

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité: Génétique et reproduction animale

THÈME

**Effet des huiles essentielles d'eucalyptus et de
menthe sur les performances zootechniques et
sanitaires du poulet de chair**

Présenté par : KASSOUS Tahar

Soutenu le 06 Juillet 2022

Devant les membres du jury

Président	DAHLOUM Lahouari	Maître de Conférences A	U. Mostaganem
Examineur	SEBAI Ali	Médecin vétérinaire principal	Laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem
Promoteur	BENAMEUR Qada	Maître de Conférences A	U. Mostaganem

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents : Qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de formuler

des prières à mon égard.

A mon épouse qui m'a beaucoup soutenu

A mes ptit enfant, Djawed et Iyad

A ma chère sœur pour son soutien moral

A mon frère Yacine

A mes frère Nadir, Rabeh, Youcef, Ahmed et Mohamed

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement Mr QADA BENAMEUR pour son encadrement, pour ses compétences, ses qualités scientifiques et humaines, son dynamisme, ses idées et conseils précieux et ses discussions constructives. Et surtout pour la confiance qu'il m'a accordée tout au long de ce travail et pour sa patience. Son encadrement m'a permis de mener à bien ce travail. Je tiens à lui assurer de ma profonde gratitude.

Un très grand remerciement pour la structure d'accueil SARL Mostaganem food poultry et tout leur équipe dirigé par Mr Khebchache Amar qui nous a ouvert les portes pour faire nos études, aussi à mon directeur de travail Mr Madhar Aqtit qui m'a encouragé de terminer mes études.

Je remercie également le directeur du laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem Mr Réda Belhadj Pour m'avoir accueilli et accepté de réaliser une partie de cette étude au sein de son laboratoire. Je tiens aussi à mentionner le plaisir que j'ai eu en travaillant au service de Bactériologie Médicale et j'en remercie l'ensemble des membres et en particulier Mme Mekouï Samira pour son assistance technique et sa disponibilité.

Je remercie chaleureusement Monsieur DAHLOUM Lahouari pour avoir accepté de présider le jury.

J'adresse mes remerciements également à Mr Ali SBAL d'avoir examiné mon travail, Je voudrai remercier ma famille pour son soutien sans faille, sa patience et sa compréhension dans les moments les plus difficiles de cette aventure. Merci encore une fois.

Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciements.....	II
Résumé en arabe.....	III
Résumé en français.....	IV
Résumé en anglais.....	V
Liste des tableaux.....	VI
Liste des figures.....	VII
Liste des abréviations.....	VIII
Liste des annexes.....	IX

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

<i>Introduction.....</i>	<i>1</i>
--------------------------	----------

Chapitre I: Elevage de poulet de chair

1. Evolution des produits avicoles et leur consommation.....	3
1.1.Evolution des produits avicoles et leur consommation au niveau mondiale.....	3
1.1.1. Evolution des produits avicoles.....	3
1.1.2. Evolution de la consommation mondiale.....	4
1.2.Evolution des produits avicoles et leur consommation en Algérie.....	5
1.2.1. Evolution de la production Algérienne.....	5
1.2.2. Evolution de la consommation Algérienne	5
2. les paramètres zootechniques de l'élevage du poulet de chair.....	6
2.1.Bâtiment d'élevage avicole.....	6
2.1.1. Intérêt de bâtiment d'élevage avicole.....	7
2.1.2. Implantation de bâtiment.....	7
2.2.Facteurs d'ambiance.....	8
2.2.1. Température.....	8
2.2.2. Humidité	9
2.2.3. Composition de l'air.....	10
2.2.3.1.Teneur en oxygène.....	10
2.2.3.2.Teneur en gaz carbonique.....	10
2.2.3.3.Teneur en ammoniac.....	10
2.2.4. Ventilation.....	11
2.2.5. Eclairage	11
2.2.6. Contrôle des paramètres d'ambiance	12
2.3.Alimentation.....	14

Chapitre II: Principales pathologies chez le poulet de chair

1. Maladies bactériennes.....	17
1.1.Mycoplasmosse (<i>Mycoplasma gallisepticum</i>).....	17
1.1.1. Agent pathogène.....	17
1.1.2. Modes de transmission.....	17
1.1.3. Signes cliniques.....	17
1.1.4. Diagnostic.....	18
1.1.5. Prévention.....	18
1.2.Salmonellose (<i>Salmonella pullorum</i> ou <i>Salmonella gallinarum</i>).....	18
1.2.1. Agent pathogène.....	18
1.2.2. Modes de transmission.....	19
1.2.3. Signes cliniques.....	19
1.2.4. Diagnostic.....	19
1.2.5. Prévention.....	20
1.3.Colibacillose.....	20
1.3.1. Agent pathogène.....	20
1.3.2. Modes de transmission.....	20
1.3.3. Signes cliniques.....	21
1.3.3.1.Formes localisées.....	21
1.3.3.1.1. Omphalite et infection du sac vitellin.....	21
1.3.3.1.2. Cellulite.....	21
1.3.3.1.3. Tête enflée.....	21
1.3.3.1.4. Entérite.....	21
1.3.3.2.Forme génitales.....	21
1.3.3.3.Forme respiratoires.....	21
1.3.3.4.Forme systémique aigue ou colisepticémie.....	22
1.3.3.5.Forme chroniques.....	22
1.3.4. Diagnostic.....	22
1.3.5. Prévention.....	22
1.4.Pasteurellose (Choléra aviaire).....	23
1.4.1. Agent pathogène.....	23
1.4.2. Modes de transmission.....	23
1.4.3. Signes cliniques.....	23
1.4.4. Diagnostic.....	24
1.4.5. Prévention.....	24
2. Maladies virales.....	24
3. Maladies parasitaires.....	24
3.1.Coccidiose.....	24
3.1.1. Agent pathogène.....	25
3.1.2. Modes de transmission.....	25
3.1.3. Signes cliniques.....	25
3.1.4. Diagnostic.....	25
3.1.5. Prévention.....	26

Chapitre III: Utilisation des huiles essentielles en aviculture

1. Généralités sur les huiles essentielles.....	27
1.1.Définition.....	27
1.2.Répartition, localisation et fonction des l'HE.....	28
1.2.1. Répartition.....	28
1.2.2. Localisation.....	28
1.2.2.1.Eléments sécréteurs.....	28
1.2.2.2.Stockage dans la plante.....	29
1.2.2.3.Fonction.....	29
1.3.Composition chimique de HE.....	30
1.3.1. Terpènes.....	30
1.3.1.1.Monoterpènes (C10).....	30
1.3.1.2.Sesquiterpènes (C15).....	30
1.3.1.3.Diterpènes (C20).....	30
1.3.1.4.Triterpènes (C30).....	31
1.3.2. Phénols.....	31
1.3.3. Alcools.....	31
1.3.3.1.Monoterpénols.....	31
1.3.3.2.Sesquiterpénols.....	31
1.3.3.3.Diterpénols.....	31
1.3.4. Aldéhydes.....	32
1.3.4.1.Aldéhydes terpéniques.....	32
1.3.4.2.Aldéhydes aromatique.....	32
1.3.5. Esters.....	32
1.3.6. Ethers.....	32
1.3.6.1.Phénols méthyl-éthers.....	32
1.3.6.2.Ethers-oxydes.....	32
1.3.7. Cétones.....	33
1.3.8. Oxydes terpéniques.....	33
1.3.9. Lactones.....	33
1.3.10. Coumarines.....	33
1.3.11. Phtalides.....	34
1.3.12. Composés azotés.....	34
1.3.13. Composés soufrés.....	34
1.4.Procédés d'obtention des HE.....	34
1.4.1. Distillation	34
1.4.1.1.Hydrodistillation.....	34
1.4.1.2.Entrainement par vapeur d'eau	34
1.4.2. Expression è froid	35
1.4.3. Distillation sèche	36
1.5.Traitement ultérieur des HE.....	36
1.6.Rendement des HE.....	36
1.7.Conservation et stockage des HE.....	37
1.8.Toxicité et précaution d'emploi des huiles essentielles.....	37
2. Principales HE utilisées en alimentation des volailles	37

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIEL ET METHODES.....	39
1. Zone d'étude.....	39
2. Présentation de la ferme « Mostaganem food poultry ».....	39
3. Facteurs d'ambiance.....	40
4. Animaux et traitement.....	42
5. Paramètre étudiés et analyses effectuées.....	44
5.1.Paramètre zootechniques.....	44
5.2.Analyse microbiologiques.....	44
5.2.1. Isolement et identification des entérobactéries.....	45
5.2.1.1.Phases d'isolement.....	45
a. Phase de pré-enrichissement.....	45
b. Phase enrichissement.....	45
c. Phase d'isolement.....	45
5.2.1.2.Phase d'identification.....	45
5.2.2. Etude de la sensibilité aux antibiotiques.....	46
5.2.2.1.Principe.....	46
5.2.2.2.Mode opératoire.....	46
a. Préparation de l'inoculum.....	46
b. Ensemencement.....	46
RESULTATS ET DISCUSSION.....	48
1. Performances zootechniques et sanitaires.....	48
2. Etude microbiologique.....	52
2.1. Diversité bactérienne.....	52
2.2. Sensibilité aux antibiotiques des souches d'entérobactéries isolées.....	55
Conclusion.....	56
Références bibliographiques.....	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Températures de confort du poulet de chair durant la période d'élevage. (Hubbard, 2017).....	9
Tableau 2 : Programme lumineux recommandé par HUBBARD.....	11
Tableau 3 : Programme lumineux HUBBARD à adapter en fonction des réglementations et normes locales.....	12
Tableau 4 : Gamme recommandée pour les paramètres d'ambiance et le taux de renouvellement nécessaire pour les garder dans la gamme (Hubbard, 2017).....	14
Tableau 5 : Tableau descriptif des éléments sécréteurs (Virginie, 2015).....	29
Tableau 6 : Quantité d'HE obtenue à partir d'une tonne de plante fraîche.....	36
Tableau 7 : Les HE les plus utilisées en aviculture (Adaszynska-Skwirzynska et Szczerbinska, 2016).....	38
Tableau 8 : Programme lumineux standard appliqué dans les 4 bâtiments d'élevage.....	41
Tableau 9 : Composition d'aliment utilisé dans les trois phases d'élevage (démarrage, croissance, finition) dans les quatre bâtiments.....	42
Tableau 10 : Programme vaccinal réalisé durant la période d'élevage.....	43
Tableau 11 : Traitement utilisé durant la période d'élevage.....	44
Tableau 12: Antibiotiques utilisé dans l'antibiogramme.....	47
Tableau 13: Effet des HE sur les performances des poulets de chair.....	48
Tableau 14: Cout de production du kg de poids vif (KgPv).....	52
Tableau 15: Souches d'entérobactéries isolées et leurs profils de résistance aux antibiotiques.....	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Distribution des poussins sous l'éleveuses.....	9
Figure 2 : Appareil de distillation des HE (Virginie, 2015).....	35
Figure 3 : Localisation de la commune de Fornaka dans la carte géographique de la wilaya de Mostaganem.....	39
Figure 4 : Ferme de production de poulet de chair « Mostaganem food poultry ».....	40
Figure 5 : Courbes de croissance des animaux en fonction de type de traitement	48
Figure 6 : Mortalité des animaux pendant toute la période d'élevage.....	50
Figure 7 : Quelques symptômes observés dans le lot T+ à la fin de la période d'élevage.....	50

LISTE DES ABREVIATIONS

DAS : Domaines agricoles socialistes

ELISA : Enzyme-Linked Immuno Assay : technique de dosage d'immunoabsorption par enzyme liée est une technique principalement utilisée afin de détecter et/ou de doser la présence d'anticorps ou d'antigènes, dans un échantillon.

FAO: Food and Agricultural Organisation of the United Nations

GAC : Groupe avicole Régional de Centre

GAE : Groupe avicole Régional d'Est

GAO : Groupe avicole Régional d'Ouest

IC : Indice de consommation

MADO : Maladie à déclaration obligatoire

MH : Mueller Hinton

OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

ONAB : Office Nationale des Aliments de Bétail

ONAPSA : Office Nationale des Approvisionnements et des Services Agricoles

ORAC : Office Régional Avicole Centre

ORAVIE : Office Régional d'Aviculture de l'Est

ORAVIO : Office Régional d'Aviculture de l'Ouest

PCR : ou encore **ACP** pour Amplification en Chaîne par Polymérase

RT-PCR : Réaction en chaîne par polymérase à partir d'un échantillon d'ARN

SAC : Société des Abattoirs Centre

SAE : Société des Abattoirs Est

SAO : Société des Abattoirs Ouest

UAB : Unité d'aliment de bétail

UI : Unité Internationale.

HE: Huiles essentielles

Résumé

Ce travail a eu pour objectif l'étude des effets des huiles essentielles (HE) d'eucalyptus et de menthe sur les performances zootechniques et sanitaires du poulet de chair éclos et élevé dans des conditions commerciales. L'impact de ces deux HE sur la diversité bactérienne et le niveau de la résistance aux antibiotiques a également été démontré.

Cette étude a été réalisée sur un effectif total de 72000 poulets de chair de souche Cobb 500 élevés au sol et réparti en 4 lots de 18000 sujets. Les deux premiers lots sont complémentés par deux mélanges commerciaux différents ; le premier complémenté par Mentoreef (combinaison de phytobiotiques 1 : CP1) et le deuxième par Mentofin (CP2). Le 3^{ème} lot c'était le lot témoin positif (T+) et le 4^{ème} lot c'était le lot T-.

Les résultats de l'évolution hebdomadaire du poids vif, du gain total de poids vif et de l'indice de conversion alimentaire obtenus dans cette étude ont montré que les deux mélanges commerciaux induisaient une amélioration globale des performances de croissance. L'utilisation de la combinaison CP2 a diminué le taux de mortalité à 4,60% mais la combinaison CP1 n'a pas permis de réduire le taux de mortalité. Les résultats de cette étude ont également démontré que l'utilisation des deux combinaisons de phytobiotiques a une influence sur la diversité bactérienne se traduisant par une disparition de certaines espèces bactériennes comme *Salmonella disrizonae*, *Citrobacter braakii* et *Enterobacter cloacae*. En outre, une diminution du taux de résistance et de multirésistance aux antibiotiques a été observée chez les bactéries isolées des lots complémentés en HE et du lot T- par rapport au lot+ complémenté en antibiotiques.

En conclusion, la complémentation en HE d'eucalyptus et de menthe pourrait constituer une alternative intéressante aux antibiotiques dans l'amélioration des performances zootechniques et sanitaires du poulet chair et jouer un rôle important dans l'inhibition des certaines bactéries pathogènes et la réduction du taux de résistance aux antibiotiques.

Mots clés: croissance, eucalyptus, huile essentielle, menthe, menthol, résistance aux antibiotiques, volaille.

Summary

The aim of this work was to study the effects of essential oils (EO) of eucalyptus and mint on the growth performance and sanitary status of broiler hatched and reared under commercial conditions. The impact of these two EOs on bacterial diversity and antibiotic resistance level has also been demonstrated.

This study was carried out on a total of 72,000 Cobb 500 broiler chickens distributed in 4 farms of 18,000 chickens. The first two farms are supplemented by two different commercial mixtures; the first supplemented with Mentoreef (combination of phytobiotics 1: CP1) and the second with Mentofin (CP2). The 3rd farm was considered as the positive control and the 4th was the negative control.

The results of weekly changes in body weight, total body weight gain and feed conversion index obtained in this study showed that the two commercial mixtures induced an overall improvement in growth performance. The use of the CP2 combination reduced the mortality rate to 4.60% but the CP1 combination did not reduce the mortality rate. The results of this study also demonstrated that the use of the two combinations of phytobiotics has an influence on bacterial diversity, resulting in the disappearance of certain bacterial species such as *Salmonella disrizonae*, *Citrobacter braakii* and *Enterobacter cloacae*. In addition, a decrease in resistance and multi-drug resistance levels were observed in the enterobacteriaceae strains isolated from the group supplemented with EO and from the T- group compared to the T+ group supplemented with antibiotics.

In conclusion, supplementation of eucalyptus and mint EOs could be an interesting alternative to antibiotics in improving the growth performance and the sanitary status of broiler chickens and play an important role in inhibiting certain pathogenic bacteria and reducing the rate of antibiotic resistance.

