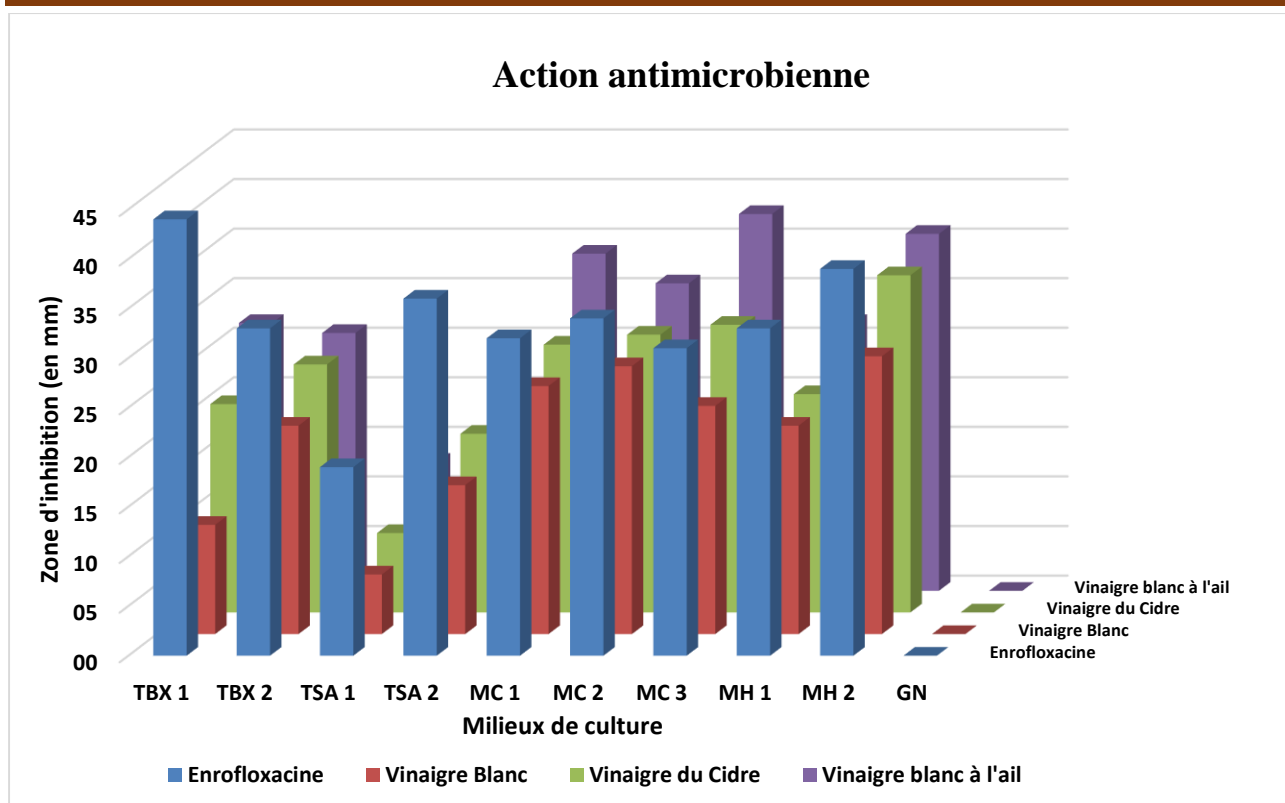


Figure 15 : Résultats de l'action antimicrobienne *in vitro*

La propagation de la souche examinée a été inhibée par les différents produits expérimentés. Des différences du diamètre de la zone d'inhibition ont été observées entre les différents produits de test.

Concernant l'Enrofloxacin, la zone d'inhibition est comprise entre (33 mm) et (49 mm) sur (MH1) et (MH2) respectivement (tableau 13), cette plage se rapproche de celle rapportée par (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2020) en ce qui concerne la sensibilité de *E. coli* ATCC 29255 à la Ciprofloxacine sur MH. Sur les autres géloses, la zone d'inhibition est comprise entre (19 mm et 44 mm).

Notre étude a montré que *E. coli* étaient sensibles à la L'Enrofloxacin (100 %). Ce résultat est en accord avec (Sadek et al., 2014) qui ont trouvé que les isolats *E. coli* sont sensibles à la ciprofloxacine, un antibiotique de la même famille d'Enrofloxacin à usage humaine (100 %) et aussi avec les résultats prouvés par (Wali & Abed, 2019) ce qui ressortit l'efficacité des antibiotiques de la famille des fluoroquinolones sur les différentes souches d'*E. coli*.

A propos de l'action inhibitrice du vinaigre blanc, une bonne activité des vinaigres notamment le vinaigre blanc à l'ail a été montré dans cette étude. Il a été constaté que tous les solutions de vinaigres (l'acide acétique) ont été capables d'inhiber la croissance bactérienne à une concentration de (5 %) dans la plage de (11 mm à 38 mm) (tableau 13).

Ces résultats étaient en accord avec (Mujahid et al., 2009) qui ont rapporté que la zone d'inhibition minimale du vinaigre (l'acide acétique) à des concentrations (1% et 2%) comprises entre (10 mm et 15 mm), la et de (14 mm à 20 mm) respectivement.

(Wali & Abed, 2019) ont rapportés que le vinaigre (l'acide acétique) a été capable d'inhiber la croissance bactérienne à des concentrations (0,5 %) dans la plage de (13 mm à 18 mm). Les isolats étudiés ont montré une sensibilité à la plage (16 mm à 18 mm) aux concentrations (1 %), les concentrations (1,5 %) à la plage (20 mm à 22 mm). Cependant, les concentrations (2%) à une gamme entre (22 mm à 27 mm) et entre (27 mm à 35 mm) à des concentrations (2,5%)

L'étude *in vitro* de (Halstead et al., 2015) a démontré l'efficacité du vinaigre (l'acide acétique) à des différentes concentrations (de 05% à 0.08%) pour réduire la charge bactérienne de différentes bactéries y compris *E. coli*, ces différentes concentrations d'AA ont éradiqué un biofilm préformé. En plus de cette destruction complète du biofilm, il y avait une réduction statistiquement significative de l'ensemencement à toutes les dilutions d'AA pour les différents microorganismes (*P. aeruginosa*, *A. baumannii* et *E. coli*).

➤ Pour le dénombrement des colonies *in vivo* :

A/ Pour le dénombrement de *E. coli*:

- ❖ Pour exprimer les résultats en log base 10 on fait le rapport direct par rapport aux résultats tels quels:

Gs = 73 à la dilution -5. Soit Gs = 730 à la dilution-4 ou 2,86 à la dilution -4

Gm = 40 à la dilution -4 ou 1,6 à la dilution -4

Gv = 168 à la dilution-4 ou 2,23 à la dilution -4

On remarque une réduction du nombre d'*E. coli*, par rapport au témoin, de 94,5 % (de 730 à 40 à la même dilution) pour le sujet traité avec l'antibiotique et une réduction de 77 % pour le sujet traité avec le vinaigre blanc.

En log10 on passe de 2,86 pour le sujet non traité à 1,6 pour le sujet traité à l'antibiotique et à 2,23 pour le sujet traité au vinaigre.

- ❖ Par calcul rapporté en UFC/ml ou UFC/gr:

Gs = 73 à -5 pour une prise d'essai de 0,165 g soit 442,4 / g à -5 soit $4,42 \cdot 10^7$ / g ou $44,2 \cdot 10^6$ / g

Gm = 40 à -4 pour une prise d'essai de 0,193 g soit 207,2 / g à -4 soit $2,1 \cdot 10^6$ / g

Gv = 168 à -4 pour une prise d'essai de 0,172 g soit 976,7 / g à -4 soit $9,8 \cdot 10^6$ / g

Soit en log10 : Gs = 7,65 ; Gm = 6,32 ; Gv = 6,99

On observe une réduction, par rapport au sujets témoin (Gs), de 95,2% pour le sujet traité avec l'antibiotique et de 77,8% pour le sujet traité au vinaigre.

