

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE BATNA 1

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



THESE

Pour l'obtention du diplôme de

Doctorat en science

Filière

Production animale

Option

Aviculture

Présenté par :

M^r. Boussaâda Tarek

THEME

**Amélioration des conditions d'élevage pour optimiser
les performances de démarrage chez le poulet de chair**

JURY

Président : Bennoune Omar

Examineur : Korteby Hakima

Examineur : Adamou Abdelkader

Examineur : Khenenou Tarek

Examineur : Chachoua Ilhem

Directeur de thèse : Ouachem Derradji

Co-directrice de thèse: Özkan Sezen

Grade et Université

Prof. Unv Batna 1

Prof. Unv Blida

Prof. Unv Ouargla

Prof. Unv Soukhras

MCA. Unv Batna 1

Prof. Unv Batna 1

Prof. Unv Ege – Turquie

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

A l'issue de ce travail, je tiens à remercier tout d'abord mon bon Dieu tout puissant, de m'avoir procuré patience et volonté pour aboutir et pour son aide miséricordieuse durant toute mes années d'étude.

Également, il m'est particulièrement agréable de remercier vivement:

*Professeur **Ouachem Derradji** pour avoir accepté de m'encadrer et de diriger ce travail doctoral d'une manière exemplaire et pour le temps qu'il m'a consacré.*

*Professeur **Özkan Sezen** pour avoir co-encadré ce travail de thèse et pour m'avoir accueilli au niveau de la faculté d'agriculture de l'Université Ege -Izmir –Turquie.*

*Professeur **Bennoune Omar** pour avoir accepté d'honorer la présidence de mon jury de thèse*

*Prof. **Korteby Hakima**, Prof. **Adamou Abdelkader**, Prof. **Khnenou Tarek** et Docteur **Chachoua Ilhem** pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de faire partie de ce jury.*

Je tiens à remercier aussi :

Tout les gents qui ont m'aider pour réaliser ce travail et tous ceux qui' ont procuré main forte pendant les moments difficiles.

DEDICACES

 Je dédie cette thèse à ... ✍

A ma très chère mère :

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mon très cher père :

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

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma très chère épouse:

Tu as partagé avec moi les meilleurs moments de ma vie, aux moments les plus difficiles de ma vie, tu étais toujours à mes cotés, Je te remercie de ne m'avoir jamais déçu.

Aucun mot ne pourrait exprimer ma gratitude, mon amour et mon respect.

Je remercie le bon dieu qui a croisé nos chemins.

Puisse le bon dieu nous procure santé et longue vie

A ma petite fille :

A toi ma chérie je dédie ce modeste travail en implorant DIEU le tout puissant de te garder pour tes parents qui t'adorent.

A mes très chères sœurs

A mes très chers frères

A tous ceux qui m'ont aidé, conseillé, consolé aux moments difficiles durant mes recherches pour que mon travail puisse voir le jour, sans citer de nom, ils s'y reconnaîtront.

A tous ceux qui pensent à moi.

A tous ceux qui m'aiment.

Liste des Tableaux

Tableau 1. Les principaux critères d'évaluation de la qualité du poussin.	3
Tableau 2. Composition chimique des menthes.	23
Tableau 3. La composition chimique et les caractéristiques nutritionnelles théoriques des aliments utilisés.	63
Tableau 4. Valeurs nutritionnelles moyennes des aliments utilisés au cours des trois essais.	64
Tableau 5. Réponses observées au démarrage (7 et 14 jours) des poussins d'un jour soumis aux effets de la durée du transport et de l'accès à l'aliment et l'eau pendant le trajet.	66
Tableau 6. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur les performances d'abattage (42 jours) du poulet de chair.	67
Tableau 7. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur le poids vif (g).	74
Tableau 8. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur la consommation d'aliment (g/sujet)	76
Tableau 9. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur l'indice de consommation	77
Tableau 10. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur les rendements en découpe et le gras abdominal à l'âge de 42 jours.	78
Tableau 11. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur le poids des organes internes à la phase de démarrage.	80
Tableau 12. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins sur les poids relatifs de la bourse de Fabricius et de la rate	82
Tableau 13. Effets des traitements sur la longueur (% longueur intestin grêle) des différents segments intestinaux à l'âge de 7 et 42 jours.	83
Tableau 14. Effets la durée de transport et l'accès Aliment-Eau sur la densité (g/cm ²) des différents segments intestinaux à l'âge de 7 et 42 jours.	84
Tableau 15. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur les performances de croissance de poulets de chair.	97