Keywords: growth, eucalyptus, essential oil, mint, menthol, antibiotic resistance, poultry.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير الزيوت الأساسية للأوكالبتوس والنعناع على الأداء التقني والصحي لدجاج التسمين التي تفقس وتربى في ظروف تجارية. كما تم إثبات تأثير تلك الزيوت على التنوع البكتيري ومستوى مقاومة المضادات الحيوية

تم إجراء هذه الدراسة على 72000 دجاجة التسمين كوب 500 تمت تربيتها على الأرض وتم تقسيمها إلى 4 مجموعات من 18000 فرد. يتم استكمال المجموعتين الأولى والثانية بمزيجين تجاريين مختلفين ؛ الأولى مكملة بمنتوريف (مزيج من المجموعة الثالثة هي مجموعة التحكم الإيجابي و الدفعة الرابعة هي دُفعة (CP2) والثاني بالمينتوفين (CP1): الفيتيبوتيك 1 التحكم السلبي

أظهرت نتائج التغيرات الأسبوعية في وزن الجسم وزيادة وزن الجسم الكلي ومؤشر التحويل الغذائي التي تم الحصول عليها إلى خفض معدل CP2 في هذه الدراسة أن الخليطين التجاريين أدى إلى تحسن شامل في أداء النمو. أدى استخدام تركيبة لم تقلل من معدل الوفيات. كما أوضحت نتائج هذه الدراسة أن استخدام مجموعتي CP1 الوفيات إلى 4.60٪ لكن تركيبة الزيوت الأساسية له تأثير على التنوع البكتيري ، مما أدى إلى اختفاء بعض الأنواع البكتيرية . بالإضافة إلى ذلك ، لوحظ انخفاض في معدل المقاومة والمقاومة المتعددة للمضادات الحيوية في البكتيريا المعزولة من المجموعتين الأولى والثانية

في الختام ، يمكن أن تكون مكملات الزيوت الأساسية للأوكالبتوس والنعناع بديلاً مثيراً للاهتمام للمضادات الحيوية في تحسين الأداء التقني والصحي لدجاج التسمين وتلعب دوراً مهماً في تثبيط بعض البكتيريا المسببة للأمراض وتقليل معدل مقاومة المضادات الحيوية

الكلمات المفتاحية: النمو ، الأوكالبتوس ، الزيوت الأساسية ، النعناع ، المنتول ، مقاومة المضادات الحيوية ، الدواجن

Introduction

Introduction

En Algérie les élevages de poulet de chair constituent des milieux idéals au développement et la dissémination des germes résistants. Une utilisation massive d'antibiotiques est toujours constatée dans ces élevages, qui sont souvent envahis ou infectés par de nombreuses bactéries responsables de graves infections respiratoires chez la volaille. La propagation des agents pathogènes dans ce type de production est facilitée par le non-respect des normes de construction des bâtiments d'élevages et le manque d'application des mesures sanitaires et hygiéniques.

La résistance aux antibiotiques chez les animaux d'élevage a toujours été une préoccupation depuis des années. En effet, de plus qu'elle peut être la cause d'échecs thérapeutiques en médecine vétérinaire, elle peut également poser un problème de santé publique, celui de la capacité de transférer cette résistance aux humains. Ce transfert est facilité par l'absence de barrière entre les populations bactériennes humaines et animales et par l'existence d'une similitude entre la plupart des familles d'antibiotiques utilisés en médecine humaine et vétérinaire (AFSSA, 2006). Les bactéries résistantes aux antibiotiques peuvent également être retrouvées en quantité importantes dans leurs rejets. Leur présence dans les rejets, utilisés en tant qu'engrais agricole, pourrait être nocive pour la faune et la flore du sol, modifier la disponibilité des nutriments du sol suite à ces changements de microflore et microfaune, et entraîner le développement de bactéries résistantes à ces antibiotiques facteurs de croissance dans le sol (Kumar et al., 2005).

L'apparition de ces bactéries résistantes chez le poulet de chair semble liée aux administrations continues d'antibiotiques à des doses sub-thérapeutiques, de l'ordre de 5 à 50 ppm chez les volailles (Castanon, 2007). Ces antibiotiques facteurs de croissance pourraient également favoriser le développement de bactéries pathogènes du fait de la réduction du microbiote commensal (Asakura et al., 2001). Cette situation a conduit les autorités européennes à interdire au 1^{er} janvier 2006 les antibiotiques comme facteurs de croissance en alimentation animale (article 11-2 du règlement (CE) n°2003/1831). Cependant, cette pratique est toujours utilisée en aviculture en Algérie.

Pour faire face à l'annonce de l'interdiction des antibiotiques facteurs de croissance en Europe et dans de nombreux autres pays, l'utilisation d'alternatives aux antibiotiques facteurs de croissance dans l'alimentation s'est donc développée, avec un nombre important de produits mis sur le marché. Les produits à base de plantes, déjà utilisés pour leurs effets sur les

performances zootechniques chez les volailles depuis les années 1990, ont vu leur utilisation se développer fortement. Ainsi, plusieurs nouveaux mélanges d'HE ou de composés synthétiques (associés ou non à d'autres produits tels que les épices), ont fait leur apparition sur le marché mondial (Brenes et Roura, 2010). Différentes revues bibliographiques rapportent une modification des performances de croissance de poulets de chair suite à l'ingestion des HE, mais leur effet est très variable. Par conséquent, l'objectif de ce travail était d'évaluer l'effet des HE d'eucalyptus et de menthe sur l'amélioration des performances zootechniques et sanitaires du poulet de chair éclos et élevé dans des conditions commerciales. L'impact de ces deux HE sur la diversité bactérienne et le niveau de résistance aux antibiotiques a également été démontré.

La première partie du manuscrit a été consacrée à une synthèse bibliographique portant sur l'élevage de poulet de chair, les principales pathologies chez le poulet de chair et l'utilisation des huiles essentielles en aviculture.

La seconde partie expérimentale s'articule autour de deux axes principaux :

Dans un premier temps nous avons évalués l'effet de la complémentation en HE sur l'amélioration des performances zootechniques et sanitaires du poulet de chair par la réalisation des essais pilotes dans le complexe de production avicole « Mostaganem Food Poultry ».

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à l'effet de ces HE sur le microbiote intestinal des animaux et sa sensibilité aux antibiotiques.

Partie bibliographique

Chapitre I :
Elevage de poulet de chair

Elevage de poulet de chair**1. Evolution des produits avicoles et leur consommation****1.1. Evolution des produits avicoles et leur consommation au niveau mondial****1.1.1. Evolution des produits avicoles**

Le secteur de la volaille continue à se développer et à s'industrialiser dans de nombreuses régions du monde. La croissance de la population, l'urbanisation, ainsi qu'un plus grand pouvoir d'achat ont été de puissants moteurs favorisant cette croissance (FAO, 2022). Les progrès réalisés ont permis d'obtenir des oiseaux qui répondent aux besoins spécialisés et qui sont de plus en plus productifs, mais qui ont besoin d'être gérés par des spécialistes. Le développement et le transfert des technologies d'alimentation, d'abattage et de conditionnement ont augmenté la sécurité et l'efficacité, mais ont favorisé le développement d'unités de taille importante aux dépens des petites exploitations. Cette évolution a conduit l'industrie avicole et l'industrie des aliments pour volaille à augmenter d'échelle, à se concentrer à proximité des sources d'intrants ou des marchés finaux, et à opter pour une intégration verticale. Cette réforme structurelle se manifeste notamment par l'évolution de l'agriculture contractuelle dans l'élevage du poulet de chair, qui permet aux éleveurs avec des unités de taille moyenne d'accéder à une technologie de pointe avec un investissement initial relativement bas (FAO, 2022).

Une division claire s'établit entre les systèmes de production industrialisés de grande et moyenne taille alimentant les chaînes de commercialisation intégrées et les systèmes de production extensifs générateurs de petits revenus à l'échelle familiale, et approvisionnant les marchés locaux ou spécialisés. Le rôle principal des premiers systèmes est de fournir des produits alimentaires bon marché et sûrs aux populations éloignées de la source d'approvisionnement, tandis que le second agit comme un filet de sécurité en tant que moyen d'existence, et fait souvent partie d'un portefeuille diversifié de sources de revenus (FAO, 2022).

Les systèmes traditionnels de production avicole à petite échelle en milieu rural continuent à jouer un rôle crucial dans le maintien de moyens d'existence dans les pays en développement, dans l'approvisionnement en produits avicoles des zones rurales, et représentent un soutien important pour les femmes agricultrices. Tant que la pauvreté existera en zone rurale, la

production de volaille à petite échelle continuera d'offrir des opportunités en termes de génération de revenus et de nutrition de qualité pour la population humaine (FAO, 2022). D'après la FAO, les États-Unis d'Amérique sont le plus grand producteur de viande de volaille à l'échelle de la planète (17 % de la production mondiale), viennent ensuite la Chine et le Brésil. L'Asie est la plus grande région productrice d'œufs (64% de la production mondiale). La Chine est de loin le premier producteur mondial d'œufs (37 % de la production mondiale) et elle est suivie par les États-Unis (7 %) et l'Inde (6 %). Pour répondre à la demande croissante, la production de viande de volaille mondiale a bondi, passant de 9 à 132 millions de tonnes entre 1961 et 2019, et la production d'œufs a grimpé en flèche, passant de 15 à 90 millions de tonnes. En 2019, la viande de volaille représentait environ 39 % de la production mondiale de viande. Au cours de ces trois dernières décennies, la production mondiale d'œufs a augmenté de 150 %. L'essentiel de cette croissance est survenu en Asie, où la production a pratiquement quadruplé. Dans les pays en développement, environ 80 % des ménages ruraux élèvent des volailles.

1.1.2. Evolution de la consommation mondiale

Depuis une quarantaine d'années, la consommation mondiale de viande de volailles a subi une forte progression (elle a été multipliée par 7,5). Il s'agit de la deuxième viande consommée dans le monde, derrière le porc. D'ici 2030, la position de la viande blanche devrait se consolider pour prendre la première place à terme. Son développement résulte de la conjonction de plusieurs facteurs, faible teneur en graisses par rapport à d'autres viandes notamment la viande rouge (19,5 g de protéines et 12 g de lipides pour 100 g de matière sèche de viande blanche, contre 15,5 g de protéines et 31 à 35 g de lipides pour 100 g de matière sèche de viande rouge). En 2008, la consommation mondiale de volaille a augmenté de 4%, avec 18,6 millions de tonnes. La Chine a confirmé son rang de premier pays consommateur de viande de volailles. Le niveau de consommation individuelle dans ce pays, de 13,9 kg/hab./an, correspond à peu près à la moyenne mondiale. Il reste faible comparé à celui observé dans les autres pays mais a tendance à se développer rapidement depuis plusieurs années (FAOSTAT, 2009). D'après la Commission Européenne, la consommation de volailles en 2014 a atteint 12,5MT, soit 21,6 kg par habitant (200 g de plus par habitant qu'en 2013). Ainsi, la consommation de volailles dans l'Union Européenne représentera 30 % de la consommation totale de viande (après le porc qui en représente 49 %).

1.2. Evolution des produits avicoles et leur consommation en Algérie**1.2.1. Evolution de la production Algérienne**

L'aviculture est indéniablement la branche des productions animales qui a enregistré en Algérie le développement le plus remarquable depuis 1989 (Fenardji, 1990). L'aviculture Algérienne produit annuellement entre 330 et 342 millions de tonnes de viande blanche (soit environ 240 millions de poulets). Elle est constituée de 20 000 éleveurs, emploie environ 500 000 personnes et fait vivre environ 2 millions de personnes. Elle importe 80% des 2,5 millions de tonnes d'aliment (maïs, tourteaux de soja et CMV), 3 millions de poussins reproducteurs, des produits vétérinaires et des équipements (OFAL, 2001). Toutefois, une chute brutale de la production a été enregistrée en 1996 pour atteindre 93000 tonnes avec la diminution du niveau de consommation de l'ordre de 3,5 kg/hab/an. La filière avicole n'a commencé à absorber le choc de la libéralisation qu'à partir de 1999 avec une augmentation de la production de 200000 tonnes et une consommation de l'ordre de 6,7 kg/hab./an, (Ferrah, 2004). En l'an 2000, La production avicole, était de 169.182 tonnes de viandes blanches et de 1,49 milliard d'œufs de consommation. Ces productions sont très inférieures à celles des années où l'Etat soutenait cette activité (1989-1994). D'un autre côté, la filière avicole Algérienne a connu l'essor le plus spectaculaire parmi les productions animales. L'offre en viandes blanches est passée de 95 000 à près de 300 000 tonnes entre 1980 et 2010, soit une progression de +212 % en 30 ans (MADR, 2011). Il est signalé que la production annuelle nationale du secteur avicole enregistre un volume considérable ; elle est évaluée à plus de 253 000 tonnes de viandes blanches 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 (MADR, 2012).

Enfin, selon le département de l'agriculture, leurs statistiques indiquent que l'Algérie produit annuellement environ 460 000 tonnes de viande blanche et 6 milliards d'œufs. Ceci pour ce qui est déclaré. Or la quantité est beaucoup plus importante vu l'existence d'un marché informel qui prime sur l'activité (Driouche et Hamidi, 2017).

1.2.2. Evolution de la consommation Algérienne

Au début des années 1970, les planificateurs Algériens, devant le déficit important en Protéines animales dans la ration alimentaire, ont décidé de miser sur l'aviculture intensive pour le combler, compte tenu du fait que celle-ci échappe aux contraintes climatiques et du

fait de la rotation rapide de son cycle de production. Le développement de la filière avicole en Algérie a permis une augmentation sensible de la consommation de viande de poulet de chair. Cette dernière, est passée de 0,82 kg/hab/an en 1972 à 9,18 kg/hab/an en 1986 (Fernadji, 1990) puis à 9,70 kg/hab/an. (Driouche et Hamidi, 2017).

Entre 1980 et 1990, le secteur avicole industriel a subi un développement très important qui a multiplié la production en viande de volaille. Ce développement a été fait dans le but d'améliorer la ration alimentaire moyenne grâce à son enrichissement en protéine animale. Ces derniers ont aussi progressé d'environ 14 g/hab/jour en 1980 à environ 20 g /hab/jour en 1990, soit une hausse de 43%. A partir de 1990, le rythme de développement de la production s'est atténué a cause de la levée du monopole Etatique sur les importations et l'instauration de la vérité des prix à la levée des subventions (Ferrah, 1993).

La progression de production a permis d'améliorer la ration alimentaire moyenne en protéines animales de près de 35 millions d'Algériens. Cependant, avec 6 Kg de viande de poulet par personne et par an (MADR, 2011), l'algérien demeure parmi les plus faibles consommateurs, loin derrière l'européen avec ses 23,7 Kg, le brésilien (37 Kg), ou encore l'américain (52,6 Kg) (OFIVAL, 2011).

2. Paramètres zootechniques de l'élevage de poulet de chair

La réussite de toute spéculation animale est la résultante d'un certains nombres de facteurs dont le bâtiment d'élevage, les paramètres d'ambiance et l'alimentation.

Tous ces facteurs agissent évidemment de pair, ils sont liés les uns aux autres. L'évolution des connaissances sur eux même et leurs interactions permet une plus grande sécurité, une meilleure réussite de l'élevage par la même, une diminution du prix de revient de la production considérée (Dromigny, 1970).

2.1. Bâtiment d'élevage avicole

Le succès de n'importe quel type d'élevage est tributaire de l'application rigoureuse des facteurs de réussite, à savoir l'habitat et ses facteurs d'ambiance.

2.1.1. Intérêt de bâtiment d'élevage avicole

Le Bâtiment est le local où les animaux s'abritent contre toute source de dérangement, c'est le local où l'animal trouve toutes les conditions de confort. Pour cette raison, il doit prendre à la considération tous les facteurs internes et externes du bâtiment. La conception et la réalisation d'un élevage de poulets de chair doivent être réfléchies, car sa réussite est subordonnée à un bon habitat, une bonne alimentation, un abreuvement correct et une bonne protection sanitaire avec l'approche bio-ingénierie (Katunda, 2006).

2.1.2. Implantation du bâtiment

L'implantation du bâtiment et son environnement sont des conditions parmi celles qui contribuent le plus à la réussite de la production avicole (Laouer, 1981). Elle nécessite de tenir compte des possibilités d'approvisionnement du bâtiment en eau et en énergie et de s'assurer d'une bonne accessibilité pour les livraisons (aliment, litière...etc.) et les enlèvements (volailles, fumiers ...etc.) (Leroy et al., 2003).

Selon (Surdeau et Henaff, 1979), plusieurs préceptes doivent être retenus pour implanter un élevage du poulet de chair :

- Trouver un emplacement sec, perméable à l'eau, bien aéré mais abrité des vents froids.
- Il faut absolument éviter les terrains humides en particulier les bas fonds qui sont chauds en été et froids en hiver.
- Prévoir l'électricité et la disponibilité en eaux.
- Approchement de poulailler à la route principale, faciliter l'approvisionnement des besoins des animaux en matière d'alimentation ainsi que l'écoulement de produit au marché.
- Eviter le voisinage des grands arbres ou de certains animaux comme les moutons, dont la toison est porteuse des parasites.