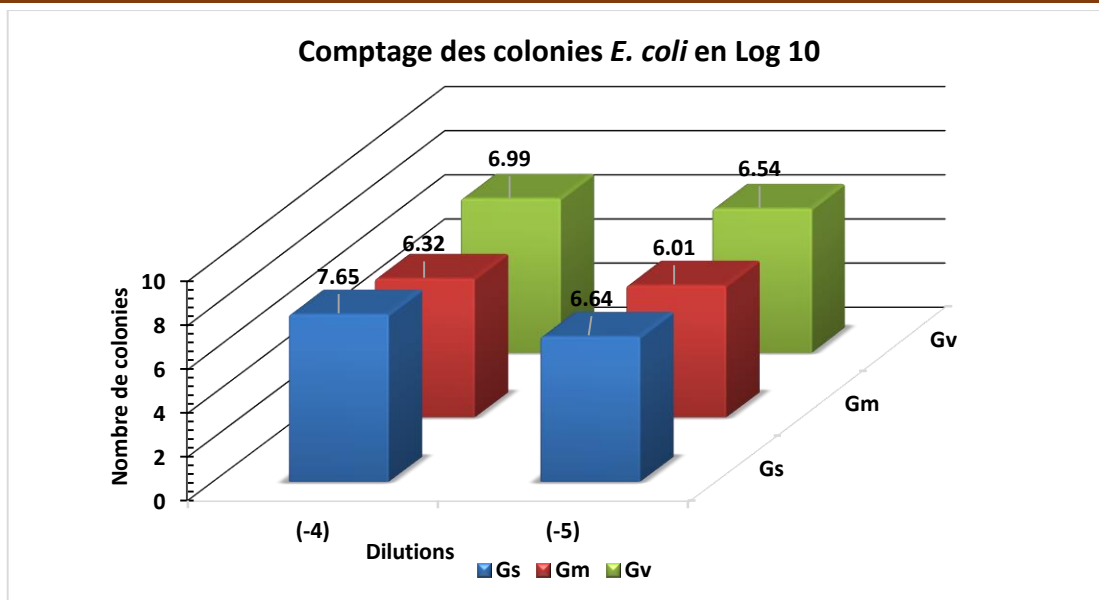


Figure 16 : Résultats de dénombrement d’*E. coli* Sur TBX(en Log 10)

Et en log10 on passe de 7,65 pour le sujet non traité à 6,32 pour le sujet traité à l’antibiotique et à 6,99 pour le sujet traité au vinaigre : soit une réduction de près d’un (01) log pour le sujet traité au vinaigre et de 1,5 log pour le sujet traité à l’antibiotique (figure 16).

Le traitement au vinaigre a permis de réduire la charge bactérienne en *Escherichia Coli* de $4,42.10^7$ ou $44,2.10^6$ /g chez le sujet non traité à $9,8.10^6$ /g chez le sujet traité au vinaigre ce qui dénote une efficacité avérée et une forte action inhibitrice vis-à-vis notamment de la bactérie *Escherichia Coli* agent principal des causes de morbidité chez le poulet (figure 17).

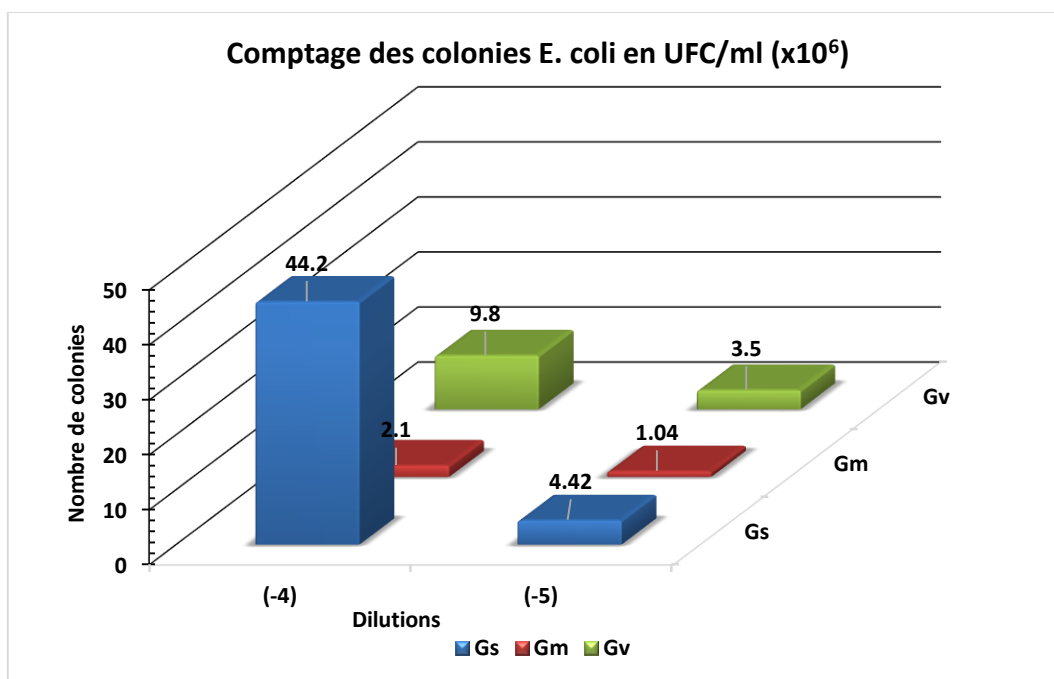


Figure 17 : Résultats de dénombrement d’*E. coli* Sur TBX(en UFC/ml ($\times 10^6$))

Ces résultats sont convergents avec ceux rapportés par (Khodambashi Emami et *al.*, 2017) effets de différents acides organiques sur le nombre de bactéries cœcales de poulets de chair mâles (j 10 et j 35) provoqués avec *E. coli* K88.

Il est rapporté que les activités antimicrobiennes des différents acides organiques disponibles dans le commerce ont été évaluées sur la croissance de divers microorganismes pathogènes d'origine alimentaire tels que *Vibriospp.*, *Bacillus subtilis*, *E. coli*, *S. aureus* et *L. monocytogenes*. (Khan & Iqbal, 2016)

B/ Pour le dénombrement des Entérobactéries:

A -4 de dilution on a : Gs > 150, Gm : absence et Gv = 67 colonies.

A -5 de dilution on a : Gs > 150, Gm : absence et Gv = 34 colonies.