Tableau 16. Effet de la distribution d'une eau additionné de sirop de menthe au moment du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le poids relatif des organes internes à l'âge de 7 et 42 jours	100
Tableau 17. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le poids relatif de la bourse de Fabricius et la rate à l'âge de 7 et 42 jours.	101
Tableau 18. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le développement intestinal des poulets à l'âge de 7 et 42 jours.	103
Tableau 19. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le rendement de carcasse des poulets à l'âge de 42 jours.	104
Tableau 20. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur la qualité de viande du poulet de chair	105
Tableau 21. Effets des types de litières sur les performances de croissance au démarrage.	119
Tableau 22. Effets des types de litières sur les performances de croissance à l'âge d'abattage.	119
Tableau 23. Scores des pododermatites à la phase de démarrage selon les types de litières.	122
Tableau 24. Scores des pododermatites à la fin d'élevage selon les types de litières	123
Tableau 25. Scores des brûlures des tarse à l'âge d'abattage selon les types de litières.	127
Tableau 26. Scores des ampoules de bréchet à l'âge d'abattage selon les types de litières.	127
Tableau 27. Scores de l'état des plumes à l'âge d'abattage selon les types de litières.	129

Liste des Figures

Figure 1. Aménagement des caisses de transport des poussins	71
Figure 2. Système d'abreuvement dans les caisses de transport des poussins	94
Figure 3. Différents types de litières utilisées dans l'expérimentation.	115
Figure 4. Scores des pododermatites	117
Figure 5. Scores de l'état des plumes	118
Figure 6. Représentation graphique hebdomadaire des scores des pododermatites selon le type de litière	124

Liste des Abréviations

BE	Bilan électrolytique
BVPAM	Laboratoire de Biotechnologies Végétales appliquées aux Plantes Aromatiques et Médicinales
°C	Degré Celsius
CB	Cellulose brute
cm	Centimètre
cm ²	Centimètre carré
CMV	Complément minéral vitaminique
CO ₂	Dioxyde de carbone
Cu	Cuivre
dB	Decibel
EB	Energie brute
EM	Energie métabolisable
EMa	Energie métabolisable apparente
Fe	Fer
g	Gramme
g/j	Gramme par jour
H	Heure
Hz	Hertz
IC	Indice de consommation
j	Jour
K	Potassium
Kcal	Kilocalorie
Kg	Kilogramme

l	Litre
l/s	Litre par seconde
m ²	Mètre carré
MAT	Matière azoté totale
mEq	Milliéquivalent
mg	Milligramme
MG	Matière grasse
Mg	Magnésium
ml	Millilitre
MM	Matière minérale
MS	Matière sèche
Na	Sodium
PAC	Poulet prêt à cuire
PB	Protéine brute
pH	Potentiel hydrogène
PNAs	Polysaccharide non amylacés soluble
ppm	Partie par million
PV	Poids vif
%	Pour cent

Tables des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I- Qualité des poussins d'un jour

I.1. Evaluation de la qualité du poussin d'un jour 3

I.2. Facteurs affectant la qualité du poussin 3

I.2.1. Effet des conditions de pré-incubation 3

I.2.1.1. Caractéristiques des œufs à couvrir et âge des reproducteurs 4

I.2.1.2. Etat de santé des reproducteurs 6

I.2.1.3. Alimentation des reproducteurs 6

I.2.1.4. Durée et conditions de stockage des œufs à couvrir 8

I.2.1.5. Sexe d'embryons 9

I.2.2. Effet des conditions d'incubation 10

I.2.2.1. Température pendant l'incubation 10

I.2.2.2. Humidité pendant l'incubation 11

I.2.2.3. Ventilation et concentration de CO₂ pendant l'incubation 12

I.2.3. Effet de la manipulation après l'éclosion	13
I.2.3.1. Effet du transport du poussin d'un jour	13
I.2.3.2. Température pendant le transport	14
I.2.3.3. Humidité pendant le transport.....	15
I.2.3.4. Ventilation pendant le transport.....	15
I.2.3.5. Vibration et bruit pendant le transport	15
I.2.3.6. Accès à l'aliment et l'eau après l'éclosion	16