Il faut également éviter les sites encaissés qui risquent de présenter une insuffisance du renouvellement d'air en ventilation naturelle. Inversement, un site très exposé aux vents risque de soumettre les animaux à des courants d'air excessifs (Didier, 1996). Une limitation de l'exposition au soleil peut être obtenue par le choix d'un site ombragé ou par une orientation du bâtiment parallèlement à un axe Est-Ouest en zone équatoriale ou tropicale, ou

à un axe Nord-Sud en dehors de ces zones. Ceci permettant un moindre rayonnement solaire sur les parois latérales en pleine journée (Didier, 1996).

2.2. Facteurs d'ambiance

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 (Alloui, 2006). 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.

2.2.1. 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 poussins d'un jour sont les plus sensibles aux températures inadaptées car ils ne sont pas capables de réguler leur température corporelle. 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).

Tableau 1: Températures de confort du poulet de chair durant la période d'élevage. (Hubbard, 2017).

Age (jours)	Température ambiante (°C)
0-3	33 à 31
3-7	32 à 30
7-14	31 à 29
14-21	29 à 27
21-28	27 à 24
28-35	24 à 22
>35	22 à 18

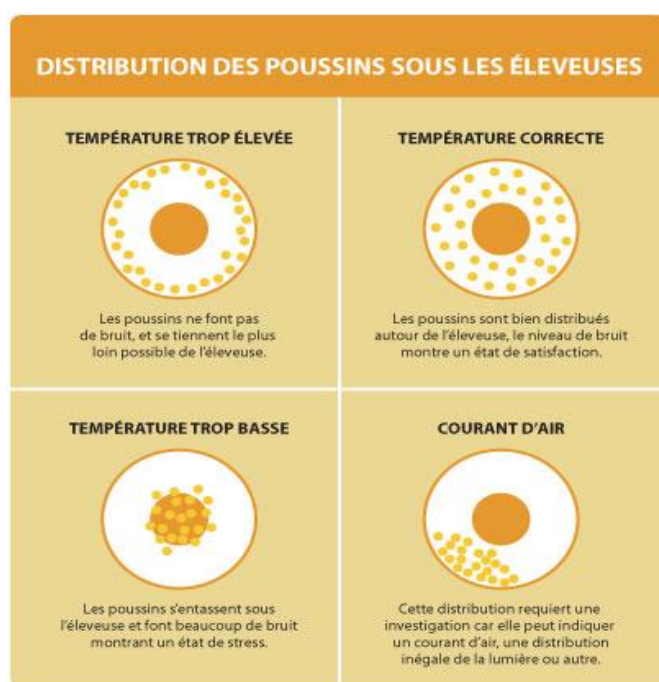


Figure 1 : Distribution des poussins sous l'éleveuses
(Éleveurs de volailles du Québec : <http://volaillesduquebec.qc.ca/>)

2.2.2. 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. Lors qu'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).

2.2.3. Composition de l'air

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

2.2.3.1. 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).

2.2.3.2. 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 ; Didier, 1996).

2.2.3.3. 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 est 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).

2.2.4. Ventilation

Un air calme se caractérise par une vitesse de 0.10 m/s chez une jeune volaille de moins de 4 semaines et par une vitesse de 0.20 à 0.30 m/s chez une volaille emplumée au delà il peut provoquer un rafraîchissement chez l'animal. Ainsi, lorsque la température critique supérieure est dépassée dans l'élevage (densité élevée enfin de bande et forte chaleur). L'augmentation de la vitesse de l'air (jusqu'à 0.70 m/s et plus) permet aux volailles de maintenir leur équilibre thermique en augmentant l'élimination de chaleur par convection (Didier, 1996).

2.2.5. Eclairage

Pendant les deux premiers jours, il est important de maintenir les poussins sur une durée d'éclairage maximum (23-24h) avec une intensité environ 5w/m² pour favoriser la consommation d'eau et d'aliments. On disposera une guirlande électrique à 1.5m du sol à raison d'une ampoule de 75 w/éleveuse, ensuite l'intensité devra être progressivement réduite à partir du 7^{ème} jour pour atteindre une valeur d'environ 0.7w/m². Le but d'éclairage est de permettre aux poussins de voir les mangeoires et les abreuvoirs. L'éclairage ne doit pas être d'une intensité trop forte pour éviter tout nervosisme (Hubbard, 2015). En région chaude, il faut éclairer la nuit, période plus fraîche pour soutenir un niveau de consommation correct (Alloui, 2006).

Tableau 2: Programme lumineux recommandé par HUBBARD

Âge (jours)	Cycles d'obscurité	Heures d'obscurité	Intensité (lux)
0-4	6	6 fois 30 min = 3 heures	>50
5	1	4	40
6	1	4	30

Tableau 3 : Programme lumineux HUBBARD à adapter en fonction des réglementations et normes locales.

Âge (jours)	Objectif de poids d'abattage (kg)	Heures d'obscurité	Intensité (lux)
7-14	<1,6	4	30 à 5-10
	1,6-2,4	6-8	
	>2,4	6-12	
15-21		4-10	Adaptée en fonction du comportement et de la réglementation.
22-28		4-6	
29-35		4	
35 jusqu'à la fin		1	

2.2.6. Contrôle des paramètres d'ambiance

Plusieurs paramètres ambiants sont interdépendants les uns des autres, donc, quand on en modifie un, les autres peuvent être indirectement affectés. Un bon exemple est la relation entre la température, l'humidité et la vitesse d'air sur la température ressentie par les animaux. Pendant les trois premières semaines de vie, chaque fois que la vitesse d'air est augmentée de 0,1m/s au-dessus de 0,3m/s, la température ressentie est réduite de 0,4 à 0,5°C. Par ailleurs, une très faible humidité au démarrage réduit de manière significative la température ressentie par les poussins (jusqu'à 2-3°C). Lutter contre l'effet de la température élevée est un défi dans de nombreux points du globe et surtout dans les climats humides où l'efficacité du refroidissement par évaporation est moindre. Dans ces zones, la capacité du bâtiment de générer une vitesse d'air élevée (jusqu'à 3,5 m/s) est essentielle pour atténuer le stress dû à la chaleur chez les animaux totalement emplumés. Outre les paramètres moyens d'ambiance, la distribution de l'air frais à tous les animaux dans le bâtiment est le secret d'une bonne ventilation. Dans les régions où la température ne descend jamais au-dessous de 20°C, une ventilation permanente par tunnel peut atteindre cet objectif. Néanmoins, dans la plupart des zones de production, la température extérieure peut descendre en dessous de 10°C, nécessitant une distribution régulière des entrées d'air tout au long du bâtiment. Prévenir les courants d'air au niveau des animaux, lorsque la température extérieure est faible, exige la capacité de

créer un niveau suffisant de pression statique négative afin d'introduire de l'air frais à grande vitesse en sous-plafond, de sorte qu'il puisse être mélangé avec l'air chaud avant de tomber sur les animaux. En revanche, lorsque la température est plus élevée que souhaitée, l'air frais est plus efficace pour refroidir les animaux quand il est dirigé vers eux. Dans tous les cas, le refroidissement par évaporation d'eau devient nécessaire à côté de la vitesse d'air lorsque la température monte au-dessus de 30-32°C après 4 semaines d'âge ou 28-30°C après 5 semaines d'âge. La gestion de la ventilation s'appuie de plus en plus sur les appareils de régulation et capteurs qui ont la capacité d'optimiser en permanence l'environnement des animaux s'ils sont bien réglés et régulièrement calibrés. Les capteurs de température doivent refléter l'état vécu par les animaux et être placés près du sol au début, puis rehaussés progressivement pour empêcher que la lecture ne soit affectée par la présence ou non d'animaux en dessous ou autour des capteurs. Les enregistreurs de données et les outils de diagnostic (émetteurs de fumée, anémomètres, ... etc.) sont utiles pour comprendre comment fonctionne réellement la ventilation dans un bâtiment et trouver des solutions adaptées (Hubbard, 2017).

Tableau 4: Gamme recommandée pour les paramètres d’ambiance et le taux de renouvellement nécessaire pour les garder dans la gamme (Hubbard, 2017).

Paramètre	Gamme	Ventilation souhaitée en m ³ /kg/h	Facteurs affectant le niveau optimal et souhaité de ventilation
Température	34 to 18 °C	0,5 to 6 m ³ /kg/h	Age et emplumement.
Humidité	40 to 70%	0,5 à plus de 2 m ³ /kg/h	Conditions climatiques
Vitesse d’air	0,1 to 3,5 m/sec	0,5 to 6 m ³ /kg/h	Age, emplumement et température.
Ammoniac (NH ₃)	< 15 ppm	0,5 to 4 m ³ /kg/h	Litière fraîche ou pas. Humidité, traitement et température de la litière.
Oxygène	>19,5%	0,1 m ³ /kg/h	Jamais un facteur limitant
Monoxyde de carbone	< 50 ppm		Entretien des dispositifs de chauffage à combustion directe.
Dioxyde de carbone	< 3 000 ppm (E-U)	0,5-0,8 m ³ /kg/h	Chauffage à combustion directe, besoins élevés des chauffages, métabolisme des animaux.
Particules		Non défini	Humidité faible, composition de la litière, activité des animaux, ...etc.

2.3. Alimentation

L’alimentation précoce du poussin stimule le développement du système gastro-intestinal et favorise la résorption du sac vitellin.

- Le sol doit être couvert avec de nombreux points d’alimentation (papier, alvéoles, gamelles et/ou goulottes) dès l’arrivée des poussins, et placés à proximité des points d’abreuvement, donc les poussins doivent avoir un accès facile à l’eau et à l’aliment dès leur mise en élevage.
- Entre 40-60 grammes de miettes ou mini-granulés sur le papier, sont recommandés sur une surface de 40-50% de la zone d’élevage. Si le papier n’est pas biodégradable, il doit être enlevé trois jours après la mise en place.

- Des points d'alimentation (mangeoires ou alvéoles de l'ordre de 1 par 100 poussins) peuvent être ajoutés dans les premiers 7 jours car ils sont nécessaires pour une bonne réussite de la transition entre les points d'alimentation démarrage et les assiettes d'engraissement. Avant d'enlever les points d'alimentation de démarrage, les poussins doivent être capables de manger dans les assiettes automatiques sans y rentrer.
 - Renouveler l'aliment régulièrement pendant les 3-5 premiers jours en fonction de la taille du poussin. L'ingéré alimentaire contrôle le taux de croissance. Selon les caractéristiques du croisement en élevage, la stimulation ou la réduction de leur apport alimentaire permet d'atteindre les performances optimales. Les principaux facteurs de stimulation sont la présentation de l'aliment et les conditions de croissance. L'ingéré est directement lié à la qualité de la miette, du granulé (dureté et durabilité) ou de la farine (granulométrie et uniformité) distribuée dans les assiettes.
 - Fournir aux animaux un aliment de qualité uniforme, adapté à leur capacité à picorer et avaler pour réduire le temps d'alimentation et l'énergie consommée.
 - La croissance des poulets de chair et l'indice de consommation seront meilleurs si l'aliment de départ est donné en miettes tamisées ou mini-granulé (autour de 2 mm de diamètre) suivis de granulés de taille appropriée (diamètre et longueur) jusqu'à l'abattage.
 - Une mauvaise présentation de l'aliment avec une grande proportion de fines particules aura un impact négatif fort sur l'ingéré des poulets de chair. Par instinct, les poussins sélectionnent les grosses particules et comme la partie fine de l'aliment contient des niveaux plus élevés d'additifs, vitamines et minéraux, l'apport de nutriments est déséquilibré.
 - Le passage des miettes aux granulés est souvent difficile et peut provoquer du gaspillage ou une baisse de consommation, si les granulés sont trop grands pour l'âge des animaux et la taille de leur bec.
- L'eau est essentielle car les oiseaux boivent 1.6 à 2 fois plus que ce qu'ils mangent, selon l'âge et le système d'abreuvement.
- La purge des lignes de pipettes ou le nettoyage des abreuvoirs doit être fait au moins une fois par jour pendant la première semaine et régulièrement par la suite (et après chaque traitement distribué par l'eau de boisson).

- Des abreuvoirs supplémentaires doivent être mis en place dans les premières 24- 72 heures selon le type utilisé (abreuvoirs ronds en particulier). Le réglage de la hauteur des lignes d'abreuvement (pipettes) et de la pression d'eau doit aussi être réalisé tous les jours. Huit et 24 heures après la mise en place, au moins 80% et 96% des poussins, respectivement, doivent avoir le jabot plein d'aliment et d'eau. Si ce n'est pas le cas, réévaluer les points d'alimentation, qualité et disponibilité en eau, les conditions d'ambiance (température, intensité lumineuse) et l'état sanitaire des poussins.

Chapitre II :
Principales pathologies chez le poulet
de chair

Principales pathologies chez le poulet de chair

Les maladies de la volaille infectent diverses catégories de volailles. Au cours de leur vie, elles peuvent être affectées par de nombreuses maladies infectieuses, dangereuses et même parfois mortelles. Souvent, elles surviennent de manière soudaine, se diffusent rapidement et sont difficiles à contrôler, en particulier les maladies virales. Ce chapitre résume les principales pathologies aviaires en mettant l'accent sur les maladies bactériennes.

1. Maladies bactériennes**1.1. Mycoplasmose (*Mycoplasma gallisepticum*)****1.1.1. Agent pathogène**

L'infection à *Mycoplasma gallisepticum* est causée par une mycobactérie de la famille des mycoplasmes, présente dans les élevages de poulets et de dindes du monde entier. C'est le mycoplasme le plus pathogène. Toutefois, l'infection peut être plus ou moins sévère selon la virulence de la souche. Plusieurs espèces sont susceptibles et ce, à tout âge (Mohammed et al., 1987).

1.1.2. Modes de transmission

Les modes de transmission sont verticales et horizontal. L'infection peut demeurer asymptomatique pendant plusieurs jours et même plusieurs mois, jusqu'à ce qu'un stress important déclenche les signes cliniques. Les oiseaux demeurent porteurs à vie. La transmission entre les troupeaux est possible via contact direct ou indirect avec les oiseaux, l'équipement ou le personnel contaminé.

1.1.3. Signes cliniques

Mycoplasma gallisepticum cause des problèmes respiratoires chroniques, particulièrement sévère pendant les mois les plus froids. Les signes cliniques sont très variables :

- Râles trachéaux ;
- Difficultés respiratoires ;
- Éternuements ;
- Sinusite ;
- Écoulement nasal ;

- Écoulement oculaire ;
- Conversion alimentaire réduite ;
- Croissance ralentie.

1.1.4. Diagnostic

Le diagnostic de la maladie se fait par :

- Nécropsie: sécrétions dans les voies nasales, la trachée, les bronches et les sacs aériens. Pneumonie plus ou moins sévère. Les oiseaux avec une atteinte oculaire présentent une enflure du visage et des paupières.
- Sérologie par agglutination
- ELISA
- Isolation et identification de la bactérie.

1.1.5. Prévention

Comme la maladie peut être transmise verticalement, il est important de s'assurer que les oiseaux reproducteurs ne sont pas porteurs par l'identification des reproducteurs porteurs par ELISA et la réforme des oiseaux positifs. Lors d'une infection à mycoplasmes il faut adopter certaines mesures comme :

- Dépeuplement ;
- Chauffer le fumier à 100°F pendant 4 jours ;
- Ventiler le poulailler pour éliminer tout gaz nocif ;
- Procéder au retrait du fumier et l'épandre à au moins 1 km de tout poulailler ;
- Laver et désinfecter tous les bâtiments et les équipements ;
- Repeupler après un vide sanitaire d'au moins 14 jours.

1.2. Salmonellose (à *Salmonella pullorum* ou *Salmonella gallinarum*)

1.2.1. Agent pathogène

La salmonellose est causée par la bactérie *Salmonella*, comportant plusieurs espèces. De celles-ci, deux sont à déclaration obligatoire : *Salmonella pullorum* et *Salmonella gallinarum*, c'est-à-dire que les cas suspects doivent obligatoirement être rapportés aux services vétérinaires (Kahn et al., 2010).

1.2.2. Modes de transmission

La transmission de *Salmonella pullorum* et *Salmonella gallinarum* peut être verticale ou horizontale, soit suite à un contact avec des oiseaux, de l'eau de boisson, de la nourriture ou de la litière contaminée. La maladie peut se propager d'une ferme à l'autre si les mesures de biosécurité sont inadéquates. Les oiseaux sauvages, rongeurs et insectes peuvent aussi être vecteurs de la maladie (Kahn et al., 2010).