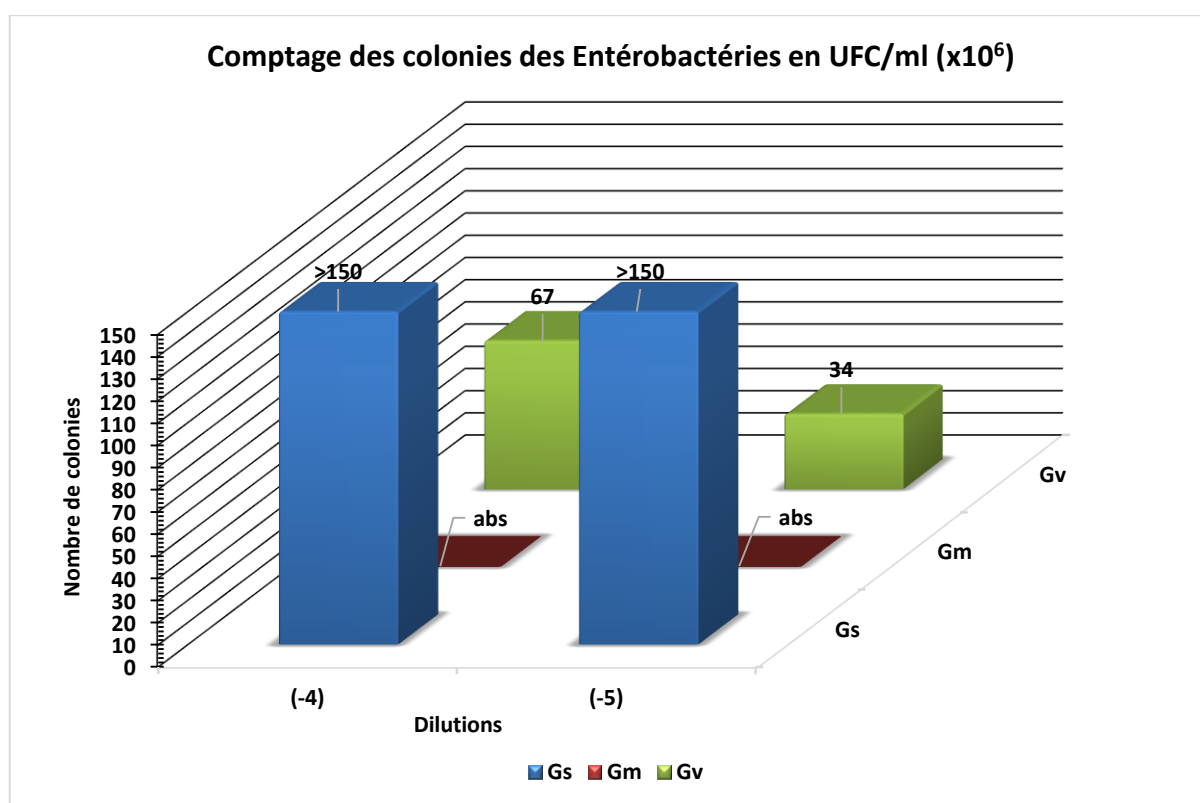


Figure 18 : Résultats de dénombrement des *Entérobactéries* Sur VRBG (en UFC/ml ($\times 10^6$))

En ce qui concerne le (Gm), il n'a pas eu de développement de colonies à la dilution -4 et -5, alors qu'on a dénombré plus de 150 sur le (Gs) non traité et 67 et 34 colonies respectivement sur le (Gv) traité au vinaigre (Figure 18).

Ces résultats montrent une forte activité inhibitrice notamment pour l'antibiotique avec une réduction de près du double de celle pour le vinaigre qui elle aussi n'est pas négligeable car il y a eu une réduction de près de 75% de la charge bactérienne par rapport au sujet témoin.

(Broom, 2015) déclare qu'il est clair que l'activité antimicrobienne différentielle des acides organiques contre différents microbes approuverait leur utilisation avec des organismes probiotiques typiques, car les acides peuvent réduire les entéro-pathogènes, tout en favorisant la prolifération des organismes probiotiques et d'autres bactéries bénéfiques et tolérantes aux acides dans le tractus gastro-intestinal.

Ces données confirment la capacité de la supplémentation en acide organique à influencer positivement le microbiote gastro-intestinale et sont en accord avec les travaux d'autres (Giannenas et al., 2014) ;(Nava et al., 2009), de plus, il faut noter que chaque acide organique a ses propres caractéristiques uniques (Broom, 2015).

Chapitre IV

Conclusion & Perspectives

1. Conclusion

Les résultats de la bibliographie qui ont été retenus dans cette étude ont montré que la supplémentation en acides organiques, quels que soient le type et le niveau d'acide utilisé, avait un effet bénéfique sur les performances des poulets de chair et aussi un effet thérapeutique. Certains acides organiques sont plus efficaces contre les espèces intolérantes aux acides telles que *E. coli*, *Salmonella* et *Campylobacter*.

Cette étude a utilisé une souche marqueur d'*E. coli* pour établir un modèle d'évaluation des vinaigres blanc pour la réduction de la charge d'*Escherichia Coli* dans les intestins des poulets de chair.

Les vinaigres et le médicament utilisés ont inhibé significativement la prolifération in vitro d'*E. coli*.

In Vivo, le traitement au vinaigre a réduit la charge bactérienne d'*E. coli* de $44,2 \cdot 10^6/g$ chez les sujets non traités à $9,8 \cdot 10^6/g$ chez les sujets traités au vinaigre, cela représente une efficacité prouvée et une forte inhibition, en particulier contre *Escherichia coli*, le principal agent pathogène responsable des infections colibacillaires chez les poulets.

Dans cette étude, nous avons pu confirmer les résultats précédents selon lesquels le traitement acide d'*E. coli* dans les élevages de poulets chair consiste à réduire le nombre de germes bactériens viables et aussi éliminer les germes.

Les résultats de l'étude ont montré l'effet thérapeutique du vinaigre blanc sur la réduction de la croissance de colonies bactérienne d'*E. coli* dans les intestins des poulets de chair ce qui prouve que le vinaigre (l'acide acétique dilué) présente une activité antimicrobienne vis-à-vis l'*E. coli*.

2. Perspectives

Sur la base de ces résultats, les recommandations sur l'utilisation d'acides organiques pour contrôler *Escherichia Coli* dans les élevages de poulets chair doivent tenir compte de l'efficacité relative du traitement acide dans différentes conditions d'élevage, de la variation de la tolérance aux acides entre les différentes souches d'*Escherichia*, le pH et de la température de traitement.

Les acides organiques en tant qu'antimicrobiens potentiels ont considérablement réduit la croissance microbienne, cela promet d'être une option de traitement efficace et économique pour contrôler le statut sanitaire et de prévenir les infections bactériennes, de réduire l'utilisation anarchique des antibiotiques et limiter l'apparition de l'antibiorésistance.

Récemment, l'adaptation d'un protocole thérapeutique préventif basé sur l'utilisation d'acides organiques est apparue comme une approche prometteuse pour améliorer les performances de croissance en améliorant la santé intestinale de la volaille et également comme alternative à l'utilisation excessive des antibiotiques.

Les futurs travaux sur les acides organiques chez la volaille devraient se concentrer sur une meilleure compréhension des avantages *in vivo* d'un acide particulier et sur l'optimisation de son application dans les espèces principales, ainsi que dans les espèces moins typiques. Ceci, associé à des méthodes améliorées d'acheminement des acides organiques sélectionnés vers le site cible pour l'activité, améliorera l'efficacité et la cohérence des produits disponibles.

Il est également pertinent d'évaluer l'efficacité, la tolérabilité et la toxicité de l'AA *in vivo* (lorsqu'il est utilisé aux concentrations efficaces inférieures) et d'étudier la probabilité de développement d'une résistance chez les bactéries exposées à l'AA, bien que cela n'ait pas été observé à ce jour.

En outre, il faut mettre en évidence que l'ajout de certains composés affecte l'efficacité pendant le traitement avec des acides organiques, une enquête est nécessaire pour améliorer notre compréhension de leur antagonisme sur le traitement avec les acides organiques.

Il faut mettre en considération que le vinaigre blanc N°(02) objet de l'étude n'est pas un vinaigre au sens de l'arrêté interministériel du 25 novembre 1997 mais est de l'acide acétique dilué (acidifiant).