II. Particularité de la première semaine de vie du poussin

II.1. Croissance.....	17
II.2. Réabsorption du sac vitellin.....	17
II.3. Développement du tube digestif.....	18
II.4. Croissance musculaire.....	20
II.5. Développement du système immunitaire	21

III. Aperçu sur la menthe et son utilisation chez le poulet de chair

III.1. Composition et valeur nutritionnelle de la menthe.....	23
III.2. Utilisation de la menthe en alimentation du poulet de chair	24
III.3. Effets bénéfiques de la menthe pour les volailles.....	24
III.3.1. Effets sur les performances de croissances	24
III.3.2. Effets sur la digestion et l'absorption des aliments	25
III.3.3. Effets sur la santé et l'immunité des poulets	26

IV. Aperçu sur la litière en élevage du poulet de chair

IV.1. Généralités sur la litière	27
---	----

IV.2. Rôles de la litière	28
IV.2.1. Isolation thermique	28
IV.2.2. Confort et bien-être des animaux	29
IV.2.3. Absorption d'humidité	29
IV.3. Facteurs de dégradation de la litière	30
IV.3.1. Condition d'ambiance	30
IV.3.1. Ventilation	30
IV.3.2. Température	30
IV.3.3. Hygrométrie	31
IV.3.2. Sol	31
IV.3.3. Espèce animale et âge	32
IV.3.4. Caractéristiques de la litière	32
IV.4.1. Nature	32
IV.4.2. Épaisseur	32
IV.4.3. Humidité	32
IV.4.4. Valeur de pH	33
IV.3.5. Densité des animaux	33
IV.3.6. Aménagement et équipement du bâtiment d'élevage	33
IV.3.7. Problèmes pathologiques	34
IV.3.8. Alimentation	35
IV.8.1. Taux protéique de l'aliment	35

IV.8.2. Bilan électrolytique	36
IV.8.3. Ionophores.....	36
IV.8.4. Céréales à viscosité élevée	37
IV.8.5. Sous-produits céréaliers et industriels.....	38
IV.8.6. Protéagineux.....	38

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Objectifs des expérimentations	60
2. Aliment.....	60
3. Techniques des caractérisations des aliments	61
3.1. Matières sèche	61
3.2. Matière minérale et matière organique.....	61
3.3. Protéine brute.....	62
3.4. Matière grasse.....	62
3.5. Energie brute	63
4. Caractérisation et analyses des aliments utilisés	63

Premier essai :

Effets de la durée du transport et de l'accès à l'eau et l'aliment au cours du transport du poussin d'un jour sur les performances du poulet au démarrage et à l'âge d'abattage

1. Tableaux récapitulatifs des principaux résultats du premier essai	66
1.1. Performances à la phase de démarrage	66
1.2. Performances à l'âge d'abattage	67
2. Résumé.....	68
3. Introduction	69

4. Matériel et méthodes	70
4.1. Déroulement de l'essai	70
4.2. Paramètres mesurés	72
4.2.1. Performances de croissances.....	72
4.2.2. Sac vitellin, organes internes et morphométrie de l'intestin.....	72
4.2.3. Rendement en découpe et gras abdominal	73
5. Analyse statistique	73
6. Résultats et discussion.....	74
6.1. Performances de croissance.....	74
6.2. Rendement en découpe et gras abdominal	78
6.3. Modifications morphologique des organes internes.....	80
6.4. Morphométrie de l'intestin grêle	83
7. Conclusion.....	85
Références	85

Deuxième essai :