1.2.3. Signes cliniques

Les infections à *Salmonella pullorum* et à *Salmonella gallinarum* entraînent une mortalité importante chez les jeunes poulets de moins de 3 semaines d'âge. L'infection se produit majoritairement à l'intérieur de l'œuf, les oiseaux meurent souvent quelques jours après l'éclosion. Les signes cliniques sont variables et semblables pour les deux cas. Dans le cas de *Salmonella pullorum*, les signes cliniques sont plus fréquents chez les jeunes oiseaux :

- Se tiennent près des sources de chaleur ;
- Anorexie et faiblesse ;
- Diarrhée blanchâtre et plumes souillées.

Les survivants présentent un retard de croissance, un plumage anormal et deviennent porteurs asymptomatiques. Chez les adultes, bien que la mortalité puisse être élevée, les signes cliniques sont rares.

Salmonella gallinarum est plus visible chez les adultes :

- Anorexie et diarrhée ;
- Oiseaux se déplacent difficilement ;
- Plumage ébouriffé et crête pâle.

1.2.4. Diagnostic

Le diagnostic de la maladie se fait par :

- Nécropsie : des nodules gris dans le foie, les poumons, le cœur, le gésier et les intestins. Ce sont des lésions caractéristiques chez les jeunes. Les adultes présentent plutôt des nodules autour du cœur, du liquide dans l'abdomen et une atrophie des ovaires.
- Isolation, identification et sérotypage des salmonelles.

1.2.5. Prévention

L'introduction de cette maladie dans un troupeau se produit surtout via l'introduction d'œufs contaminés, la prévention débute à ce niveau :

- Choisir des œufs et des oiseaux provenant d'élevages sans antécédents de salmonellose et ne pas les mélanger avec d'autres oiseaux ;
- Installer les oiseaux dans un environnement propre et désinfecté ;
- Favoriser la nourriture en granulés ;
- Contrôler la présence d'oiseaux sauvages, de rongeurs et d'insectes ;
- Utiliser de l'eau de boisson traitée contre les agents pathogènes ;
- Disposer des carcasses de manière adéquate ;
- Éviter le partage d'équipements et de personnels avec des élevages de basse-cour.

1.3. Colibacillose**1.3.1. Agent pathogène**

L'agent étiologique de la colibacillose est la bactérie *Escherichia coli*. Il s'agit d'une bactérie Gram-, non sporulée, de la famille des Enterobacteriaceae. Cette bactérie est le plus souvent mobile. Elle est caractérisée par les antigènes O (somatique), H (flagellaire), F (pilus) et K (capsulaire), qui permettent d'identifier plusieurs sérotypes (Boissieu et Guérin, 2008).

1.3.2. Modes de transmission

E. coli est un hôte normal du tractus digestif des volailles. Il est donc disséminé par les fèces des oiseaux malades ou porteurs et les oiseaux sont constamment exposés (par des malades ou porteurs, des rongeurs, des insectes, des oiseaux sauvages, l'eau, des poussières, l'environnement). Dès que la résistance d'un oiseau est affaiblie, les souches pathogènes ou non peuvent se développer. *E. coli*, présent dans les intestins, les voies nasales, les sacs aériens ou le tractus génital peut être une source latente d'infection. Certaines souches pathogènes peuvent aussi infecter l'oiseau non affaibli. La contamination est essentiellement par voie aérienne par des aérosols. Les bactéries sont inhalées et contaminent les sacs aériens. Ceux-ci peuvent prolonger l'infection aux organes génitaux par contact. Certains *E. coli* intestinaux provoquent des infections générales après entérite. La transmission verticale vraie est possible mais rare. Les œufs peuvent se contaminer en surface lors du passage dans le cloaque ou dans la litière souillée (Boissieu et Guérin, 2008).

1.3.3. Signes cliniques

1.3.3.1. Formes localisées : la mortalité est variable.

1.3.3.1.1. Omphalite et infection du sac vitellin

On note une mortalité variable. L'ombilic est œdémateux et enflammé, avec présence de croûtes. Le sac vitellin est mal résorbé, avec une paroi opacifiée et congestionnée, un contenu verdâtre à jaunâtre. Une aérosacculite et une péricardite sont quelquefois associées à ce tableau.

1.3.3.1.2. Cellulite

On observe un œdème et de l'exsudat caséux sous-cutané, dans la région abdominale ventrale et notamment sous les cuisses. L'oiseau n'exprime aucun signe clinique, mais sa carcasse est saisie à l'abattoir, ce qui peut occasionner des pertes économiques majeures.

1.3.3.1.3. Tête enflée

C'est une forme de cellulite localisée au niveau de la tête, qui commence en région périorbitaire.

1.3.3.1.4. Entérite

Les intestins, surtout les caeca, sont pâles et dilatés par un contenu liquide.

1.3.3.2. Formes génitales

Salpingite et ovarite : on observe un exsudat caséux parfois lamellaire dans l'oviducte, souvent associé à une ponte intra-abdominale.

1.3.3.3. Formes respiratoires

Les oiseaux sont indolents et anorexiques. Ils présentent des symptômes respiratoires non spécifiques : râles, toux, éternuements, jetage, sinusite. Au niveau lésionnel, on observe des lésions d'inflammation des séreuses viscérales : péricardite, péri hépatite, Aérosacculite, plus ou moins exsudatives.

1.3.3.4. Forme systémique aiguë ou colisepticémie

On constate une morbidité et une mortalité (subite) variables. Les lésions sont non exsudatives. Le foie est hypertrophié, avec quelques zones de dégénérescence. La rate est hypertrophiée avec des points de nécrose. On observe des lésions inflammatoires multiples : péricardite, périhépatite, aérosacculite, pneumonie, infection du sac vitellin, arthrite, ostéomyélite, ténosynovite, ...etc.

1.3.3.5. Formes chroniques

On peut rencontrer différentes formes de lésions : méningite, endophtalmite, arthrite, ostéomyélite, ténosynovite, abcès du diverticule de Meckel.

La maladie de Hjärre (ou coligranulomatose) est une forme particulière : on observe des masses ou nodules blanchâtres dans plusieurs organes (le long des intestins, dans le mésentère et dans le foie), sauf dans la rate. On observe aussi des cylindres caséux dans les caeca (ne pas confondre avec l'histomonose ou une coccidiose caecale). La mortalité peut être élevée.

1.3.4. Diagnostic

Diagnostic de laboratoire : La culture bactérienne est facile à mettre en œuvre. Il faut éviter la contamination fécale lors de la réalisation des prélèvements. Le typage de l'isolat est nécessaire, mais ne permet pas toujours de conclure sur la pathogénicité de la souche identifiée.

1.3.5. Prévention

La prévention sanitaire est fondée sur la maîtrise des facteurs de risque : alimentation et conditions environnementales, qualité de l'eau, plus globalement le respect des règles de biosécurité. On peut aussi administrer aux poussins d'un jour des flores probiotiques (définies) ou des flores digestives normales (non définies) de sujets adultes, sur le même principe que la prévention des contaminations salmonelliques. La prévention médicale peut également faire appel à des vaccins inactivés administrés aux reproducteurs, pour protéger les jeunes poussins avec les anticorps d'origine maternelle.

1.4. Pasteurellose (choléra aviaire)

1.4.1. Agent pathogène

La pasteurellose, aussi appelée le choléra aviaire, est causée par la bactérie *Pasteurella*. Il y a trois espèces, la plus commune chez les oiseaux étant *Pasteurella multocida*. Elle pénètre généralement dans l'organisme par les muqueuses du pharynx, les voies respiratoires supérieures ou une blessure sur la peau. Tous les oiseaux domestiques et sauvages sont susceptibles. La susceptibilité à l'infection augmente avec l'âge et dépend de l'état de santé et du stress subi par l'oiseau (Glisson, 1998).

1.4.2. Modes de transmission

La pasteurellose est une maladie contagieuse. Les principales sources d'infection sont les oiseaux infectés chroniquement et les porteurs asymptomatiques.

La bactérie est présente dans :

- les sécrétions buccales, nasales et conjonctivales des oiseaux infectés, domestiques ou sauvages ;
- les carcasses d'oiseaux atteints;
- les fèces contiennent rarement la bactérie.

La bactérie est sensible aux rayons solaires, à la sécheresse et à la plupart des désinfectants. Par contre, dans des conditions favorables, elle peut survivre dans l'environnement et donc être transmise par du matériel contaminé. La transmission verticale semble inexistante.

1.4.3. Signes cliniques

Le pouvoir pathogène des souches est très variable. Il y a 3 formes :

Forme suraiguë : mort subite sans signe clinique

Forme aiguë : fièvre et anorexie, diarrhée grise/jaune/verdâtre, soif intense, respiration rapide, toux et sécrétions nasales, crête et barbillon bleutés et mort en quelques heures. Ceux qui survivent à la forme aiguë succombent souvent suite à ses conséquences (déshydratation, émaciation). Sinon, ils deviennent infectés chroniquement ou, parfois, récupèrent.

Forme chronique : parmi les signes cliniques on peut citer l'œdème des barbillons, des sinus, des pattes et des articulations, un écoulement oculaire, nasal et buccal, un torticolis et une maladie respiratoire chronique.

1.4.4. Diagnostic

Le diagnostic se fait par :

- Isolement de la bactérie et antibiogramme dans un laboratoire nécessaires.
- Nécropsie pour les infections suraiguës : congestion intense de la carcasse, pétéchies (points rouges), hémorragie et œdème des organes.
- Nécropsie pour les infections aiguës : des pétéchies sur le cœur, la trachée et le tissu sous la peau, une congestion et une augmentation du volume du foie et de la rate.
- Nécropsie pour les infections chroniques : aérosacculite, sinusite, conjonctivite, arthrite purulente, pneumonie avec foyers noirâtres, inflammation du système reproducteur, œdème des barbillons.

1.4.5. Prévention

- Disposition rapide des carcasses atteintes ;
- Contrôle des rongeurs, insectes, animaux domestiques et sauvages ;
- Nettoyage, désinfection et vide sanitaire ;
- Adoption du système tout-plein tout-vide ;
- Changement/port de bottes et de vêtements à l'entrée des bâtiments ;
- Lavage des mains.

2. Maladies virales

Les maladies virales les plus répandues en aviculture sont la bronchite infectieuse, la maladie de Newcastle, l'influenza aviaire et la maladie de Gumboro ou bursite infectieuse.

3. Maladies parasitaires

3.1. Coccidiose

C'est la maladie parasitaire la plus répandue dans les élevages de poulet de chair.

3.1.1. Agent pathogène

La coccidiose est causée par un parasite, un protozoaire. Les espèces les plus répandues chez les poulets sont *Eimeria tenella* et *Eimeria acervulina*, bien que l'on dénombre 9 espèces pouvant être en cause. Le processus infectieux est rapide et entraîne des dommages intestinaux importants, mais l'ingestion d'un grand nombre de parasites est nécessaire. La coccidiose est présente dans le monde entier (Saif et al., 2008).

3.1.2. Modes de transmission

Les oiseaux infectés, tout comme ceux en guérison, excrètent le parasite et contaminent ainsi la nourriture, la litière, l'eau et le sol. L'infection peut aussi être transmise mécaniquement par du matériel, des personnes, des insectes et des animaux sauvages. Les œufs ne sont pas contagieux tant qu'ils ne sporulent pas (nécessite 2 jours à une température de 21- 32°C). La période prépatente (période entre le moment où l'oiseau est infesté par le parasite et le moment où les œufs, les larves ou les ookystes apparaissent dans l'environnement) est de 4 à 7 jours.

3.1.3. Signes cliniques

Les signes cliniques sont très variables (plus sévère lors d'infestation à *Eimeria tenella*) :

- Diminution de la consommation d'eau et de nourriture ;
- Perte de poids ;
- Oiseaux visiblement malades ;
- Diarrhée ;
- Mortalité.

3.1.4. Diagnostic

- Coprologie microscopique : démontrer la présence de coccidies dans les fèces, au microscope (la taille, la forme et la couleur des œufs nous indiquent l'espèce présente)
- Emplacement et apparence des lésions dans le petit intestin (chaque espèce d'*Eimeria* atteint une portion de l'intestin : *Eimeria tenella* se retrouve dans les ceca : on le reconnaît par une accumulation de sang à cet endroit. *Eimeria acervulina* cause plutôt des lésions blanchâtres et ovales dans la première partie du petit intestin.
- PCR.

3.1.5. Prévention

- Traitement anticoccidien (vermifuges) : à administrer dans la nourriture pour prévenir les infections et les pertes économiques.
- Suppléments alimentaires (vitamine A, monensin, probiotiques) dans les aliments.
- Vaccination : les oiseaux développent généralement une immunité graduelle suite aux infections.

Chapitre III :
Utilisation des huiles essentielles en
aviculture

Utilisation des huiles essentielles en aviculture**1. Généralités sur les huiles essentielles****1.1. Définition**

Selon la Pharmacopée Européenne (2011), une HE est un « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'HE est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ». En pratique, il est possible d'obtenir une HE à partir de la plante entière ou bien seulement à partir de certaines parties de la plante telle les fleurs, bourgeons, grains, feuilles, bois, écorce, fruits, racines, tiges et brindilles (Brenes et Roura, 2010). On peut aujourd'hui ainsi obtenir plus de 3 000 sortes d'HE, dont 300 sont commercialisées à des fins très diverses (en pharmacie, parfumerie, cosmétique), comme produits phytosanitaires, comme sources d'arômes (pour masquer l'odeur des produits ménagers ou comme arôme alimentaire) et enfin en alimentation humaine et animale (Brenes et Roura, 2010). Les propriétés antibactériennes de certaines d'entre elles peuvent également justifier leur utilisation.

Dans le domaine des productions animales, les HE sont principalement utilisées pour améliorer les performances zootechniques (vitesse de croissance, Indice de Consommation (IC), niveau de l'ingéré, digestibilité des aliments, statut sanitaire des animaux). De manière plus générale, les propriétés des HE identifiées jusqu'à présent sont extrêmement variées (Brenes et Roura, 2010), au premier rang desquelles on citera les propriétés antibactériennes (Demir et al., 2005) et antioxydantes (Botsoglou et al., 2003), les effets de stimulation du tractus digestif (Jang et al., 2007), les propriétés antivirales (Giannenas et al., 2003), antimycosiques (Soto Mendivil et al., 2006), antiparasitaires (Pandey et al., 2000), hypolipémiantes (Konjufca et al., 1997), inhibitrices d'odeurs (Smith et al., 2009) et insecticides (Konstantopoulou et al., 1992).

1.2. Répartition, localisation et fonction des l'HE

1.2.1. Répartition

Si le nombre d'espèces botaniques est estimé entre 700 000 et 1 700 000 (dont beaucoup restent d'ailleurs à découvrir), seul un petit groupe peut être qualifié de plantes aromatiques, 17 500 selon Lawrence. Ces plantes capables d'élaborer les constituants qui composent les HE sont réparties en un nombre limité de familles :

- **Abietaceae** : pin, sapin, épicéa, épinette, cèdre ... ;
- **Apiaceae** : anis, fenouil, carotte, ajowan, céleri, angélique, coriandre, ... ;
- **Asteraceae** : hélichryse, camomille, inule, tanaïs, armoise, achillée, ... ;
- **Cupressaceae** : cyprès, genévrier, thuya, ... ;
- **Lamiaceae** : lavande, thym, romarin, menthe, origan, marjolaine, sarriette, basilic, ... ;
- **Lauraceae** : cannelle, laurier, bois de rose, ravensare, litsée, ... ;
- **Myrtaceae** : nombreux eucalyptus, giroflier, mélaleuques, myrtes, ... ;
- **Poaceae** : citronnelle, palmarosa, vétiver, ... ;
- **Rutaceae** : citron, orange douce, hyssop, citron vert, limette, pamplemousse, – mandarine, orange amère, bergamote, ...

1.2.2. Localisation

1.2.2.1. Eléments sécréteurs

La synthèse et l'accumulation des HE sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante et dans tous les organes végétaux.

Tableau 5: Tableau descriptif des éléments sécréteurs (Virginie, 2015).

Cellules sécrétrices (Lauraceae ou Zingiberaceae)	Isolées ou en amas, ce sont des cellules de type parenchymateux spécialisées dans l'accumulation de déchets.
Poils sécréteurs (Lamiaceae)	Ce sont des prolongements de cellules épidermiques. Les poils sécréteurs peuvent être externes ou bien internes comme dans les divers Eucalyptus.
Poches sécrétrices (Myrtaceae ou Rutaceae)	Les cellules sécrétrices sont disposées en cercle autour d'une cavité dans laquelle elles déversent leurs produits de sécrétion. Il en existe deux types : schizogène et schizolysigène.
Canaux sécréteurs (Apiaceae ou Asteraceae)	Ce sont des poches sécrétrices très allongées constituées de files de cellules superposées se développant tout le long de la plante et souvent protégées par des amas de tissu de soutien.