References Bibliographiques

- ACGIH. (2012). ACGIH - Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). In Proceedings of the National Academy of Sciences.
<https://www.nsc.org/Portals/0/Documents/facultyportal/Documents/fih-6e-appendix-b.pdf>
- Adhikari, P., Yadav, S., Cosby, D. E., Cox, N. A., Jendza, J. A., & Kim, W. K. (2020). Research Note: Effect of organic acid mixture on growth performance and Salmonella Typhimurium colonization in broiler chickens. *Poultry Science*, 99(5), 2645–2649.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.037>
- Agreda, V. (1993). *Acetic Acid and its Derivatives* (1st ed.) (V. H. Agreda (Ed.); 1st Editio, Vol. 1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781482277272>
- Al Hassane, M.B. (2012) La colibacillose du poulet de chair: Etude anatomo- clinique et circonstances d'apparition dans la zone périurbaine de Dakar (Sénégal). Thèse, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Université Cheik Hanta Diop de dakar, Sénégal.p120.
- Alain, H & Collaborateurs. *La Production De La Volaille Dans Le Monde Et En Afrique*. (2004). Armidale, Nsw., 70-82.
- Alders, R. (2005) .L'aviculture, source de profit et de plaisir, brochure de la FAO sur la diversification ; Rome 2005 . p01
- Aljumaah, M. R., Alkhulaifi, M. M., Abudabos, A. M., Alabdullatifb, A., El-Mubarak, A. H., Al Suliman, A. R., & Stanley, D. (2020). Organic acid blend supplementation increases butyrate and acetate production in Salmonella enterica serovar Typhimurium challenged broilers. *PLoS ONE*, 15(6), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232831>
- Allahdo, P., Ghodraty, J., Zarghi, H., Saadatfar, Z., Kermanshahi, H., & Edalatian Dovom, M. R. (2018). Effect of probiotic and vinegar on growth performance, meat yields, immune responses, and small intestine morphology of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 675–685. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1424570>
- Alloui, N. (2006), Effets de la ventilation sur les paramètres del'ambiance des poulaillers et les résulta zootechniques en été. *Mag vêt n°42 – mars 2002* p 27.
- Alloui, N. (2006). Cours zootechnie aviaire, université - Elhadj Lakhdar- Batna, Département de vétérinaire, 60 p.
- Arbor Acres. *Guide d'élevage du Poulet de Chair*. (2018). An Aviagen Brand, 162.
- Armidale, NSW., 70-82.Ferrah A. (1993). *Bases Economiques Et Techniques De L'industrie D'accoupage « Chair » Et « Poule »*, En Algérie. Itpé, 1993
- Arrêté interministériel du 24 Rajab 1418 correspondant au 25 novembre 1997 relatif aux Spécifications techniques et aux modalités et conditions de mise à la consommation des vinaigres (JO N°18 du 29 Mars 1998, P17).
- Avril, J.-L., Henry, D., François, D., & Henri, M. (2000). *Bactériologie clinique* (Paris : Ellipses (Ed.); 3e édition). Ellipses; DL 2000.

- Ayachi, A. (2010) : Epidémiologie de Salmonella Typhimurium et Salmonella Enteritidis dans la filière avicole. Doctorat en Vétérinaire. Option: Pathologie des Animaux Domestiques: P 106.
- Azzam, A. (2017). Cours de 4^{ème} année pharmacie. Faculté de médecine Tizi Ouzou.
- Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M. de L., Christensen, H., Dusemund, B., Fašmon Durjava, M., Kouba, M., López-Alonso, M., López Puente, S., Marcon, F., Mayo, B., Pechová, A., Petkova, M., Ramos, F., Sanz, Y., Villa, R. E., Woutersen, R., Brozzi, R., Galobart, J., ... Vettori, M. V. (2021). Safety and efficacy of a feed additive consisting of acetic acid for all animal species. *EFSA Journal*, 19(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6615>
- Beghmam, O. (2006) : La Situation de l'aviculture dans la Daïra de Djamaa (cas du Poulet de Chair) Mémoire Ingénieur d'état en Agronomie Saharienne. Option: Production Animale: 819.
- Belaid, B. (1993). Notion de zootechnie générale. Office des publications universitaires. Alger
- Bensafia, M. & Benmesrouk ali O. (2018). Enquête sur La Colibacilloses Aviaires. Region Bouira, Bijaïa et Tizi Ouzou. Projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme Docteur Vétérinaire. Université Saad Dahlab-Blida 1-
- Benyamina, H.(2017). Evaluation de la qualité nutritionnelle et organoleptique des viandes blanches : cas de la Dinde et Poulet.
- Bjarnsholt, T., Alhede, M., Jensen, P. Ø., Nielsen, A. K., Johansen, H. K., Homøe, P., Højby, N., Givskov, M., & Kirketerp-Møller, K. (2015). Antibiofilm Properties of Acetic Acid. *Advances in Wound Care*, 4(7), 363–372. <https://doi.org/10.1089/wound.2014.0554>
- Boulifa, K. (2012). Synthèse hydrogéologique sur la region d ' El-Oued Sahara nord oriental – Est Algérien. Université Constantine 1, 181.
- Bouzoubaa, K. & El Amrani M.O. (2007). Essais de terrain pour l'évaluation de l'efficacité d'un vaccin vivant modifié contre la colibacillose chez le poulet de chair au Maroc. Communication personnelle.
- Broom, L. J. (2015). Organic acids for improving intestinal health of poultry. *World's Poultry Science Journal*, 71(4), 630–642. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002391>
- Brugere-Picoux J, Bouzouiaia M, Vaillancourt J, Shivaprasad H, Venne D. (2015) Manuel de Pathologie aviaire. Paris: AFAS, 701pages, Edition AFAS, 2015.p : 6.
- Budak, N. H., Aykin, E., Seydim, A. C., Greene, A. K., & Guzel-Seydim, Z. B. (2014). Functional Properties of Vinegar. *Journal of Food Science*, 79(5). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12434>
- C.I.H.E.A.M, (1990) : Organisation, performances et avenir de la production avicole en Algérie.
- Chahed, A., China, B., & Daube, G. (2007). Les Escherichia coli producteurs de shigatoxines dans les toxi-infections d'origine alimentaire. In *Annales de Médecine Vétérinaire* (Vol. 151). ULg- Université de Liège, Liège, Belgium.

- Chaib, M. (2017), LES PATHOLOGIES AVIAIRES LES PLUS FREQUENTES AU NIVEAU DE LA DAÏRA DE OUGUENOUN (TIZI OUZOU), Projet fin d'étude, Université Blida 1 des sciences vétérinaire.
- Chelabi, S. (2017): Evaluation de la conformation et la composition des œufs issus de quatre espèces Avicole Locale. Mémoire de fin d'études, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- Clave, D. (2015), Fiche technique : Escherichia coli. Centre Toulousain Pour Le Contrôle De Qualité En Biologie Clinique .123 :8-543
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2020). CLSI M100-ED29: 2021 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 30th Edition. In Clsi (Vol. 40, Issue 1).
- Cobb-Vantress. (2010). Guide d'élevage du poulet de chair Cobb. 62.
<http://www.hubbardbreeders.com/broilermanagementguide.php?lang=fr>
- Cortesia, C., Vilchère, C., Bernut, A., Contreras, W., Gómez, K., de Waard, J., Jacobs, W. R., Kremer, L., & Takiff, H. (2014). Acetic acid, the active component of vinegar, is an effective tuberculocidal disinfectant. *MBio*, 5(2), 13–16. <https://doi.org/10.1128/mBio.00013-14>
- Dahloum L. (2016). Caractérisation phénotypique de la poule locale (*Gallus gallus*) dans le Nord-Ouest algérien. Gène Majeurs et Thermotolérance. Thèse doctorale, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- Devreese, M., Antonissen, G., De Baere, S., De Backer, P., & Croubels, S. (2014). Effect of administration route and dose escalation on plasma and intestinal concentrations of enrofloxacin and ciprofloxacin in broiler chickens. *BMC Veterinary Research*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0289-1>
- Dib, S. & Raffad S, (2022). ENQUETE EPIDEMIOLOGIQUE SUR LA COLIBACILLOSE AVIAIRE, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme master II en microbiologie appliqué.
- Djelil, H., (2012) : Ectoparasitisme et parasitisme du poulet de ferme (*Gallus gallus domesticus*, Linnaeus 1758) dans la région d'Oran.. Thèse de Magister, Université d'Oran Es sènia, p. 190.
- Djerou, Z. (2006). Influences des conditions d'élevage sur les performances chez le poulet de chair.
- Drouin, P. & Cardinale, E. (1999). Biosécurité et décontamination en production de poulets de chair en climat chaud. In : La production de poulets de chair en climat chaud. CIRAD, ITAVI, AFSSA.
- European Food Safety Authority. (2013). Scientific Opinion on the safety and efficacy of straight-chain primary aliphatic alcohols/aldehydes/acids, acetals and esters with esters containing saturated alcohols and acetals containing saturated aldehydes (chemical group 1) when used as flavourings. *EFSA Journal*, 11(4). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3169>
- European Food Safety Authority. (2022). The European Union Summary Report on Antimicrobial Resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2019–2020. *EFSA Journal*, 20(3). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7209>