Effet de l'addition du sirop de menthe à l'eau de boisson au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur performances zootechniques du poulet de chair

1. Résumé	92
2. Introduction	93
3. Matériel et méthodes	94
3.1. Déroulement de l'essai	94
3.2. Paramètres mesurés	95
3.2.1. Performances de croissances.....	95
3.2.2. Morphométrie des organes internes et de lymphoïdes	95

3.2.3. Morphométrie de l'intestin grêle	95
3.2.4. Rendement en découpe et gras abdominal	95
3.2.5. Qualité de la viande	96
4. Analyse statistique	96
5. Résultats et discussion.....	97
5.1. Performances de croissance.....	97
5.2. Modifications morphologique des organes internes	100
5.3. Poids relatif de la bourse de Fabricius et de la rate	101
5.4. Morphométrie de l'intestin grêle	102
5.5. Rendement de carcasse.....	104
5.6. Evaluation de la qualité de la viande	105
6. Conclusion.....	106
Références	107

Troisième essai :

Effet de différents types de litières sur le bien-être et les performances zootechniques du poulet de chair

1. Résumé	113
2. Introduction	114
3. Matériel et méthodes	115
3.1. Animaux et traitements.....	115
3.2. Aliment	116
4. Paramètres mesurés	116
4.1. Performances de croissances.....	116

4.2. Pododermatites.....	116
4.3. Apparition des dermatites des tarse et du bréchet.....	117
4.4. Etat de propreté des plumes	118
5. Analyse statistique.....	119
6. Résultats et discussion.....	119
6.1. Performances de croissance.....	119
6.2. Effet sur l'état des pattes (pododermatites).....	122
6.3. Effet sur les dermatites des tarse et du bréchet.....	127
6.4. Etat des plumes.....	128
7. Conclusion.....	130
Références	130
Conclusion générale	135
Annexe	136

Article 1:

Boussaada T., Ouachem D., Shah T., Özkan S. 2020. Effect of transport duration, access to feed and water during transportation on growth performance and organ development of broilers. Hayvansal Üretim, 61 (2): 109-120. [DOI: 10.29185/hayuretim.777084](https://doi.org/10.29185/hayuretim.777084)

Article 2:

Boussada T., Ouachem D., 2019. Alternative bedding materials to improve growth performance and welfare of broilers. International Journal of Poultry Science, 18(9): 431-437. [DOI: 10.3923/ijps.2019.431.437](https://doi.org/10.3923/ijps.2019.431.437)

Résumé

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction générale

Comme dans la plupart des pays du monde, l'aviculture algérienne s'est développée considérablement au cours des dernières décennies ayant motivé la création d'emplois et résorption du chômage. En effet, selon les statistiques rapportées par **Alloui (2011) et Kaci (2013)**, la filière chair procure un niveau de production de l'ordre de 475000 tonnes de viandes, offre près de 500000 postes d'emplois directs ou indirects et fait vivre environ 2 millions de personnes. Malgré cette dynamique, la consommation de viande de poulet a connu une stagnation entre les niveaux de 6.5 kg/hab/an (**Kaci, 2013**) et 8-9 kg/hab/an (**Alloui, 2011 ; Mouhous et al., 2015**), très insuffisante par rapport à la consommation moyenne rapportée par **Gonzalo (2011)** il y a quelques années aux USA (42.6 kg), au Brésil (39.4 kg) et en Espagne (30.5 kg). D'autres parts, dans les constats de différentes enquêtes (**Kaci, 2013 ; Mouhous et al., 2015 ; Mourad, 2016**) il a été rapporté que la production du poulet se caractérise un par un long cycle d'élevage (57 jours), un faible gain de poids (43g/j), un indice de consommation élevé (2.56), faible productivité (23 à 26 kg/m²), d'un outil de production et des infrastructures inappropriées et un marché non contrôlé et instable faisant émerger des inquiétudes et des incertitudes.