1.2.2.2. Stockage dans la plante

Les HE peuvent être stockées dans tous les organes végétaux, à la fois végétatifs et reproducteurs de la plante :

- Les sommités fleuries bien sûr (bergamotier, tubéreuse),
- Mais aussi les feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier noble),

Et, bien que cela soit moins habituel dans les écorces (cannelier), les bois (bois de rose, santal), les racines (vétiver, angélique), les rhizomes (curcuma, gingembre), les fruits (anis, badiane) et les graines (muscade).

1.2.2.3. Fonction

La fonction biologique des HE dans la plante demeure encore mal connue. Il est toutefois vraisemblable qu'elles sont les produits de dégradation du métabolisme cellulaire de la plante. Elles ont également une fonction écologique. A l'appui de cette hypothèse, on remarquera que le rôle de certains d'entre eux a été établi expérimentalement aussi bien dans le domaine des interactions végétal-végétal : notamment inhibiteurs de germination, que dans celui des interactions végétal-animal : protection contre les prédateurs (insectes, champignons) et

attraction des insectes pollinisateurs. Pour quelques auteurs, ils pourraient constituer des supports à une « communication » et ce d'autant mieux que leur variété structurale autorise le transfert de « messages biologiques » sélectifs (Virginie, 2015).

1.3. Composition chimique des HE

Comme le précise leur définition, les HE sont un mélange complexe de divers constituants. Au total, plus de 3 000 constituants ont été isolés à partir des HE. L'activité thérapeutique d'une HE étant liée à sa structure biochimique, seules les principales familles biochimiques seront présentées (Virginie, 2015).

1.3.1. Terpènes

Ce sont les molécules les plus répandues dans les HE. Elles sont composées d'un nombre variable d'unités d'isoprène, comptant les monoterpènes, les sesquiterpènes, les diterpènes et triterpènes. Ils ont généralement des effets thérapeutiques assez faibles, mais ils viennent nuancer ou compléter les actions des autres composants plus actifs.

1.3.1.1. Monoterpènes (C10)

Ils sont formés de deux unités d'isoprène et utilisés dans de nombreuses pathologies infectieuses. Leurs propriétés pharmacologiques sont multiples : décongestionnantes, expectorantes, assainissantes de l'atmosphère, antalgiques ou encore toniques et stimulantes. Néanmoins, ils sont dermocaustiques et néphrotoxiques.

1.3.1.2. Sesquiterpènes (C15)

Composés de trois unités d'isoprène, et présents en faible quantité dans de nombreuses plantes, ils sont très utilisés dans les pathologies inflammatoires ou allergiques et ne présentent pratiquement aucune toxicité aux doses physiologiques.

1.3.1.3. Diterpènes (C20)

Quatre unités d'isoprène forment ces diterpènes, qui en font des molécules assez rares dans les HE et présentes en faible quantité.

1.3.1.4. Triterpènes (C30)

Formés de six unités d'isoprène, leur présence est aléatoire dans les HE, car, plus la molécule contient un nombre important de carbones, plus il est difficile de l'extraire par distillation à la vapeur d'eau.

1.3.2. Phénols

Les phénols sont des molécules aromatiques possédant une fonction alcool. Ce sont de puissants et polyvalents anti-infectieux, à la fois antibactériens, antiviraux, et antifongiques mais également des stimulants immunitaires et des molécules positivantes. Ils ne doivent pas être appliqués pur sur la peau et les muqueuses car seraient fortement irritant, ils sont qualifiés de dermocaustiques. Ils sont également hépatotoxiques, ce qui limite leur emploi par voie orale.

1.3.3. Alcools

Les alcools sont après, les terpènes, les constituants les plus abondants trouvés dans les HE.

1.3.3.1. Monoterpénols

Quand une unité hydroxyle se rattache à un monoterpène, il en résulte un monoterpénol. Ils ont des propriétés assez identiques à celles des phénols : antibactériens, antiviraux, antifongiques, antiparasitaires et immunostimulants ou immunomodulants mais à un degré moindre. Par contre, ils ne sont ni dermocaustiques, ni hépatotoxiques. Néanmoins, le menthol peut entraîner des spasmes respiratoires chez le nourrisson, on en limitera donc l'emploi aux enfants de plus de six ans.

1.3.3.2. Sesquiterpénols

Résultantes de la fixation d'un groupement hydroxyle sur un sesquiterpène, ces molécules apparaissent en faible quantité dans les HE. Elles présentent des caractères plus spécifiques avec, entre autre, les actions œstrogène-like et hépatoprotectrice.

1.3.3.3. Diterpénols

Formés d'un hydroxyle fixé à un diterpène. Les diterpénols présentent une analogie structurelle avec certaines hormones stéroïdiennes, et ont alors une action mimétique. Toutefois, il faut être extrêmement prudent avec l'emploi de ces molécules, surtout chez les

personnes présentant des facteurs de risque ou des antécédents de tumeurs hormono-dépendantes.

1.3.4. Aldéhydes

1.3.4.1. Aldéhydes terpéniques

Formés par l'oxydation des alcools, ce sont des molécules très volatiles et négativantes. Présentant des propriétés intermédiaires entre celles des alcools et des cétones, ce sont de puissants anti-inflammatoires, calmants du système nerveux, et antiseptiques aériens. Ils ne présentent pas de toxicité marquée, cependant ils peuvent être irritants.

1.3.4.2. Aldéhydes aromatiques

Leurs propriétés et leur toxicité se rapprochent de celles des phénols. Ils possèdent de puissantes et fiables propriétés anti-infectieuses (bactéricide, virucide et fongicide), ainsi qu'une puissante dermocausticité. De plus, ces molécules ne doivent pas être utilisées par voie aérienne.

1.3.5. Esters

Issus de la réaction d'un acide carboxylique avec un alcool, les esters sont des antispasmodiques majeurs, des neurotoniques et rééquilibrants nerveux. Ils sont également de puissants anti-inflammatoires et ne manifestent pas de toxicité sauf à dose élevée.

1.3.6. Ethers

1.3.6.1. Phénols méthyl-éthers

Les phénols méthyl-éthers possèdent des propriétés antispasmodiques des muscles lisses, ainsi que des propriétés anti-allergiques (chavicol méthyl-éther), antalgiques (eugénol méthyl-éther) ou encore antibactériennes régies par la loi du tout ou rien. Ces molécules, ayant perdu leur dermocausticité suite à une méthylation de la structure phénolée, sont bien tolérées par l'organisme mais cancérogènes à forte dose.

1.3.6.2. Ethers-oxydes

Biosynthétiquement issus des phénols méthyl-éthers, ils en possèdent le caractère positivant. Aux doses habituellement prescrites, ils sont stimulants des glandes exocrines, antispasmodiques, antalgiques et leur pouvoir anti-infectieux est comparable aux phénols

méthyl-éthers. Au delà des doses physiologiques, ils deviennent stupéfiants, voire franchement toxiques (neurotoxicité, effet abortif et mutagène).

1.3.7. Cétones

Les cétones sont des molécules très actives dont on observe l'inversion des effets en fonction des doses utilisées et un risque d'intoxication chronique lors de l'emploi répété de petites doses. Ainsi à faible dose, une HE riche en cétone comme le camphre sera stimulante, excitante alors qu'en augmentant les doses, l'effet devient calmant, voire carrément hypnotique. Elles sont apaisantes, relaxantes et cicatrisantes mais elles sont aussi douées d'un effet mucolytique très important et de propriétés anti-infectieuses intéressantes (antiparasitaires notamment) mais peu exploitable à cause de leur toxicité par voie orale. Cette toxicité d'une part neurologique (neurotoxicité) pouvant entraîner des états convulsifs, un coma, voire le décès et d'autre part obstétrical (effet abortif) qui est de deux ordres : aigue (à forte dose) et cumulative (lors de l'emploi répété de petites doses). Elles doivent donc être utilisées avec prudence chez la femme enceinte et chez l'enfant de moins de 10 ans.

1.3.8. Oxydes terpéniques

Fréquemment rencontrés dans de nombreuses HE, ce sont les molécules de la sphère respiratoire : décongestionnantes des muqueuses, expectorantes, mucolytiques et anti-infectieuses.

1.3.9. Lactones

Ce sont des molécules comportant à la fois une fonction oxyde et cétone. Ce sont d'excellents mucolytiques et expectorants, et ils présentent également des propriétés antibactériennes et antifongiques. Mais, comme pour les cétones, leur toxicité neurologique limite l'usage par voie orale, et leur pouvoir allergisant celui par voie cutanée. La seule voie d'administration possible reste donc l'inhalation.

1.3.10. Coumarines

Les coumarines sont présentes en très faible quantité dans les HE de seulement quelques familles (Apiaceae, Rutaceae et Asteraceae) mais restent toutefois très efficaces. Suite à la fusion d'un hétérocycle furane ou pyrane sur la coumarine, il en résulte deux familles : les furanocoumarines et les pyranocoumarines. Possédant à la fois un tropisme nerveux (effet

sédatif nerveux majeur) et sanguin (activité anticoagulante), les coumarines et plus particulièrement les furanocoumarines sont photosensibilisantes.

1.3.11. Phtalides

Cette famille chimique apparentée aux coumarines possède une odeur à la fois puissante et caractéristique. Les phtalides stimulent les processus de détoxification hépatique et les fonctions éliminatrices du rein.

1.3.12. Composés azotés

Ce sont des composés peu courants au sein des HE, leur activité thérapeutique n'est souvent pas mesurable. Cependant certains sont des calmants du système nerveux central, et d'autres caractérisent la fragrance d'une HE et son aspect informationnel.

1.3.13. Composés soufrés

Ces composés se rencontrent à l'état de traces dans les HE. Ce sont des stimulants de la sphère digestive et respiratoire mais ils sont fortement dermocaustiques ce qui rend leur emploi délicat.

1.4. Procédés d'obtention des HE

1.4.1. Distillation

On distingue deux types de distillation des plantes :

1.4.1.1. Hydrodistillation

Cette méthode consiste à immerger directement le végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau que l'on va porter à ébullition. A la sortie de la cuve de distillation et sous pression contrôlée, les vapeurs hétérogènes se condensent dans un serpentin situé au sein d'un réfrigérant. A la sortie de l'alambic, un essencier autrefois appelé « vase florentin » permet de séparer l'eau de l'HE par différence de densité. Ce procédé permet d'obtenir simultanément un hydrolat aromatique qui renferme les composés aromatiques les plus hydrophiles, en quantité inférieure à 5 % et l'HE.

1.4.1.2. Entraînement par la vapeur d'eau

Dans cette méthode, le principe est le même que décrit précédemment sauf que le végétal n'est pas en contact avec l'eau. La vapeur d'eau est d'abord produite dans un premier

récipient pour ensuite être acheminée dans l'alambic, dans lequel elle va traverser la matière végétale en entraînant avec elle les composants aromatiques.

En règle générale, l'alambic se compose de plusieurs parties :

- Un générateur d'eau où l'on charge le végétal et l'eau (hydro-distillation), ou le végétal seul (entraînement par la vapeur) (3). Le corps est surmonté du chapiteau et du col du cygne (5) ;
- Un condenseur (par serpentín ou par réfrigérant tubulaire) (6) ;
- Une arrivée d'eau froide (8) et une sortie d'eau chaude (7) ;
- Un essencier qui sépare l'HE des eaux distillées (9).

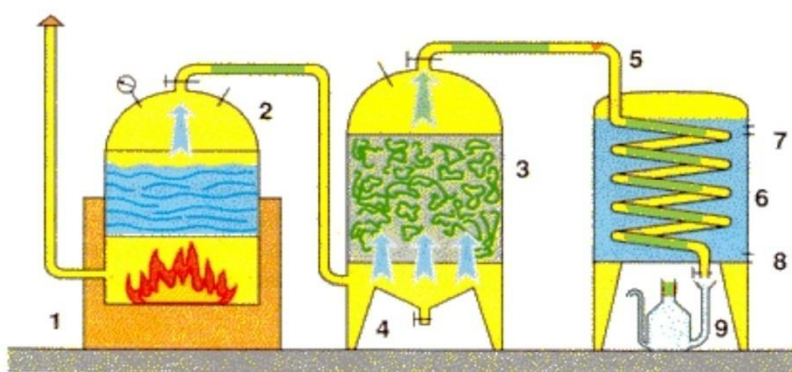


Figure 2: Appareil de distillation des HE (Virginie, 2015).

1.4.2. Expression à froid

Elle constitue le plus simple des procédés, mais également le plus limité car elle ne s'applique qu'à l'épicarpe des fruits de Citrus (Orange amère, Orange douce, Citron, Mandarine, Bergamote, Limette, Cédrat, Pamplemousse, ...etc.). Cette méthode uniquement mécanique consiste à broyer, à température ambiante et à l'aide de presses, l'épicarpe frais de ces fruits afin de détruire les poches sécrétrices que l'on trouve en grande quantité à leur surface et ainsi en libérer le contenu.

Actuellement, la plupart des installations permettent l'extraction simultanée du jus et de l' HE qui seront par la suite séparés par centrifugation. Le produit ainsi obtenu s'appelle une essence car il n'a subi aucune modification chimique, il reste identique au produit sécrété par la plante.

1.4.3. Distillation sèche

L'HE est obtenue par distillation des organes durs : bois, écorces ou racines, sans addition d'eau ou de vapeur d'eau. Elle consiste à entraîner les composés aromatiques par la vapeur d'eau produite par chauffage à température élevée de la matière végétale dans un appareil approprié.

1.5. Traitement ultérieur des HE

Les HE peuvent subir un traitement ultérieur approprié tel que :

- La déterpénation : opération qui consiste à éliminer totalement ou partiellement les hydrocarbures monoterpéniques → HE déterpénée
- La rectification : distillation fractionnée qui permet de supprimer certains constituants ou d'en modifier la teneur → HE rectifiée
- L'élimination partielle ou totale d'un ou plusieurs constituants → HE privée de « x ».

1.6. Rendement des HE

Les rendements des HE sont extrêmement variables en fonction des plantes considérées, mais ils sont en général très faibles, inférieurs à 1%.

Tableau 6: Quantité d'HE obtenue à partir d'une tonne de plante fraîche.

Plante	Organe producteur	Rendement
Eucalyptus officinal (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Feuilles	20 kg
Camomille romaine (<i>Chamaemelum nobile</i>)	Fleurs	0,200 kg
Giroflier (<i>Syzygium aromaticum</i>)	Boutons floraux	160 kg
Badiane de Chine (<i>Illicium verum</i>)	Fruits	50 kg
Lavande vraie (<i>Lavandula vera</i>)	Sommités fleuries	6 kg
Mélisse (<i>Melissa officinalis</i>)	Parties aériennes	0,08 kg
Marjolaine à coquilles (<i>Origanum majorana</i>)	Sommités fleuries	3 kg
Rose de damas (<i>Rosa damascena</i>)	Pétales	0,003 kg
Thym commun (<i>Thymus vulgaris</i>)	Parties aériennes	1kg

1.7. Conservation et stockage des HE :

Les HE étant par nature très volatiles, il faut prendre la précaution de bien fermer le flacon contenant l'HE après chaque usage.

Idéalement, les HE doivent être conservées dans des flacons :

- Propres et secs,
- en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique (la lumière étant une cause d'altération : polymérisation),
- fermés par un bouchon hermétique et chimiquement inerte.

Il est conseillé d'ajouter des billes de verre dans les flacons entamés, afin de réduire le contact avec l'air au fur et à mesure de l'utilisation (l'oxygène étant une autre cause d'altération : oxydation). Elles doivent être également conservées à l'abri de la chaleur, à une température ne dépassant pas 20°C, sauf pour les essences de *Citrus* obtenues par expression à froid. Ces dernières se conservent à 3°C ou 4°C (après ouverture), afin d'éviter l'apparition de dépôt dans ces huiles.

La durée de conservation des HE, dans de bonnes conditions, se situe aux alentours de 36 mois. La péremption est cependant plus courte pour les essences de *Citrus*, très facilement oxydables, qui se renouvellent tous les 12 mois. Il existe des normes spécifiques sur l'emballage, le conditionnement et le stockage des HE (norme AFNOR T 75-001, 1996) ainsi que sur le marquage des récipients contenant les HE (norme AFNOR T 75-002, 1996).

1.8. Toxicité et précaution d'emploi des huiles essentielles :

La toxicité des HE est à la fois très variable et directement liée à leur composition chimique. Selon les cas, la toxicité peut être aigue ou chronique, ou les deux à la fois. Elle peut se traduire par l'atteinte de différents organes et tissus (foie, rein, cerveau, tissu cutané) et certaines d'entre elles peuvent être à l'origine d'allergie, d'avortement, voire favoriser l'apparition de cancers (Virginie, 2015).