- European Medicines Agency. (2018). Questions and answers on use of enrofloxacin-containing veterinary medicines administered via drinking water to chickens and turkeys. 44(EMA/184512/2018). www.ema.europa.eu/contact
- FAO, (2010). Division de la production et de la santé animales de la F.A.O. Consulté le 6/03/2014
- FAO, (2013). Mettre les systèmes alimentaires au service d'une meilleure nutrition.
- FAO, (2016). Le secteur avicole 26/04/2016
- Fenardji, F. (1990). Organisation, performances et avenir de la production avicole en Algérie, en options méditerranéennes, série A, n°07
- Ferrah, A. (1993): Bases économiques et techniques de l'industrie d'accoupage « chair » et « ponte », en Algérie. ITPE, 1993.
- Ferrah, A. (2005): Aide publique et développement d'élevage en Algérie contribution à une analyse d'impact (2000-2005) pp 5-7. Filière Avicole, Viande et Œufs: 51-59.
- Galli, G. M., Aniecevski, E., Petrolli, T. G., Rosa, G. da, Boiago, M. M., Simões, C. A. D. P., Wagner, R., Copetti, P. M., Morsch, V. M., Araujo, D. N., Marcon, H., Pagnussatt, H., Santos, H. V., Mendes, R. E., Loregian, K. E., & Silva, A. S. D. (2021). Growth performance and meat quality of broilers fed with microencapsulated organic acids. *Animal Feed Science and Technology*, 271(October). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114706>
- Giannenas, I., Papanephytous, C. P., Tsalié, E., Pappas, I., Triantafillou, E., Tontis, D., & Kontopidis, G. A. (2014). Dietary supplementation of benzoic acid and essential oil compounds affects buffering capacity of the feeds, performance of turkey poults and their antioxidant status, pH in the digestive tract, intestinal microbiota and morphology. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(2), 225–236. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13376>
- Gonzalez-Fandos, E., Martinez-Laorden, A., & Perez-Arnedo, I. (2020). Combined effect of organic acids and modified atmosphere packaging on listeria monocytogenes in chicken legs. *Animals*, 10(10), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ani10101818>
- Goodfellow, M., Kämpfer, P., Busse, H.-J., Trujillo, M. E., Suzuki, K., Ludwig, W., & Whitman, W. B. (Eds.). (2012). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Springer New York, NY. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-68233-4>
- Gowthaman, V., Singh, S. D., Dhama, K., Barathidasan, R., & Anjaneya, P. B. (2012). Infectious bursal disease (IBD) playing a triggering role in E. coli and Mycoplasma induced respiratory disease complex in broilers. *Veterinary Practitioner*, 13(2), 223-225.
- Guabiraba, R., & Schouler, C. (2015). Avian colibacillosis: Still many black holes. *FEMS Microbiology Letters*, 362(15), 1–8. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnv118>
- Guabiraba, R., & Schouler, C. (2015). Avian colibacillosis: Still many black holes. *FEMS Microbiology Letters*, 362(15), 1–8. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnv118>
- Guérin, J.P., Boissieu, C., (2008) : Les colibacilloses ou infections à Escherichia coli, ENV Toulouse. *Agricole*. Pages 316-324.

- Halbouche, M., Dahloun, L., Mouats, A., Didi, M., Ghali, S., Boudjenah, W et Fellahi, A.(2009). Inventaire phénotypique des populations avicoles. Locales dans le Nord-Ouest Algérien, caractérisation morphologique des animaux et des œufs.
- Halstead, F. D., Rauf, M., Moiemmen, N. S., Bamford, A., Wearn, C. M., Fraise, A. P., Lund, P. A., Oppenheim, B. A., & Webber, M. A. (2015). The antibacterial activity of acetic acid against biofilm-producing pathogens of relevance to burns patients. *PLoS ONE*, 10(9), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136190>
- Hammouche, D., Boudouma, D et Mouss, AEH. (2011). Effet du retrait alimentaire sur les performances zootechniques et le taux de mortalité des poulets de chair élevés en conditions de stress thermique chronique. 6ème Journées de Recherches Sur Les Productions Animales, Université M. Mammeri, Tizi-Ouzou Les 9 et 10 Mai 2011.
- Hand, A. (2014). La production et la consommation mondiale de poulet
- Hayajneh, F.M.F., Jalal, M., Zakaria, H., Abdelqader, A., & Abuajamieh, M. (2018). Anticoccidial effect of apple cider vinegar on broiler chicken: An organic treatment to measure anti-oxidant effect. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 21(2), 361–369. <https://doi.org/10.24425/122605>
- Hiba, B. (2018). ETUDE SUR LES PATHOLOGIES AVIAIRES LES PLUS FREQUENTES DES WILAYAS ALGER ET BLIDA. Thèse de Docteur Vétérinaire, Université Saad Dahlab-Blida, 122 p.
- Hitt, F. (2003). Le caractère fonctionnel des représentations. In *Annales de didacqique et de sciences cognitives* (Vol. 8, Issue 1938). <https://doi.org/10.1002/14356007.a01>
- Ho, C. W., Lazim, A. M., Fazry, S., Zaki, U. K. H. H., & Lim, S. J. (2017). Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review. In *Food Chemistry* (Vol. 221). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.128>
- Hubbard, (2014) Guide D'élevage De Poulet De Chair, p15,16,17
- Hubbard, (2015). Comparaison des performances de production et de la qualité organoleptique de la viande de trois souches de poulets chair.
- Huff, W. E., Huff, G. R., Rath, N. C., Balog, J. M., & Donoghue, A. M. (2005). Alternatives to antibiotics: Utilization of bacteriophage to treat colibacillosis and prevent foodborne pathogens. *Poultry Science*, 84(4), 655–659. <https://doi.org/10.1093/ps/84.4.655>
- I.N.R.A.A., (2003): Rapport National Sur les Ressources Génétiques Animales en Algérie. Rapport, INRA Algérie. 46p.
- I.T.A.V.I, (2009). Situation de la production et des marches des oeufs et des produits d'oeuf, p 6-7.
- Ichou, S. (2012). La filière avicole en Algérie 10 èmes Journées des Sciences Vétérinaires: La filière avicole: développement et promotion, 27-28 Mai 2012, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire D'Algérie.
- INERIS, (2003). Document de référence sur les meilleures techniques disponibles. Élevage intensif de volailles et de porcins: 2-3.