Pour remédier à cette situation et améliorer les performances avicoles, de nombreuses études et travaux de recherches ont été réalisées à travers les universités et les instituts de formation ainsi que les structures de recherches. La majorité des travaux d'amélioration ont été focalisés sur l'alimentation des volailles par le biais d'essais de substitution de matières premières, d'emploi de sous produits agro-industriels et d'additifs alimentaires visant l'optimisation de l'efficacité alimentaire et la réduction du coût de production et l'importation des matières premières. Par ailleurs, d'autres domaines ont été investis par un nombre restreint de chercheurs proposant des alternatives d'amélioration des performances basées sur des thématiques en relation avec l'acclimatation des poussins, l'amélioration des conditions d'élevage. Cependant, des pistes combien même importantes dans la réussite d'un élevage, en relation avec la qualité du poussin à la livraison, les conditions de sa mise en place et sa sensibilité durant la première semaine de vie n'ont pas été évoquées. En effet, des études ont montré l'importance du poussin d'un jour et l'environnement autour de son démarrage dans l'obtention de performances optimales à l'âge d'abattage (**Picard et al, 2003 ; Tona et al., 2003 ; Bergoug et al., 2013**). D'autres chercheurs ont rapporté que le poids du poussin à l'âge

de 7 jours est un indicateur d'une croissance pondérale favorable à un poids d'abattage optimal (Nir, 1997 ; Willemsen et al., 2008).

La période de démarrage des poussins étant une phase critique et déterminante en élevage du poulet de chair. Au cours des premiers jours, la mortalité des poussins est importante (Heier et al., 2002 ; Yassin et al., 2009) à cause des capacités digestives et immunitaires immatures (Bigot et al., 2001). D'autres part, différents paramètres en amont de l'élevage tels que l'âge des reproducteurs, les conditions d'incubations et les conditions de transport des poussins, peuvent également être à l'origine de dégradation de la qualité du poussin et les performances de démarrage (Bergoug et al., 2013a ; Koch et al., 2015).

Tenant compte de ces considérations et dans le but d'apporter des améliorations aux performances zootechniques et économiques du poulet de chair (améliorer l'efficacité alimentaire, optimiser le poids d'abattage, raccourcir le cycle d'élevage et minimiser le taux de mortalité et le coût de production), on se propose dans le cadre de cette thèse de doctorat d'étudier à travers trois essais indépendants les effets de facteurs favorables à la préservation de la qualité du poussin, la réalisation d'un bon démarrage et l'optimisation des performances. Dans la première expérience, nous avons étudié les effets de la durée du transport et de l'accès à l'aliment et l'eau pendant le transport des poussins sur les performances du poulet de chair au démarrage et à l'âge d'abattage. Dans le second essai, il a été envisagé de contrôler les réponses du poussin à l'addition de sirop de menthe dans l'eau de boisson au cours du transport et pendant la phase de démarrage. Enfin, la troisième épreuve a été consacrée à l'étude des effets de différents types de matériaux utilisés en litières sur certains indicateurs de bien-être et les performances zootechniques du poulet de chair. Comme démarche, nous avons jugé utile de présenter dans la partie bibliographique un aperçu sur l'importance et les facteurs de réussite d'un bon démarrage et dans la partie expérimentale, les résultats des trois essais réalisés.

Partie bibliographique

I- Qualité des poussins d'un jour

I-1- Evaluation de la qualité du poussin d'un jour

La qualité du poussin peut être estimée visuellement au niveau des couvoirs pour réaliser le tri avant la livraison. Les caractéristiques biométriques des poussins telles que leur poids, leur longueur, le poids du vitellus et le développement intestinal sont également des critères de qualité. Ces caractéristiques sont, à des degrés divers, en relation avec les performances futures des animaux. (Willemsen et al., 2008).

Les principaux critères permettant d'apprécier la qualité du poussin décrit par **Gussem et al. (2015)** sont résumés en tableau ci-dessous:

Tableau 1. Les principaux critères d'évaluation de la qualité du poussin.