2. Principales HE utilisées en alimentation des volailles

Il existe au moins 20 HE actuellement utilisées en aviculture qui sont considérées comme sûres. Ces HE sont utilisées à différentes fins à savoir l'amélioration des taux de croissance, une meilleure conversion alimentaire, une meilleure immunité et santé, et comme agents de nettoyage. Les propriétés biologiques des HE sont multiples et différentes selon la plante utilisée : anti-inflammatoire (eucalyptus, romarin...), antibactérienne (thym, laurier...),

antiparasitaire (lavande, citron, myrrhe....) (Apaba, 2012). Les HE peuvent également être utilisées dans de nombreuses applications différentes, par exemple comme additif alimentaire, additif pour l'eau de boisson, traitement topique (par exemple contre les poux ou les acariens), ou comme agents de nettoyage pour les couveuses, les poulaillers et les installations de boucherie.

Tableau 7 : Les HE les plus utilisées en aviculture (Adaszyńska-Skwirzyńska et Szczerbińska, 2016).

HE	Nom botanique
Camomille	<i>Matricaria chamomilla</i>
Cannelle	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>
Clou de girofle	<i>Syzygium aromaticum</i>
Eucalyptus	<i>Eucalyptus sp.</i>
Fenouil	<i>Foeniculum vulgare</i>
Ail	<i>Allium sativum</i>
Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>
Lavande	<i>Lavandula angustifolia</i>
Mélicse	<i>Melissa officinalis</i>
Armoise	<i>Artemisia vulgaris</i>
Oignon	<i>Allium cepa</i>
Orange	<i>Citrus sinensis</i>
Origan	<i>Origanum vulgare</i>
Menthe poivrée	<i>Mentha piperita</i>
Romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Sauge	<i>Salvia officinalis</i>
Sarriette	<i>Satureja montana</i>
Arbre à thé	<i>Melaleuca alternifolia</i>
Curcuma	<i>Curcuma longa</i>
Thym	<i>Thymus vulgaris</i>

Partie expérimentale

Matériel & Méthodes

Matériels et méthodes

1. Zone d'étude

Fornaka est une commune côtière de la wilaya de Mostaganem (Figure 3). Elle est située à 27 km de Mostaganem et à 60 km d'Oran. Elle s'étend sur une superficie de 4456,26 km² ; c'est une commune à fort potentiel agricole et industriel et se caractérise par un climat semi-aride sec et chaud.



Figure 3: Localisation de la commune de Fornaka dans la carte géographique de la wilaya de Mostaganem.

La ferme « Mostaganem Food Poultry » (MFP) se trouve dans le lieu dit Douar MKADID classe 09 Fornaka. Ce lieu est caractérisé par la présence de nombreuses fermes d'élevages avicoles ainsi que de plusieurs abattoirs et couvoirs.

2. Présentation de la ferme « Mostaganem food poultry »

La ferme de production de poulet de chair MFP est composée de quatre bâtiments en dure, de type obscur, orientés parallèlement à un axe nord-sud. Chaque bâtiment s'étend sur une surface de 1034 m² (94m-11m) avec une hauteur de 4 m en milieu de bâtiment et de 2,5 m à l'extrémité. La capacité de chaque bâtiment est estimée à 18000 sujets. Les murs sont constitués de deux parois, internes et externes en brique. Le toit est de type panneau sandwich ou bardage double peau monobloc, constitué d'une couche de matériau isolant entre deux plaques de matériau profilé. Le sol est plat et bétonné, facile à nettoyer et à désinfecter. Chaque bâtiment est constitué de deux compartiments séparés par un mur dur. L'espace entre les bâtiments est de 14 m (Figure 4).



Figure 4 : Ferme de production de poulet de chair « Mostaganem food poultry ».

3. Facteurs d’ambiance

Dans tous les bâtiments, la ventilation est dynamique, de type bilatéral. Elle est assurée par deux types d’extracteurs, 8 grands et 2 petits, qui se trouvent des deux cotés du bâtiment. La température est assurée par des chauffages radiant qui marche avec le gaz propane de puissance de 1200 watts. La température et l’hygrométrie sont enregistrées à l’aide des sondes qui fonctionnent automatiquement à partir de l’armoire de commande. Le système de refroidissement est assuré par le pad cooling à raison de deux par bâtiment. Chaque bâtiment dispose d’un silo de stockage d’aliment d’une capacité de 15 tonnes. L’éclairage est assuré par des lampes suspendues à une hauteur de 2,5 m tout le long du bâtiment en 2 lignes parallèle pour distribuer la lumière d’une façon homogène. Il est contrôlé automatiquement avec un gradateur de lumière afin de garantir une intensité lumineuse optimal (20 lux minimum sur 80% de la surface au sol) et assurer un programme lumineux identique pour les 4 bâtiments (le choix du programme lumineux est variable selon la souche élevée, la densité des animaux, le gain moyen quotidien et le poids voulu à l’abattage) (Tableau 8).

Tableau 8: Programme lumineux standard appliqué dans les 4 bâtiments d'élevage.

Age en jours	Durée d'obscurité (heures)
0	0
1	1
2-21	Augmentation progressive d'obscurité jusqu'à 8 heures
22	8
23	7
24	6
5 jours avant l'abattage	5
4 jours avant l'abattage	4
3 jours avant l'abattage	3
2 jours avant l'abattage	2
1 jour avant l'abattage	1

Une ration alimentaire standard adaptée à chaque phase d'élevage (démarrage, croissance et finition) du poulet de chair et strictement identique a été distribuée à l'ensemble des 4 bâtiments. L'aliment est à base de maïs, tourteaux de soja et autres additifs de meuneries comme le CMV (complément minéral vitaminé) (Tableau 9). Il est distribué sur des assiettes rondes linéaires tout au long du bâtiment d'élevage dont la distribution est d'une manière automatique mais elle est réglée par l'éleveur chaque 4h et selon le besoin.

Tableau 9: Composition d'aliment utilisé dans les trois phases d'élevages (démarrage, croissance, finition) dans les quatre bâtiments.

	Démarrage 0-13 jours	Croissance 13-28 jours	Finition 29 jours - retrait
Type d'aliment	Farine	Farine / granulé	Granulé
Maïs	55.50	57.90	59.10
Soja	35.40	31.75	27.50
Calcium	1.35	1.10	1.20
Huile	0.50	0.50	0.60
Farine basse	5.00	7.00	10.00
Phosphate	1.25	0.75	0.60
CMV 260 (Phytase + Rovabio + Cox)	1.00	1.00	1.00
Polycalcium	-	-	-
Sac	-	-	-
Total	100	100	100

L'abreuvement était *ad libitum* pendant toute la période d'élevage. Il est assuré par 2 types d'abreuvoirs : les abreuvoirs siphonides en plastique, pour la période de démarrage (1^{er} au 7^{ème} jour), et les abreuvoirs linéaires, utilisés durant toutes les phases de croissance et de finition.

4. Animaux et traitement

Cette étude a été réalisée, du 11 Avril 2022 jusqu'au 23 mai 2022, sur un effectif total de 72000 poulets de chair de souche Cobb 500 de deux sexes réceptionnés à un jour d'âge. Ces derniers sont répartis sur les quatre bâtiments d'élevage de l'ordre de 18000 sujets/bâtiment. La densité appliquée est de 14-18 animaux/m². Les cheptels présents dans les 4 lots ont subi le même protocole vaccinal (Tableau 10).

Tableau 10: Programme vaccinal réalisé durant la période d'élevage

Age	Nom de la maladie	Type de vaccin	Mode d'administration
0 (au niveau du couvoir)	-Gumboro - Newcastle -Bronchite infectieuse /Newcastle -Bronchite infectieuse (varion)	-Cevac TRANSMUNE IBD - Vectormune - Vitabron -IBIRD	Injection transcutanée pour le transmune /vectormune et nébulisation pour la bronchite et newcastle
10	Newcastle (rappel)	Hipraviar B1	Nébulisation
18	Bronchite infectieuse (rappel)	Volvac IB MASS	Nébulisation

Chaque bâtiment était considéré comme un seul lot expérimental : un lot témoin négatif (T-) (qui n'a reçu aucun traitement), un lot témoin positif (T+) (qui a reçu différents traitements antibiotiques pendant la période d'élevage) et deux lots complémentés par deux mélanges commerciaux différents ; le premier complémenté par Mentoreef (combinaison de phytobiotiques 1 : CP1) (HE d'eucalyptus 100gr + Menthol 100 gr + Bromhexine HCI 10 gr) et le deuxième par Mentofin (CP2) (HE d'eucalyptus et de menthe poivrée). Ces deux mélanges commerciaux sont des extraits végétaux titrés, c'est-à-dire que leur formulation est effectuée en tenant compte de la concentration des principes actifs de chaque composé pour que ces mélanges contiennent une quantité garantie en composés actifs majoritaires. Ils se présentent sous forme d'une solution.

Tableau 11: Traitements utilisé durant la période d'élevage

Age	Lot n°01	Lot n°02	Lot n°03 (témoin)	Lot n°04
0	/	/	/	Fosfomycine 20 gr + Tartrate de tylosine 5 gr
9	Mentoreef	Mentofin	/	Tilmicosine 250 mg
21	Mentoreef	Mentofin	/	Erythromycine 500 mg + colistine 2 million UI
30	Mentoreef	Mentofin	/	Enrofloxacin 100 mg

Mentoreef (huile essentielle d'eucalyptus 100gr + Menthol 100 gr + Bromhexine HCl 10 gr), Mentofin (huiles essentielles d'eucalyptus et de menthe poivrée).

Les HE utilisées étaient mélangées à l'eau de boisson. Les traitements utilisés sont administrés dans le conduit principal d'eau du bâtiment d'élevage par la pompe Dosatron.

5. Paramètres étudiés et analyses effectuées

5.1. Paramètres zootechniques

Les paramètres zootechniques de poids vif, de gain de poids moyen, de l'indice de conversion alimentaire ont été enregistrés à la fin de chaque semaine. Les bâtiments d'élevage sont dotés d'équipement de pesage d'aliment qui est relié directement avec l'armoire de commande. Pour mesurer le poids des poussins/poulets, chaque bâtiment a son propre balance électronique, d'une capacité de 40 kg. La mortalité a été relevée hebdomadairement et son taux est calculé à la fin de l'étude.

5.2. Analyses microbiologiques

Afin de suivre l'évolution de la microflore intestinale des poulets recevant différents traitements, des prélèvements, par écouvillonnage cloacal, ont été effectués avant le premier traitement et après chaque traitement antibiotique ou phytobiotique. Les prélèvements ont été ensuite envoyés au laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem pour les analyses microbiologiques.

5.2.1. Isolement et identification des entérobactéries

5.2.1.1. Phases d'isolement

L'isolement a été effectué par les étapes suivantes.

a. Phase de pré-enrichissement

Les écouvillons ont été placés dans des tubes contenant 10ml d'eau peptonnée tamponnée et mis à incuber à 37°C pendant 18 à 20 h.

b. Phase d'enrichissement

Un ml de suspension de pré-enrichissement a été mélangé à 9 ml de bouillon au sélénite de sodium (SFB) et mis à incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

c. Phase d'isolement

Au terme de la précédente incubation, le contenu de la culture était homogénéisé et une goutte de la suspension était ensemencée (épuisement par stries) sur une gélose Hektöen et incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

5.2.1.2. Phase d'identification

Pour identifier les entérobactéries au laboratoire on a utilisé la galerie biochimique classique. L'identification des entérobactéries se fait sur la base de caractères biochimiques. Elle est composée de 5 milieux :

- 1- Le milieu Kligler Hajna (KH) : Ce milieu permet la lecture de quatre caractères à savoir la fermentation du glucose et du lactose, la production d'hydrogène sulfuré et la production de gaz.
- 2- Le milieu mannitol-mobilité : Il permet de lire l'utilisation du mannitol par le germe et sa mobilité.
- 3- Le milieu citrate de SIMONS : Il permet de lire l'utilisation du citrate par le germe.
- 4- Le milieu urée-indole : Il permet de lire la possession d'une uréase et d'un tryptophane désaminase par le germe.
- 5- Le milieu LDC : pour la mise en évidence d'une lysine décarboxylase.
- 6- Le milieu ADH : pour la mise en évidence d'une Arginine-di hydrolase.

5.2.2. Etude de la sensibilité aux antibiotiques

5.2.2.1. Principe

Des disques imprégnés d'antibiotiques sont déposés à la surface d'un milieu gélosé nutritif préalablement inoculé avec une dilution calibrée avec la bactérie à tester. Au cours de l'incubation (18 à 35°C) les antibiotiques se diffusent dans la gélose et inhibent la croissance de la bactérie à tester. Il en résulte la formation d'une zone annulaire transparente autour des disques d'antibiotiques. Quinze antibiotiques appartenant à neuf familles d'antibiotiques différentes ont été testés dans cette étude (Tableau N°13).

5.2.2.2. Mode opératoire

a. Préparation de l'inoculum

Un milieu gélosé Mueller Hinton (MH) a été coulé en boîtes de Pétri avec une épaisseur de 4 mm et ces géloses ont été séchées avant l'emploi. Après une culture bactérienne pure de 18 h sur milieu d'isolement ; racler, à l'aide d'une anse de platine, quelques colonies bien isolées et parfaitement identiques. Décharger l'anse dans 5 à 10 ml d'eau physiologique stérile à 0,9%. Bien homogénéiser la suspension bactérienne, son opacité doit être équivalente à 0,5 Mc Farland. L'inoculum peut être ajusté en ajoutant, soit de la culture s'il est trop faible, ou bien de l'eau physiologique stérile s'il est trop fort. L'ensemencement doit se faire dans les 15 mn qui suivent la préparation de l'inoculum.

b. Ensemencement

Tremper un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne. L'essorer en le pressant fermement (en le tournant) sur la paroi interne du tube, afin de le décharger au maximum. Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, sèche, de haut en bas, en stries serrées. Répéter l'opération deux fois, en tournant la boîte de 60° à chaque fois sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose. Dans le cas où l'on ensemence plusieurs boîtes de Pétri, il faut recharger l'écouvillon à chaque fois. La lecture a été effectuée après 18 à 20 h d'incubation à 37°C. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés, puis les résultats interprétés selon les critères du Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2017).

Tableau 12 : Antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme.

Famille	Antibiotique	Sigle
Bétalactamines	Amoxicilline	AMX
	Amoxicilline + acide clavulanique	AMC
Céphalosporine	Céfoxitine	FOX
	Céfotaxime	CTX
	Ceftazidime	CAZ
Sulfamides	Triméthoprine	TMP
	Triméthoprine + sulfaméthoxasol	SXT
Tétracyclines	Tétracyclines	TET
Quinolones	Fluméquine	UBN
	Acide nalidixique	NAL
Fluoroquinolones	Ciprofloxacine	CIP
Aminosides	Néomycine	NEO
	Gentamicine	GMI
Polypeptides	Colistine	CST
Macrolides	Erythromycine	ERY

Résultats & Discussion

Résultat et discussion

1. Performances zootechnique et sanitaire

La première partie de cette étude avait pour objectif d'étudier l'impact des deux préparations d'HE sur les performances de croissance de poulets industriels éclos et élevés dans des conditions commerciales. Les résultats de cette étude ont montré que le poids au 42^{ème} jour des poulets de chair des lots CP1, CP2 et T+ sont supérieurs à celui du lot T- (Tableau 13). Par ailleurs, il n'y a pas de grande différence entre les lots T+ et T-. Sur la figure 5 sont indiquées les courbes de croissance hebdomadaire des animaux en fonction de type de traitement. Ces courbes ont la même allure, une croissance régulière est observée sur toute la période de l'étude pour tous les traitements sauf pour le lot T+ qui a subi une croissance très rapide de J0 à J30 par rapport aux autres lots. Pour le lot T-, on remarque un léger retard de croissance en fin d'élevage en comparaison avec les autres lots.

Tableau 13 : Effet des HE sur les performances de poulet de chair.