- INRS, (2021). Acide acétique, Fiche Toxicologique n°24. 1–10.
- INRS, (2021). Acide acétique, Fiche toxicologique synthétique n° 24. 1–3.
- Institut Technique des Elevages. (2015). Observatoire des filières avicoles Algérienne. Note de conjoncture, produits et intrants avicoles, premier trimestre 2015: 2-8.
- ISO 16649-2:2001, Microbiologie des aliments — Méthode horizontale pour le dénombrement des *Escherichia coli* bêta-glucuronidase positive — Partie 2: Technique de comptage des colonies à 44 degrés C au moyen de 5-bromo-4-chloro-3-indolyl bêta-D-glucuronate
- ISO 21528-2:2017, Microbiologie de la chaîne alimentaire — Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae — Partie 2: Technique par comptage des colonies
- Kaci, A, (2015). La filière avicole algérienne à l'ère de la libéralisation économique. Cah Agric 24 : 151-60. doi : 10.1684/agr.2015.0751
- Kaci, A. et Boudouma, D. (2011). La production du Poulet de Chair en Algérie: aspects techniques, organisationnels, et économiques. 6 èmes Journées de recherches sur les productions animales, Université M. Mammeri, Tizi-Ouzou Les 9 Et 10 Mai 2011.
- Kaci, A. et Cheriet, F. (2013). Analyse de la compétitivité de la filière viande de Volaille en Algérie: tentatives d'explication d'une déstructuration chronique. A Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment 2: 11-21.
- Karaalp, M., Aksakal, V., Sarikaya, S. B. O., Urusan, H., Bayram, B., & Zulkadir, A. (2018). The effect of apple cider vinegar and mushroom stalk supplementation on laying hens. *Indian Journal of Animal Research*, 52(10), 1457–1461. <https://doi.org/10.18805/ijar.B-768>
- Khan, R. U., Naz, S., Raziq, F., Qudratullah, Q., Khan, N. A., Laudadio, V., Tufarelli, V., & Ragni, M. (2022). Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 32594–32604. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19241-8>
- Khan, S. H., & Iqbal, J. (2016). Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 359–369. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1079527>
- Kheffache, H. et Laribi, S. (2012). Les arrangements contractuels entre les acteurs de la filière avicole chair de la wilaya de Médéa. 10 èmes Journées Des Sciences Vétérinaires: La Filière Avicole: développement et promotion, 27-28 Mai 2012, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire D'Algérie.
- Khodambashi Emami, N., Daneshmand, A., Zafari Naeni, S., Graystone, E. N., & Broom, L. J. (2017). Effects of commercial organic acid blends on male broilers challenged with *E. coli* K88: Performance, microbiology, intestinal morphology, and immune response. *Poultry Science*, 96(9), 3254–3263. <https://doi.org/10.3382/ps/pex106>
- Kholladi, M. (2005). SIG pour le suivi de la remontée des eaux de la wilaya d'El Oued Souf. 10.

- Kim, J. H., & Lee, S. Y. (2021). Effect of NaCl addition on the antibacterial effectiveness of acetic acid and its salts against pathogenic bacteria. *Food Control*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107704>
- Koutsianos, D., Athanasiou, L., Mossialos, D., & Koutoulis, K. C. (2020). Colibacillosis in poultry: A disease overview and the new perspectives for its control and prevention. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(4), 2425–2436. <https://doi.org/10.12681/jhvms.25915>
- Koutsianos, D., Athanasiou, L., Mossialos, D., & Koutoulis, K. C. (2020). Colibacillosis in poultry: A disease overview and the new perspectives for its control and prevention. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(4), 2425–2436. <https://doi.org/10.12681/jhvms.25915>
- Koyuncu, S., Andersson, M. G., Löfström, C., Skandamis, P. N., Gounadaki, A., Zentek, J., & Häggblom, P. (2013). Organic acids for control of Salmonella in different feed materials. *BMC Veterinary Research*, 9. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-81>
- Kumar, A., Toghyani, M., Kheravii, S. K., Pineda, L., Han, Y., Swick, R. A., & Wu, S. B. (2022). Organic acid blends improve intestinal integrity, modulate short-chain fatty acids profiles and alter microbiota of broilers under necrotic enteritis challenge. *Animal Nutrition*, 8(1), 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.04.003>
- Lahouari, D., Miloud, H., & Abed, A. (2015). Évaluation de la qualité des œufs chez deux phénotypes de poules locales : cou nu- frisées et normalement emplumées. Comparaison avec les œufs de souche commerciale. *Revue Agriculture - Revue Semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1 UFAS*, 18.
- Laouni, C. (2019). Etude comparative entre deux modes d'élevage de poulet de chair dans la wilaya de Biskra : élevage au sol et élevage en batteries. *MÉMOIRE DE MASTER, Université Mohamed Khider de Biskra*.
- Le Berre, C., Serp, P., Kalck, P., & Torrence, G. P. (2011). Acetic acid in Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. Wiley, Weinheim. Doi, 10(1002), 14356007.
- Linden J. (2015). COLIBACILLOSIS IN LAYERS: an Overview. The Poultry Site. Retrieved from <http://www.thepoultrysite.com/articles/3378/colibacillosis-in-layers-an-overview/> on 22nd January, 2019.
- Loi n° 19-12 du 14 Rabie Ethani 1441 correspondant au 11 décembre 2019 modifiant et complétant la loi n° 84-09 du 4 février 1984 relative à l'organisation territoriale du pays
- Loukiadis, E. (2007). Facteurs de virulence et dissémination dans l'environnement via les effluents d'abattoirs d'animaux de boucherie d'Escherichia coli entérohémorragiques (EHEC) (Doctoral dissertation, Toulouse 3). pp.17
- MADR, DSASI. (2009). La filière avicole en Algérie. Ed : Ministère De L'agriculture Et De La Pêche.
- MAEP. UPDR. (2004). 208 Filière Aviculture Moderne.doc. Filières de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, et Actions du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, 1-11.

- Mahma, H. & Berghouti, F. (2016). La filière avicole (poulet de chair) dans la wilaya de Ouargla : autopsy de dysfonctionnement Cas de la région de Ouargla. Mémoire de Master. Université KASDI Merbah, Ouargla.
- Mdeffairi, H. (2010). Analyse de la compétitivité de la filière œuf de consommation cas de la Mtidja Ouest. Mémoire de Magister. Science Agronomiques : Développement rural. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach-Alger.
- Messaï, CR. (2011). Fréquence et profils d'antibiorésistances des souches E. coli isolées de poulets de chair atteints de colibacillose à l'abattoir avicole de Setif. Thèse de magistère en sciences vétérinaires,
- Ministère de l'Industrie, Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (2022). MONOGRAPHIE WILAYA D'EL OUED.
- Mortada, M., Cosby, D. E., Shanmugasundaram, R., & Selvaraj, R. K. (2020). In vivo and in vitro assessment of commercial probiotic and organic acid feed additives in broilers challenged with *Campylobacter coli*. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(2), 435–446. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.02.001>
- Mosleh, N., Dadras, H., Asasi, K., Taebipour, M. J., Tohidifar, S. S., & Farjanikish, G. (2017). Evaluation of the timing of the *Escherichia Coli* co-infection on pathogenicity of H9N2 avian influenza virus in broiler chickens. *Iranian journal of veterinary research*, 18(2), 86.
- Moula, N., Antoine-Moussiaux, N., Farnir F., & Leroy, P. (2009). Evaluation of the Production Performances of an Endangered Local Poultry Breed, the Famennoise. *Int. J. Poult Sci.*, 8(4), 389-396.
- Mujahid, R., Lepartment, A., Haitham, E. I. A.-, & Al-shwaikh, A. M. (2009). Studying the Effect of Acetic Acid against Different Types of Bacteria Causing Chronic Otitis Media. 120. *دراسة تأثير حامض الخليك على أنواع مختلفة من البكتيريا المسببة لالتهاب الأذن الوسطى المزمن*
- Nassik, S. (2020). Cour magistrale de pathologie aviaire destiné aux étudiants 5ème année vétérinaire. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Natsos, G., Koutoulis, K. C., Sossidou, E., Chemaly, M., & Mouttotou, N. K. (2016). *Campylobacter* spp. infection in humans and poultry. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 67(2), 65-82.
- Nava, G. M., Attene-Ramos, M. S., Gaskins, H. R., & Richards, J. D. (2009). Molecular analysis of microbial community structure in the chicken ileum following organic acid supplementation. *Veterinary Microbiology*, 137(3–4), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.01.037>
- Ndiaye, C. (2010). ETUDE ANATOMO-CLINIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES CAS SUSPECTS DE COLIBACILLOSE AVIAIRE DANS LES REGIONS DE DAKAR ET THIES. Thèse de Doctorat en médecine vétérinaire, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar Sénégal. Pp 29.
- Netaf H. 2018. Analyse multivariée de la conformation et la composition des oeufs chez quatre espèces avicoles locales. Mémoire de fin d'études, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