Critères	Bien	Mauvais
Réflexe	Posez le poussin sur le dos. Il devrait se relever en 3 secondes.	Le poussin met plus de 3 secondes pour se relever : il est apathique.
Yeux	Propres, ouverts et brillants.	Fermés, ternes.
Ombilic	L'ombilic doit être fermé et propre.	Gonflé : restes de vitellus ; ombilic ouvert ; plumes tachées d'albumen.
Pattes	Les pattes doivent être de couleur normale et non enflées. Plus chaudes que la joue au toucher.	Jarrets rouges sur le bec ; narines sales ; malformations.
Bec	Bec propre aux narines fermées.	Taches rouges sur le bec ; narines sales ; malformations.
Sac vitellin	Ventre souple et élastique.	Ventre dur et peau tendue.
Duvet	Doit être sec et brillant	Duvet humide et collant.
Homogénéité	Tous les poussins ont la même taille	Plus de 20% des poussins sont plus lourds ou plus légers que la moyenne.
Température cloacale	Doit être de 40°C dans les 2 à 3 heures suivant l'arrivée.	Supérieure à 42°C : trop élevée, inférieure à 38°C : trop basse.

I-2- Facteurs affectant la qualité du poussin

I-2-1- Effet des conditions de pré-incubation

La qualité des poussins et la fenêtre d'éclosion ne sont pas seulement liées aux conditions d'incubation mais également à la qualité des œufs incubés. La qualité des œufs ne

peut pas être entièrement contrôlée par les couvoirs, de sorte que les responsables des couvoirs doivent ajuster et adapter le programme d'incubation chaque fois que nécessaire.

I-2-1-1- Caractéristiques des œufs à couvrir et âge des reproducteurs

La qualité des œufs à couvrir (fertilité, épaisseur de coquille et porosité), ainsi que la durée d'incubation sont fortement affectées, parmi d'autres facteurs, par l'âge des reproducteurs (**Wilson, 1991 ; Wolanski et al., 2007 ; Almeida et al., 2008**). Le poids des œufs augmente avec l'âge des reproducteurs (55 g à 27 semaines vs 70 g à 60 semaines; **Tona et al., 2001**), tandis que la fertilité diminue avec l'âge des reproducteurs en raison de la faible efficacité des tubules de stockage du sperme chez les poules plus âgées (**Gumulka et Kapkowska, 2005**). Le taux d'éclosion augmente de 88% pour les jeunes reproducteurs (27 semaines) à un maximum de 96% entre 40 et 42 semaines avant de chuter à 73% pour les reproducteurs plus âgés (59 à 61 semaines; **Tona et al., 2001; Abiola et al., 2008**). Le faible taux d'éclosion chez les reproducteurs plus âgés est en partie due à l'augmentation de la mortalité embryonnaires totale (**Tona et al., 2001; Almeida et al., 2006**).

Le taux d'éclosion maximale (~ 96%) est obtenue avec des œufs de taille moyenne (50 à 60 g) (**Wilson, 1991; Abiola et al., 2008**). L'éclosion diminue dans les œufs plus lourds, par exemple, l'éclosabilité diminue de 5.9% pour les œufs pesant de 60 g à 65 g et de 13.5% pour les œufs pesant plus de 70 g (**Kirk et al., 1980**). Il n'est pas clair si cette diminution du taux d'éclosion des gros œufs est le résultat d'une augmentation de la mortalité précoce (**Kirk et al., 1980 ; Rosa et al., 2002 ; Abiola et al., 2008**), ou d'une augmentation de la mortalité précoce et tardive (**Elibol et Brake, 2008b**) des embryons. Le nombre et la taille des pores de la coquille et leur épaisseur sont des facteurs qui influencent la capacité d'échange des gaz, des fluides et de la chaleur avec le micro-environnement autour des œufs (**Hulet et al., 2007**). Avec la même porosité de la coquille, les gros œufs produisent des embryons plus lourds (**Burton et Tullett, 1985**) et ont par conséquent plus de difficulté à perdre la chaleur métabolique produite par l'embryon. Par conséquent, les gros œufs présentent un meilleur taux d'éclosion lorsque la température d'incubation est réduite de 37.5 °C à 36.5 °C pendant la seconde moitié de l'incubation (**French, 1997**).