	Lot CP1	Lot CP2	Lot T+	Lot T-
Poids vif moyen à J0 en gr	36	36	43	40
Poids vif moyen à J42 en gr	2161	2226	2142	2139
Total d'aliments ingéré (gr)	4090	4260	4540	4120
Indice de consommation	1,89	1,91	2,12	1,84
Gain moyen quotidien	51,45	53	51	50,92
Taux de mortalité (%)	5,66	4,60	6,91	5,33

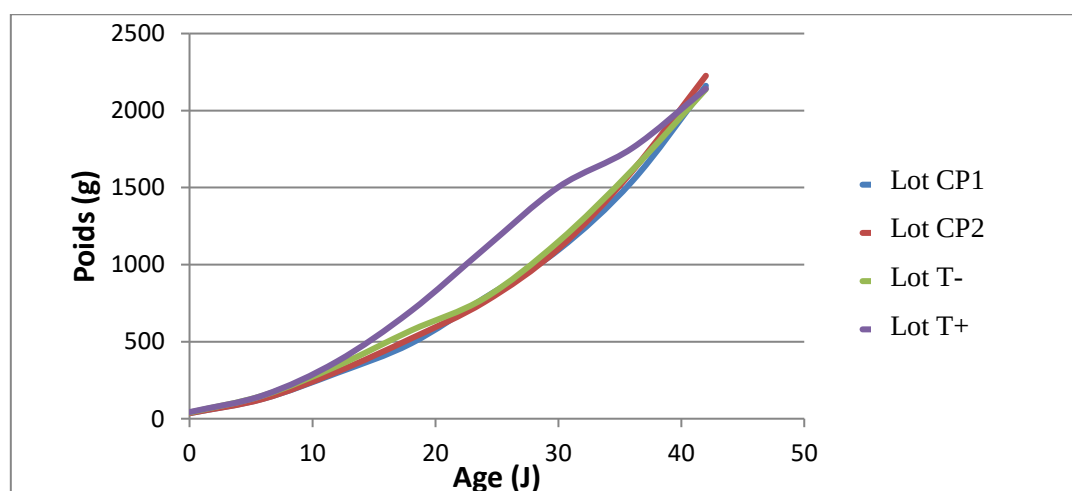


Figure 5 : Courbes de croissance des animaux en fonction de type de traitement.

Il est important de signaler que le poids des poussins durant la 1^{ère} semaine d'élevage est un mauvais indicateur du potentiel de croissance des oiseaux (Molenaar et al., 2008) car il dépend de l'âge des reproducteurs (Almeida et al., 2006; Yilmaz-Dikmen and Sahan, 2009), et du poids du résidu du sac vitellin (Wolanski et al., 2007). Or, dès J9, le sac vitellin représente moins de 1 % du poids de l'animal (Huang et al., 2008). Donc c'est à partir du poids à cet âge qu'on peut estimer le potentiel de croissance des animaux.

La quantité d'aliment ingérée la plus faible a été enregistrée chez les poulets du lot CP1. Cependant, la quantité d'aliment ingérée la plus forte a été enregistrée chez les poulets du lot T+. L'indice de consommation le plus élevé a été obtenu avec le T+ (2,12). Les poulets des lots T- (1,84), CP1 (1,89) et CP2 (1,91) ont des indices de consommation presque similaires mais meilleurs que celui du lot T+. De nombreuses études ont rapporté par ailleurs les l'effet des HE sur l'amélioration de l'indice de consommation (Ben-Mahdi et al., 2010 ; Halle et al., 2004 ; Reubin et al., 2021). Ces résultats se corroborent avec ceux obtenus par (Halle et al., 2004) qui ont enregistré des indices de consommation de 0,04 points liée à une baisse de la consommation alimentaire. Les GMQ correspondants variant de 53 à 50,92 g/Jour. Le GMQ le plus faible a été obtenue dans le lot T- (50,92), les meilleurs GMQ sont enregistrés dans les lots CP1 et CP2. Ces résultats viennent confirmer l'intérêt de l'utilisation de certaines HE comme alternative aux antibiotiques en tant que facteurs de croissance dans les conditions de terrain (Ben-Mahdi et al., 2010 ; Halle et al., 2004 ; Reubin et al., 2021).

Les mécanismes par lesquels les HE exercent une action bénéfique sur la croissance des animaux restent mal compris. Dans le cas des HE, les travaux de plusieurs équipes montrent une action sur le microbiote digestif (Jamroz et al., 2003; Dieumou et al., 2009). Des effets ont aussi été rapportés sur le statut oxydant des animaux (Brenes et al., 2008; Wang et al., 2008), ainsi que sur leur immunité (Spelman et al., 2006) ou sur la structure et la fonctionnalité de leur tractus digestif (Jang et al., 2007; Malayoglu et al., 2010). Cependant ces effets apparaissent très variables selon les études.

Le taux de mortalité le plus élevé a été obtenu dans le lot T+ (6,91). Ce lot a reçu plusieurs traitements antibiotiques au cours de toute la période d'élevage et a subi un pic de mortalité à la fin de la période d'élevage (Figure 6).

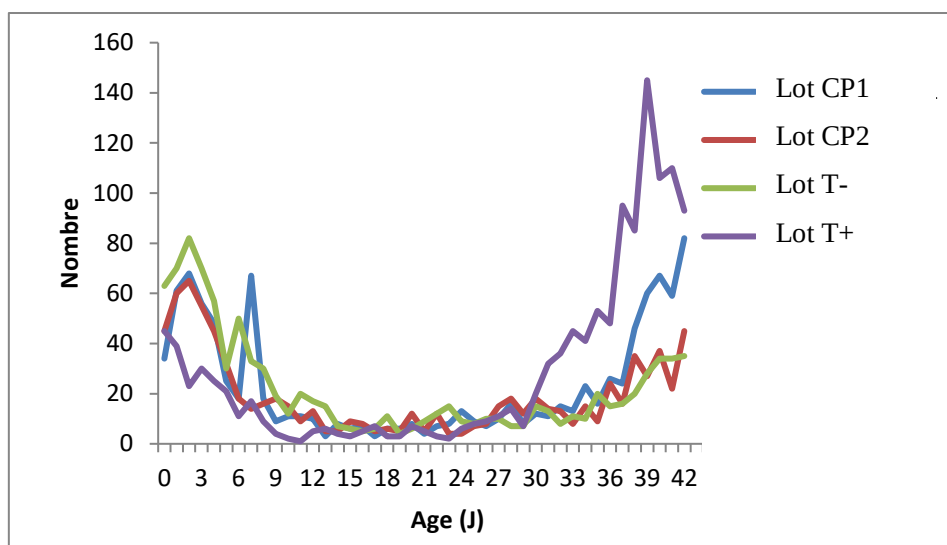


Figure 6 : Mortalité des animaux pendant toute la période d'élevage.

Ce taux important de mortalité est probablement dû à l'infection des poulets par des bactéries pathogènes multirésistantes aux antibiotiques. En effet, plusieurs symptômes de différentes pathologies ont été enregistrés dans le lot T+ notamment à la fin de la période d'élevages (ascite, hydro-péricardite, ...etc.) (Figure 7).

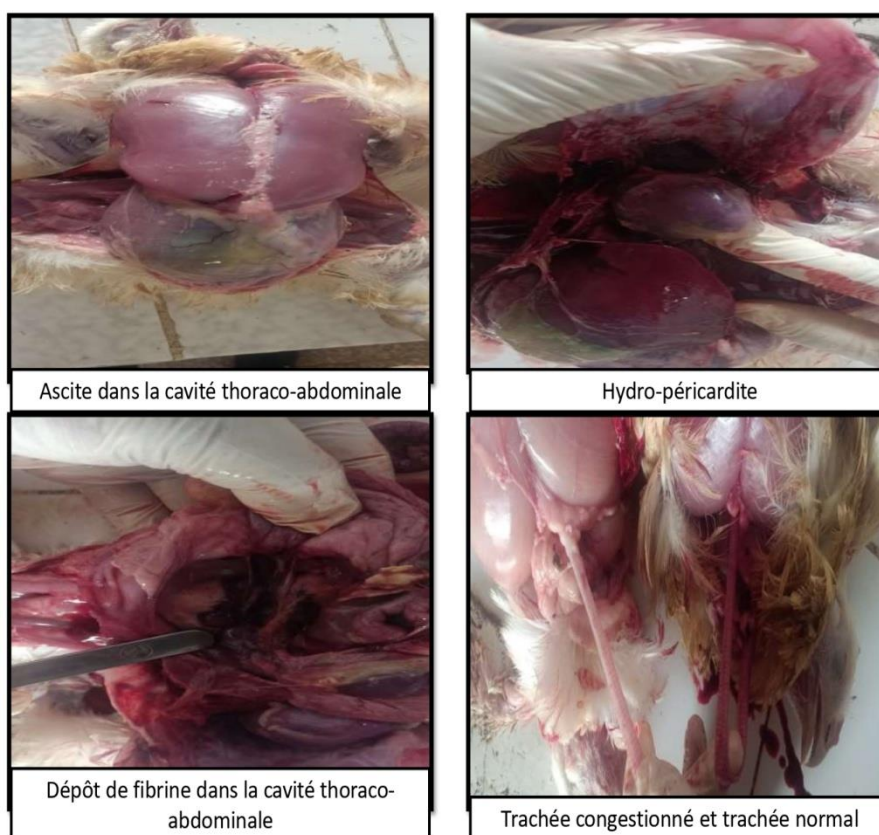


Figure 7 : Quelques symptômes observés dans le lot T+ à la fin de la période d'élevage.

La suppression des antibiotiques dans les élevages de poulet de chair entraîne également une augmentation du taux de mortalité comme il a été démontré dans la présente étude avec le lot T-, qui n'a reçu aucun traitement antibiotique (Tableau 13). Cependant, l'utilisation de l'HE d'eucalyptus en association avec le menthol dans le lot CP1 n'a pas permis de réduire le taux de mortalité mais son association avec l'HE de menthe dans le lot HEA a diminué le taux de mortalité à un taux de 4,60%. Ce résultat pourrait s'expliquer par l'effet synergique entre les différents constituants de l'HE de menthe et d'eucalyptus. Ainsi, il est intéressant de combiner plusieurs HE pour bénéficier des phénomènes de synergie entre les composés et maximiser par conséquent leur potentiel antibactérien.

L'utilisation des HE d'eucalyptus et de menthe comme additifs alimentaires pour améliorer les performances zootechniques des volailles a été démontrée dans plusieurs études (Farhadi et al., 2017 ; Reuben et al., 2021). Plusieurs études ont permis la mise en évidence, *in vitro*, de certaines activités biologiques de ces HE susceptibles d'avoir une influence bénéfique sur la croissance des animaux : action antibactérienne, antioxydante (Aimad et al., 2021 ; Elansary et al., 2017 ; Jurić et al., 2021 ; Miguel et al., 2018) ou immuno-modulatrice (Farhadi et al., 2017). Cependant les études *in vivo* comme chez le poulet, montrent des effets variables, particulièrement en termes d'indice de consommation et de gain de poids (Ben-Mahdi et al., 2010 ; Farhadi et al., 2017. Jang et al., 2007 ; Reuben et al., 2021). Cette variabilité pourrait être liée aux conditions d'études de ces additifs qui diffèrent beaucoup en termes de combinaisons de molécules utilisées et de doses, ainsi que de conditions d'élevage, la génétique (vitesse de croissance des lignées, efficacité digestive...) et de composition de l'aliment des animaux.

Les coûts de traitement par sujet au cours de toute la période d'élevage sont respectivement de 10.83, 8.61, 8.32 et 21.62 DA pour le lot CP1, CP2, T- et T+. Le coût de revient augmente avec l'augmentation de consommation d'aliment par sujet. La consommation alimentaire est respectivement de 4,09 kg, 4,26 kg, 4,12 kg et 4,54 kg pour le lot CP1, CP2, T- et T+. L'analyse de ces données montre que le coût de revient dépend premièrement de la consommation alimentaire des sujets et secondairement par le coût de traitement utilisé (Tableau 14). Quand aux coûts de production du kg de poids vif, on note un coût plus faible dans le lot CP2 (211,33 dinars), lot T- (219,17 dinars) et lot CP1 (221,09 dinars). Le coût le plus élevé est obtenu dans le lot T+. Les lots CP1, CP2 et T- ont présentés les meilleurs indices économiques en donnant des meilleures marges bénéficière.

Tableau 14 : Cout de production du kg de poids vif (KgPv).

	Lot CP1	Lot CP2	Lot T+	Lot T-
Consommation d'aliment/sujet en kg	4,09	4,26	4,54	4,12
Poids vif moyen	2,161	2,226	2,142	2,239
Cout de traitement par sujet en DA	10,83	8,61	21,62	8,32
Prix de revient/KgPv en DA	221,09	211,33	252,53	219, 17

2. Etude microbiologique

L'utilisation des antibiotiques en tant que médicaments chez l'animal est relativement récente dans l'histoire contemporaine (80 ans) et est considérée comme un des progrès majeurs de la médecine car elle a permis de réduire de manière spectaculaire la morbidité et la mortalité de nombreuses maladies infectieuses d'étiologie bactérienne. Les antibiotiques sont cependant des médicaments très particuliers du fait de la diversité de leurs cibles et de la capacité évolutive de ces dernières vers la résistance, avec pour conséquence une perte d'efficacité thérapeutique. L'impact de cette résistance aux antibiotiques est important au niveau clinique en termes de morbidité et de mortalité, conduisant à une diminution du cheptel, notamment dans les élevages avicoles. L'expansion des souches d'entérobactéries multi-résistantes aux antibiotiques dans certains systèmes de production animale dans le monde est inquiétante, ce qui nécessite le développement de nouvelles stratégies thérapeutiques. Les phytobiotiques naturels sont des candidats prometteurs car ils sont composés de nombreuses molécules (Benameur et al., 2021; Vecchio et al., 2022) avec des propriétés essentiellement antibactériennes (Aghraz et al., 2018 ; Benameur et al., 2018). La deuxième partie de cette étude avait pour objectif d'étudier l'impact des deux mélanges commerciaux de phytobiotiques sur la diversité bactérienne et le niveau de la résistance aux antibiotiques chez de poulets éclos et élevés dans des conditions commerciales.

2.1. Diversité bactérienne

Chez les volailles, l'impact des HE sur la microflore intestinale est mal connu et leur mode d'action n'est pas clairement démontrée. Avant l'administration du 1^{ier} traitement à base d'HE (J8), on a constaté la présence d'*E. coli*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella disrizonae* et *Citrobacter braakii* dans le lot CP1 et d'*E. coli*, *Proteus Mirabilis*, *Enterobacter cloacae* dans le lot CP2 (Tableau 15). Cependant, certaines de ces bactéries comme *Salmonella disrizonae*, *Citrobacter braakii* et *Enterobacter cloacae* ont disparu totalement après le 1^{ier} et le 2^{ème}

traitement dans ces deux lots. Ce changement dans la diversité bactérienne pourrait s'expliquer par la propriété antibactérienne des HE testées comme démontré précédemment dans plusieurs études (Aimad et al., 2021 ; Elansary et al., 2017 ; Jurić et al., 2021 ; Miguel et al., 2018). La présence de certaines espèces d'entérobactéries comme *E. coli* et *Proteus mirabilis* pourrait être due à l'insensibilité de ces bactéries à l'effet des HE testées. Les résultats de cette étude ont démontré que l'utilisation des HE a une influence sur la diversité bactérienne se traduisant par une disparition de certaines espèces bactériennes comme *Salmonella disrizonae*, *Citrobacter braakii* et *Enterobacter cloacae*.

Tableau 15 : Souches d'entérobactéries isolées et leurs profils de résistance aux antibiotiques.

	Lot CP1		Lot CP2		Lot T-		Lot T+	
	Bactérie	Profil de résistance	Bactérie	Profil de résistance	Bactérie	Profil de résistance	Bactérie	Profil de résistance
J8	<i>E. coli</i>	SXT, TMP, TET, UBN, CIP, NEO, ERY, AMX, NAL, CTX, CAZ.	<i>E. coli</i>	TET, UBN, CIP, NEO, ERY, AMC, AMX, NAL	<i>E. coli</i>	TMP, TET, NAL, UBN, CIP, NEO, ERY, AMX	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, UBN, CIP, ERY, AMC, NAL.
	<i>Salmonella disizonae</i>	UBN, ERY, AMC, AMX, NAL	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, ERY, AMC, AMX.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	TET, UBN, CIP, ERY, NAL.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	TET, UBN, CIP, ERY, NAL.
	<i>Proteus mirabilis</i>	TET, ERY.	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, ERY, AMX.	/	/	<i>E. coli</i>	SXT, TMP, TET, UBN, CIP, ERY, AMC, NAL.
	<i>Citrobacter braakii</i>	TET, ERY, AMC, AMX.	<i>Enterobacter cloacae</i>	SXT, TMP, TET, ERY, AMX.	/	/	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, UBN, CIP, NEO, ERY, AMC, AMX, NAL
J25	<i>E. coli</i>	TET, UBN, CIP, ERY, AMC, AMX, NAL	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, UBN, ERY, AMC, AMX, NAL.	NT	NT	<i>E. coli</i>	SXT, TMP, TET, UBN, CIP, ERY, AMC, AMX, NAL
	<i>Proteus mirabilis</i>	TET, ERY, AMC, AMX, CTX.	<i>E. coli</i>	ERY, AMC, AMX.	NT	NT	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, NAL, UBN, CIP, ERY, AMC, FOX, CTX, CAZ.
	/	/	/	/	NT	NT	<i>E. coli</i>	TET, UBN, CIP, ERY, AMC, AMX, NAL
	/	/	/	/	NT	NT	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, NAL, UBN, CIP, ERY, AMC, FOX, CTX, CAZ
J31	<i>E. coli</i>	TET, UBN, CIP, ERY, AMC, AMX, NAL	<i>E. coli</i>	SXT, TMP, TET, UBN, CIP, ERY, AMC, NAL.	NT	NT	NT	NT
	<i>Proteus mirabilis</i>	TET, ERY, AMC.	<i>Proteus mirabilis</i>	SXT, TMP, TET, UBN, ERY, AMC, AMX, FOX, NAL, CTX.	NT	NT	NT	NT

AMX : amoxicilline, AMC : amoxicilline+acide clavulanique, CTX : Cefotaxime, CAZ : ceftazidime, FOX : cefoxitine, NAL : Acide nalidixique, UBN : Fluméquine, CIP : ciprofloxacine, TET : Tétracycline, TMP : Trimethoprim, SXT : Trimethoprim+Sulfametoxazol, NEO : Neomycine, C : chloramphénicol, ERY : érythromycine, CST : colistine, NT : non testé.