- Nguyen, D. H., & Kim, I. H. (2020). Protected organic acids improved growth performance, nutrient digestibility, and decreased gas emission in broilers. *Animals*, 10(3), 0–10. <https://doi.org/10.3390/ani10030416>
- Nolan, L. K, Barnes, H. J., Vaillancourt, J. P., Abdul-Aziz, T. & Logue, C. M. (2015). Colibacillosis. In: *Manual of Poultry Diseases*, edited by Brugere-Picoux, J., Vaillancourt, J. P., Shivaprasad, H. L., Venne,D., & Bouzouais, M. AFAS, 301-315.
- Nolan, L. K., Vaillancourt, J. P., Barbieri, N. L., & Logue, C. M. (2020). Disease of Poultry Colibacillosis. <https://doi.org/10.1002/9781119371199.ch18>
- Nolan, LK., Barnes, HJ., Vaillancourt, JP., Abdul-Aziz, T. and Logue, CM. (2013). Chapter 18 colibacillosis. In Swayne DE, Glisson JR, McDougald LR, Nolan LK, Suarez DL, Nair V (eds), *Diseases of Poultry*, 13th Edn. Ames, Iowa, USA: Wiley and Sons Inc, pp. 751–805.
- OIE, (2016). The OIE Strategy on Antimicrobial Resistance and the Prudent Use of Antimicrobials. https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Media_Center/docs/pdf/PortailAMR/EN_OIE-AMRstrategy.pdf (Accessed 28 November 2020).
- Oubouyahia, L. & Nassik, S. (2020). Colibacilliose et antibiorésistance chez les reproducteurs type chair au Maroc, communication personnelle.
- Oubouyahia, L. & Nassik, S. (2021). Colibacilliose aviaire au Maroc: Infection redoutable à double impact. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9(3). pages :2.3
- Oulymata, G. (2007).UTILISATION DES METHODES BIOMETRIQUES DANS L'IDENTIFICATION DE QUELQUE ARTICLE GRAM NEGATIF .Thèse doctorat Université Cheikh Anta DIOP de Dakar 120p.
- Panth, Y. (2019). Colibacillosis in poultry: A review. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 2(1), 301–311. <https://doi.org/10.3126/janr.v2i1.26094>
- Puybasset A. (2014). Le sol béton se pilote avec précision, Publié le 17 novembre 2014, <https://www.reussir.fr/volailles/le-sol-beton-se-pilote-avec-precision>
- Quinn, P.J., Markey, B.K., Leonard, F. C., FitzPatrick, E.S., Fanning, S., & Hartigan, P. J. (2011). *Veterinary Microbiology and Microbial Disease* (2nd edition). Wiley-Blackwell, 492-505.
- Rodjan, P., Soisuwan, K., Thongprajukaew, K., Theapparatt, Y., Khongthong, S., Jeenkeawpieam, J., & Salaeharae, T. (2018). Effect of organic acids or probiotics alone or in combination on growth performance, nutrient digestibility, enzyme activities, intestinal morphology and gut microflora in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(2), e931–e940. <https://doi.org/10.1111/jpn.12858>
- Rosales, A. G. (2019). EGG PERITONITIS IN POULTRY (EGG YOLK PERITONITIS). Retrieved from <https://www.merckvetmanual.com/poultry/disorders-of-the-reproductive-system/egg-peritonitis-in-poultry> on 22nd January, 2019.
- Roth, L.A., Stiles, M. E., & Clegg, L. F. L. (1973). Reliability of Selective Media for the Enumeration and Estimation of *Escherichia coli*. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 6(4), 230–234. [https://doi.org/10.1016/s0315-5463\(73\)74030-x](https://doi.org/10.1016/s0315-5463(73)74030-x)

- Sadek, O. A., Sayed, ; S M, El Berbawy, ; S M, Mansy, M. F., & Hussien, M. F. (2014). Some antibiotic resistant bacteria of public health hazard isolated from raw milk sold in some Assiut City markets. 17(1), 97–107.
- Saichana, N., Matsushita, K., Adachi, O., Frébort, I., & Frebortova, J. (2015). Acetic acid bacteria: A group of bacteria with versatile biotechnological applications. *Biotechnology Advances*, 33(6), 1260–1271. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.12.001>
- Samy, A. & Naguib, MM. (2018). AVIAN RESPIRATORY COINFECTION AND IMPACT ON AVIAN INFLUENZA PATHOGENICITY IN DOMESTIC POULTRY: Field and Experimental Findings. *Vet Sci* 5:23 Science Ltd, UK
- Singer, R. S., & Hofacre, C. L. (2006). Potential impacts of antibiotic use in poultry production. *Avian Diseases*, 50(2), 161–172. <https://doi.org/10.1637/7569-033106R.1>
- Slana, M., Pahor, V., Cvitkovič Maričić, L., & Sollner-Dolenc, M. (2014). Excretion pattern of enrofloxacin after oral treatment of chicken broilers. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 37(6), 611–614. <https://doi.org/10.1111/jvp.12130>
- Sonaiya, E., & Swan, S. (2004). Production en aviculture familiale. In *Fao*.
- Su, L. C., Xie, Z., Zhang, Y., Nguyen, K. T., & Yang, J. (2014). Study on the antimicrobial properties of citrate-based biodegradable polymers. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 2(JUL), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2014.00023>
- Sureshkumar, S., Park, J., & Kim, I. (2021). Vaccine on Growth Performance , Digestibility , *Brazilian Journal of Poultry Science*, 23(1516-635X 2021), 001–008. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1425>
- Tahri, M.(2018). Analyse multivariée de la conformation et la composition des oeufs chez quatre espèces avicoles locales. 480p (6-7-8).
- Temmerman, R., Pelligand, L., Schelstraete, W., Antonissen, G., Garmyn, A., & Devreese, M. (2021). Enrofloxacin dose optimization for the treatment of colibacillosis in broiler chickens using a drinking behaviour pharmacokinetic model. *Antibiotics*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050604>
- The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products Committee for Veterinary Medicinal Products. (1998). Enrofloxacin (Modification for bovine, porcine and poultry). EMEA/MRL/3, 1–6.
- The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products Veterinary Medicines Evaluation Unit. (1998). Enrofloxacin (Modification for bovine, porcine and poultry). EMEA/MRL/388/98-Final, 1–6.
- Trček, J., Mira, N. P., & Jarboe, L. R. (2015). Adaptation and tolerance of bacteria against acetic acid. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(15), 6215–6229. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6762-3>
- Umar, S., Munir, MT., Ahsan, U., Raza, I., Chowdhury, MR., Ahmed, Z., Shah, M. (2017). Immunosuppressive interactions of viral diseases in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 73(1), 121-135. doi:10.1017/S0043933916000829

- Wali, M. K., & Abed, M. M. (2019). Antibacterial activity of acetic acid against different types of bacteria causes food spoilage. *Plant Archives*, 19(1), 1827–1831.
- Weiss, A. J., Mancall, E. L., Koltjes, J. A., Whitelaird, J. C., & Jackson, L. G. (1962). Dimethylacetamide: A Hitherto Unrecognized Hallucinogenic Agent. *Science*, 136, 151–152. <https://doi.org/10.1126/science.136.3511.15>
- Yalaoui S. 2020. Etude comparative de la qualité des œufs de poule locale et de souche industrielle (Estimation des corrélations phénotypiques). Mémoire de fin d'études, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- Zanella A., Alborali, G. L., Bardotti, M., Candotti, P., Guadagnini, P. F., Martino, P. A., & Stonfer, M. (2000). Severe Escherichia coli O111 septicaemia and polyserositis in hens at the start of lay. *Avian Pathology*, 29(4), 311-317. DOI: 10.1080/03079450050118430
- Sureshkumar, S., Park, J., & Kim, I. (2021). Vaccine on Growth Performance , Digestibility . *Brazilian Journal of Poultry Science*, 23(1516-635X 2021), 001–008. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1425>
- Temmerman, R., Pelligand, L., Schelstraete, W., Antonissen, G., Garmyn, A., & Devreese, M. (2021). Enrofloxacin dose optimization for the treatment of colibacillosis in broiler chickens using a drinking behaviour pharmacokinetic model. *Antibiotics*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050604>
- Trček, J., Mira, N. P., & Jarboe, L. R. (2015). Adaptation and tolerance of bacteria against acetic acid. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(15), 6215–6229. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6762-3>
- Wali, M. K., & Abed, M. M. (2019). Antibacterial activity of acetic acid against different types of bacteria causes food spoilage. *Plant Archives*, 19(1), 1827–1831.
- Weiss, A. J., Mancall, E. L., Koltjes, J. A., Whitelaird, J. C., & Jackson, L. G. (1962). Dimethylacetamide: A Hitherto Unrecognized Hallucinogenic Agent. *Science*, 136, 151–152. <https://doi.org/10.1126/science.136.3511.15>

Web Sites

- <https://www.guide-pme.com/elevage-de-poulets-de-chair-les-essentiels-a-retenir/>
- <https://www.vedantu.com/chemistry/acetic-acid>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_d%27El_Oued
- <https://fr.tutitempo.net/climat/ws-605590.html>
- <https://fr.dreamstime.com/bact%3%A9ries-e-d-escherichia-coli-illustration-m%3%A9dicament-pr%3%A9cise-marqu%3%A9e-montrant-%3%A0-l-adn-les-ribosomes-cytoplasme-image151515456>
- [https://www.cobb-vantress.com/fr_FR/products/cobb500/.](https://www.cobb-vantress.com/fr_FR/products/cobb500/)
- <https://www.avicultureaumaroc.com>

Annexes

Annexe 01 : Résultats *in vivo*

Tableau 14 : Dénombrement de colonies Sur TBX spécifique a *E.coli* à 44 C° pendant 24 Heures exprimé en UFC/ml et en log base 10

Dilution	Ts		Tm		Tv	
	UFC/ml	Log 10	UFC/ml	Log 10	UFC/ml	Log 10
-2	> 150	/	> 150	/	> 150	/
-3	> 150	/	> 150	/	> 150	/
-4	44,2.10 ⁶	7,65	2,1.10 ⁶	6.32	9,8.10 ⁶	6.99
-5	4,42.10 ⁶	6.64	1,04.10 ⁶	6.01	3,5.10 ⁶	6.54

Tableau 15 : Dénombrement de colonies sur VRBG pour Entérobactéries à 37 C° pendant 24 Heures exprimé en log base 10

Dilution	Ts	Tm	Tv
-1	> 150	> 150	> 150
-2	> 150	> 150	> 150
-3	> 150	0.69	> 150
-4	> 150	absence	1.82
-5	> 150	absence	1.53

Tableau 16 : Echantillonnage rapporté en gramme ou en ml (UFC/ml)

Echantillons	Net	UFC/gr ou UFC/ml
Ts	0.165	442.4
Tv	0.172	976.7
Tm	0.193	207.2

Annexe 02 : Elevage de poulets de chair dans la wilaya d'El oued



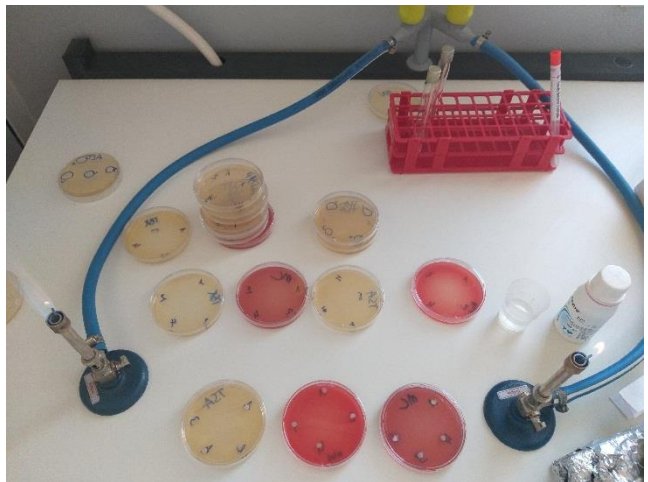
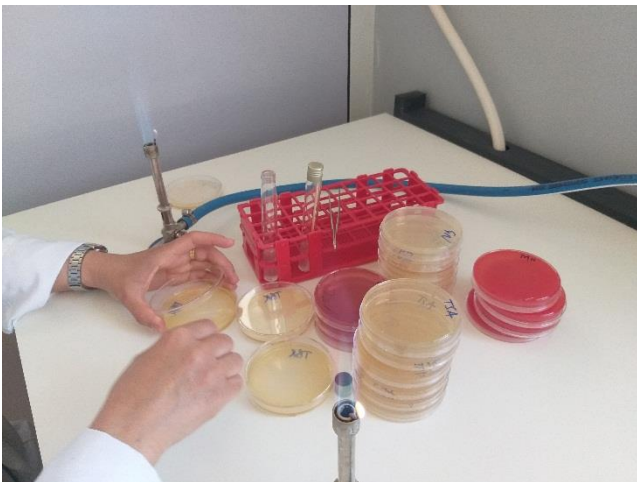
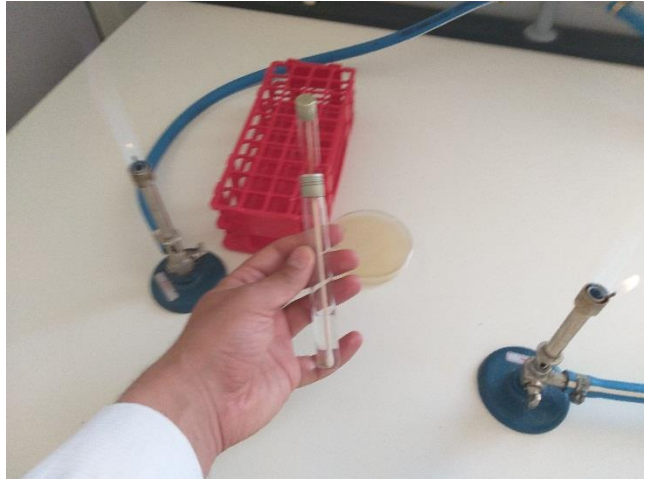




Annexe 03 : Appareillage du laboratoire



Annexe 04 : Expérience *in Vitro*



Annexe 04 : Expérience *in Vivo*