2.2. Sensibilité aux antibiotiques des souches d'entérobactéries isolées

Les taux de résistance étaient plus élevés chez les souches d'entérobactéries isolées du lot T+ que chez les bactéries isolées du lot CP1 et CP2, notamment pour NAL (100% vs 50% et 50%), UBN (100% vs 50% et 75%) et la CIP (100% vs 50% et 25%).

Toutes les souches d'entérobactéries isolées du lot T+ étaient résistantes à au moins cinq antibiotiques. Toutes ces souches (100%) étaient considérées comme multi-résistantes (résistantes à trois antibiotiques différents ou plus et appartenant à des classes différentes d'antibiotiques). Cependant, pour les lots CP1 et CP2, les souches étaient résistantes à au moins trois antibiotiques. Parmi eux, 7 (87,5%) étaient considérées comme multi-résistantes. Les profils de résistance aux antibiotiques des souches d'entérobactéries isolées sont indiquées sur le tableau 15. En outre, une diminution du taux de résistance et de multirésistance aux antibiotiques a été observée chez les bactéries isolées des lots complémentés en HE et du lot T- par apport au lot+ complémenté en antibiotiques.

Les résultats obtenus pourraient s'expliquer par l'effet antibactérien des phytobiotiques testés sur les bactéries résistantes aux antibiotiques comme démontré précédemment dans plusieurs études (Aghraz et al., 2018 ; Benameur et al., 2018). Les activités antibactériennes des HE étant portées par de nombreuses molécules, de structures très variées, ces alternatives pourraient agir sur les microorganismes en ciblant différents mécanismes de leur physiologie essentiels à leur survie, limitant ainsi le risque de développement de résistance.

Conclusion

Conclusion

Les résultats de l'évolution hebdomadaire du poids vif, du gain total de poids vif et de l'indice de conversion alimentaire obtenus dans cette étude ont montré que l'addition d'HE d'eucalyptus et de menthe induisait une amélioration globale des performances de croissance. Nos résultats ont également démontré que l'utilisation de ces deux HE a une influence sur la diversité bactérienne se traduisant par une disparition de certaines espèces bactériennes comme *Salmonella disrizonae*, *Citrobacter braakii* et *Enterobacter cloacae*. En outre, une diminution du taux de résistance et de multirésistance aux antibiotiques a été observée chez les bactéries isolées des lots complémentés en HE et du lot T- par apport au lot+ complémenté en antibiotiques.

A la lumière de ces résultats il ressort clairement que l'utilisation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* et de menthe pourrait constituer une alternative intéressante aux antibiotiques dans l'amélioration des performances zootechniques et sanitaires du poulet chair et jouer un rôle important dans l'inhibition des certaines bactéries pathogènes et la réduction du taux de résistance aux antibiotiques.

Références bibliographiques

- Adaszyńska-Skwirzyńska, M., & Szczerbińska, D. (2017). Use of essential oils in broiler chicken production—a review. *Annals of Animal Science*, 17(2), 317-335.
- AFSSA, 2006. Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine. Maisons-Alfort : AFSSA, 214 pages. [en ligne]. Adresse URL : <https://www.anses.fr/Documents/SANT-Ra-ABR.pdf>.
- Aghraz, A., Benameur, Q., Gervasi, T., Ait Dra, L., Ben-Mahdi, M. H., Larhsini, M., ... & Cicero, N. (2018). Antibacterial activity of *Cladanthus arabicus* and *Bubonium imbricatum* essential oils alone and in combination with conventional antibiotics against Enterobacteriaceae isolates. *Letters in applied microbiology*, 67(2), 175-182.
- Aimad A, Sanae R, Anas F, Abdelfattah EM, Bourhia M, Mohammad Salamatullah A, Alzahrani A, Alyahya HK, Albadr NA, Abdelkrim A, El Barnossi A, Nouredine E. (2021). Chemical Characterization and Antioxidant, Antimicrobial, and Insecticidal Properties of Essential Oil from *Mentha pulegium* L. Evid Based Complement Alternat Med. 1108133.
- Alloui, P. (2006). Cours zootechnie aviaire. Département des Sciences Vétérinaires, Université de Batna, Algérie.
- Almeida, J. G., Dahlke, F., Maiorka, A., Faria Filho, D. E., & Oelke, C. A. (2006). Effect of broiler breeder age on hatching time, chick permanence time in hatcher and chick weight. *Archives of Veterinary Science*, 11(2), 45.
- Basmacioğlu Malayoğlu, H., Baysal, Ş., Misirlioğlu, Z., Polat, M. E. L. T. E. M., Yilmaz, H. Ü. S. E. Y. İ. N., & Turan, N. U. R. İ. (2010). Effects of oregano essential oil with or without feed enzymes on growth performance, digestive enzyme, nutrient digestibility, lipid metabolism and immune response of broilers fed on wheat–soybean meal diets. *British poultry science*, 51(1), 67-80.
- Benameur, Q., Gervasi, T., Pellizzeri, V., Plüchtová, M., Gruľová, D., Cicero, N., & Meriem-Hind, B. (2021). Comparison of sensitivity to a commercial *Origanum vulgare* essential oil between extended-spectrum β -lactamases (ESBL-) and non-ESBL-producing Enterobacteriaceae isolates. *Natural Product Research*, 36(11), 2830-2835.
- Benameur, Q., Gervasi, T., Pellizzeri, V., Plüchtová, M., Tali-Maama, H., Assaous, F., ... & Ben-Mahdi, M. H. (2019). Antibacterial activity of *Thymus vulgaris* essential oil alone and in combination with cefotaxime against bla ESBL producing multidrug resistant Enterobacteriaceae isolates. *Natural product research*, 33(18), 2647-2654.
- Ben-Mahdi, M-H., Djellout, B., Bouzagh-Belazouz, T., Yahiaoui, F., & Ben-Mahdi N-R. (2010). Intérêt de l'huile essentielle de thym dans l'amélioration des performances

- zootechniques et sanitaires du poulet de chair. *Livestock Research for Rural Development*, 22 (6).
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Florou-Paneri, P., Christaki, E., & Spais, A. B. (2003). Inhibition of lipid oxidation in long-term frozen stored chicken meat by dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate supplementation. *Food research international*, 36(3), 207-213.
- Brenes, A., & Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal feed science and technology*, 158(1-2), 1-14.
- Brenes, A., Viveros, A., Goñi, I., Centeno, C., Sáyago-Ayerdy, S. G., Arija, I., & Saura-Calixto, F. (2008). Effect of grape pomace concentrate and vitamin E on digestibility of polyphenols and antioxidant activity in chickens. *Poultry science*, 87(2), 307-316.
- Demir, E., Sarica, E., Ozcan, M. A., & Suicmez, M. (2005). The use of natural feed additives as alternative to an antibiotic growth promoter in broiler diets.
- Dieumou, F. E., Tegua, A., Kuate, J. R., Tamokou, J. D., Fonge, N. B., & Dongmo, M. C. (2009). Effects of ginger (*Zingiber officinale*) and garlic (*Allium sativum*) essential oils on growth performance and gut microbial population of broiler chickens. *Livestock research for rural development*, 21(8), 23-32.
- Driouche, A., & Hamidi, L. (2017). Etat des lieux de la pratique de l'aviculture type chair dans la wilaya de Ain Defla. Cas des exploitations agréées.
- Dromigny, J. C. (1970). How does one raise meat chickens today? [Poultry]. *Rev Elevage*. Éleveurs de volailles du Québec. (page consultée le 15 février 2022). Distribution des poussins sous l'éleveuse, [en ligne]. Adresse URL : <https://volaillesduquebec.qc.ca/>
- Elansary HO, Salem MZM, Ashmawy NA, Yessoufou K, El-Settawy AAA. (2017). In vitro antibacterial, antifungal and antioxidant activities of *Eucalyptus* spp. leaf extracts related to phenolic composition. *Natural Product Research*, 31(24):2927-2930.
- FAO. Passerelle sur l'aviculture et les produits avicoles, [en ligne]. Adresse URL : <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/especes-de-volaille/poules/fr/> (page consultée le 06 avril 2022).
- FAO. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Rome : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2009.
- Farhadi, D., Karimi, A., Sadeghi, G., Sheikahmadi, A., Habibian, M., Raei, A., & Sobhani, K. (2017). Effects of using eucalyptus (*Eucalyptus globulus* L.) leaf powder and its essential oil on growth performance and immune response of broiler chickens. *Iranian journal of veterinary research*, 18(1), 60.

- Ferrah, A. (2004). Les filières avicoles en Algérie. Bulletin d'information – OFAAL.
- Ferrah, A. (1993). Bases économiques et techniques de l'industrie d'accoupage «chair» et «ponte», en Algérie. *ITPE Algérie, in option méditerranéenne. Série A N*, 7.
- Glisson, J. R. (1998). Bacterial respiratory disease of poultry. *Poultry science*, 77(8), 1139-1142.
- Guerin J.L., Boissieu C., (2008). Les colibacilloses ou infections à *Escherichia coli*. AVIcampus. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse. Mise à jour : 30.06.08
- Halle, I., Thomann, R., Bauermann, U., Henning, M., Kohler, P. (2004). Effects of graded supplementation of herbs and essential oils in broiler feed on growth and carcass traits. *Landbauforschung Volkenrode*, 54, 219-229.
- Huang, J. X., Luo, X. G., Lu, L., & Liu, B. (2008). Effects of age and strain on yolk sac utilization and leptin levels in newly hatched broilers. *Poultry science*, 87(12), 2647-2652.
- Hubbard. Poulet de chair manuel d'élevage croissance rapide, [en ligne]. (page consultée le 16 février 2022). Adresse URL : https://www.hubbardbreeders.com/media/20171016_manuel_delevage_poulet_dechair_frlh010114800_1218_26102017.pdf
- Jamroz, D., Orda, J., Kamel, C., Wiliczekiewicz, A., Wertelecki, T., & Skorupińska, J. (2003). The influence of phytogenic extracts on performance, nutrient digestibility, carcass characteristics, and gut microbial status in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 12(3), 583-596.
- Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., & Lee, C. Y. (2007). Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4), 304-315.
- Jurić T, Mičić N, Potkonjak A, Milanov D, Dodić J, Trivunović Z, Popović BM. (2021). The evaluation of phenolic content, in vitro antioxidant and antibacterial activity of *Mentha piperita* extracts obtained by natural deep eutectic solvents. *Food Chemistry*. 15;362:130226.
- Kahn, C. M., S. Line, et al. (2010). Salmonelloses. The Merck veterinary manual.
- Katunda, L. (2006). Cours de zootechnie. G3, *Faculté des Sciences Agronomiques, Université du Bandundu*.
- Konjufca, V. H., Pesti, G. M., & Bakalli, R. I. (1997). Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poultry science*, 76(9), 1264-1271.

- Konstantopoulou, I., Vassilopoulou, L., Mavragani-Tsipidou, P., & Scouras, Z. G. (1992). Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Experientia*, 48(6), 616-619.
- Kumar, K., Gupta, S. C., Baidoo, S. K., Chander, Y., & Rosen, C. J. (2005). Antibiotic uptake by plants from soil fertilized with animal manure. *Journal of environmental quality*, 34(6), 2082-2085.
- Laguerre, Virginie. (2015). *Huiles essentielles et 1, 8-cinéole* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- MADR (2012). Statistiques agricoles. Alger.
- MADR (2011). Le Renouveau Agricole en chiffres. Rapport d'étape. Contrats de performance 2009- 2010 et prévisions de clôture 2011. Alger.
- Miguel MG, Gago C, Antunes MD, Lagoas S, Faleiro ML, Megías C, Cortés-Giraldo I, Vioque J, Figueiredo AC. (2018) Antibacterial, Antioxidant, and Antiproliferative Activities of *Corymbia citriodora* and the Essential Oils of Eight *Eucalyptus* Species. *Medicines* (Basel). 21;5(3):61.
- Mohammed, H. O., Carpenter, T. E., & Yamamoto, R. (1987). Evaluation of factors associated with infection of commercial layers with *Mycoplasma gallisepticum* and *M. synoviae*. *Avian Diseases*, 470-476.
- Molenaar, R., Reijrink, I. A. M., Meijerhof, R., & Van den Brand, H. (2008). Relationship between hatchling length and weight on later productive performance in broilers. *World's Poultry Science Journal*, 64(4), 599-604.
- Mendivil, E. A. S., Rodríguez, J. F. M., Espinosa, M. E., Fajardo, J. A. G., & Vázquez, E. N. O. (2006). Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternaria citri*. *e-Gnosis*, (4), 0
- OFAL, 2001. Bilan de l'Observatoire des filières avicoles en Algérie. ITLV, Ministère de l'Agriculture et du développement rural.
- Office national interprofessionnel des viandes, de l'élevage et de l'aviculture (OFIVAL), Le marché des produits carnés et avicoles. Note d'analyse. Janvier 2011.
- Pandey, A., Soccol, C. R., Nigam, P., Soccol, V. T., Vandenberghe, L. P., & Mohan, R. (2000). Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. *Bioresource technology*, 74(1), 81-87.
- Papageorgiou, G., Botsoglou, N., Govaris, A., Giannenas, I., Iliadis, S., & Botsoglou, E. (2003). Effect of dietary oregano oil and α -tocopheryl acetate supplementation on

- iron-induced lipid oxidation of turkey breast, thigh, liver and heart tissues. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87(9-10), 324-335.
- Reuben, R. S., Onimisi, P. A., Sekoni, A. A. and Salihu, E. A. (2021). Growth performance, carcass characteristics and villi morphometry of broiler chickens fed diets containing *Mentha piperita* and *Adansonia digitata* leaves meals as phytobiotics. *Nigerian Journal of Animal Production*, 48(6):217 - 228.
- Saif, Y. M. (2008). *Diseases of poultry*. John Wiley & Sons.
- Smith, C. J., & Osborn, A. M. (2009). Advantages and limitations of quantitative PCR (Q-PCR)-based approaches in microbial ecology. *FEMS microbiology ecology*, 67(1), 6-20.
- Spelman, K., Burns, J. J., Nichols, D., Winters, N., Ottersberg, S., & Tenborg, M. (2006). Modulation of cytokine expression by traditional medicines: a review of herbal immunomodulators. *Alternative medicine review*, 11(2), 128.
- Surdeau, P., & Hénaff, R. (1979). La production du poulet. J.-B. Baillière.
- Vecchio, G. L., Cicero, N., Nava, V., Macrì, A., Gervasi, C., Capparucci, F., Benameur, Q et al. (2022). Chemical Characterization, Antibacterial Activity, and Embryo Acute Toxicity of *Rhus coriaria* L. Genotype from Sicily (Italy). *Foods* 2022, 11, 538.
- Villate, Didier. (2001). *Maladies des volailles*. Groupe France agricole.
- Wang, L., Piao, X. L., Kim, S. W., Piao, X. S., Shen, Y. B., & Lee, H. S. (2008). Effects of *Forsythia suspensa* extract on growth performance, nutrient digestibility, and antioxidant activities in broiler chickens under high ambient temperature. *Poultry science*, 87(7), 1287-1294.
- Wolanski, N. J., Renema, R. A., Robinson, F. E., Carney, V. L., & Fancher, B. I. (2007). Relationships among egg characteristics, chick measurements, and early growth traits in ten broiler breeder strains. *Poultry Science*, 86(8), 1784-1792.
- Yilmaz-Dikmen, B. İ. L. G. E. H. A. N., & Sahan, U. (2009). The relationship among age, yolk fatty acids content, and incubation results of broiler breeders. *Poultry science*, 88(1), 185-190.