Raju et al. (1997) ont signalé qu'il existe une corrélation positive entre le poids des œufs et le poids corporel des poulets à tous les âges. L'âge des reproducteurs influe sur le poids des œufs et par conséquent une influence sur le poids des poussins (**Tanure et al.,**

2009). Les poussins provenant des gros œufs étaient significativement plus lourds à l'âge d'abattage (**Hulet et al., 2007**). Selon **Wilson (1991)**, le poids des poussins représente de 62% à 76% du poids initial de l'œuf. Ainsi, selon le même auteur chaque variation de 1 g (positif ou négatif) du poids des œufs a entraîné un changement correspondant de 2 g à 13 g du poids des poulets à l'âge de six à huit semaines. Cet effet était plus important (8.2 g) avec les œufs provenant de jeunes reproducteurs (29 semaines), qu'avec ceux des reproducteurs plus âgés (2.1 g à 2.6 g à 58 semaines). **Vieira et Moran (1999)** ont rapporté que le poids et la taille des œufs à couver influent sur le développement des intestins des poulets durant la période post-éclosion, quel que soit l'âge des reproducteurs. Les poussins issus d'œufs de taille moyenne (61 g à 70 g) avaient un poids intestinal significativement plus élevé que les œufs de petite taille (50 g à 60 g) (**Shivazad et al., 2007**). L'amélioration des performances observées chez les poussins issus d'œufs de taille moyenne peut être due à un meilleur développement de l'intestin grêle et par conséquent à une augmentation de surface d'absorption, ou à la disponibilité du grand sac vitellin et à l'amélioration du développement intestinal pendant l'incubation d'œufs de taille moyenne (**Vieira et Moran, 1999**).

L'étude de **Wilson (1991)** a clairement montré que le temps d'incubation augmente avec le poids de l'œuf. La durée moyenne d'éclosion était de 488 h pour les œufs de 52 g et augmentée à 494 h pour les œufs de 72 g (**Burton et Tullett, 1985**). Les gros œufs étaient non seulement associés à une durée d'incubation plus longue, mais également à un taux de réforme plus élevé (pourcentage de poussins de mauvaise qualité). Les poussins issus de petits œufs sont éclos plus rapidement (**Wilson, 1991; Vieira et al., 2005**). **Vieira et al. (2005)** ont constaté que les œufs des jeunes reproducteurs (27 semaines) ont éclos très tôt comparativement à ceux des reproducteurs plus âgés (59 semaines). Cela n'a pas été confirmé par **Almeida et al. (2008)** qui ont rapporté que les œufs provenant de reproducteurs âgés et d'âge moyen ont éclos précocement. Cependant, **Reis et al. (1997)** n'ont pas trouvé de différences dans le temps d'éclosion des œufs provenant des reproducteurs jeunes (32 à 34 semaines) comparativement à ceux qui proviennent des reproducteurs âgés (48 à 50 semaines). Ces écarts peuvent être dus à l'utilisation de différentes méthodes d'incubation (à une seule étape ou à plusieurs étapes) ou à des paramètres d'incubation différents (température, humidité ou ventilation). Selon **Peebles et al. (1999)** la mortalité des poussins provenant des reproducteurs plus âgés (63 semaines) était plus élevée (9.67%), comparativement aux jeunes reproducteurs de 35 semaines (5.04%) et 27 semaines d'âges (3.11%). Les poussins provenant des jeunes reproducteurs (35 semaines) sont de meilleures

qualités (98 vs 94 sur 100 points) comparativement à ceux qui proviennent des reproducteurs d'âge moyen (45 semaines). Cependant, la qualité des poussins issus de troupeaux d'âge moyen peut se détériorer après un stockage de 7 jours des œufs (97 vs 79 sur 100) (**Tona et al., 2004a**).

I-2-1-2- Etat de santé des reproducteurs

L'état de santé des reproducteurs peut affecter sur le taux de ponte, la qualité des œufs à couvrir, le taux d'éclosion et la qualité des poussins d'un jour. Par exemple, l'infection des reproducteurs par la spirochétose intestinale entraîne une diminution du taux de ponte (-7.5%) (**Smit et al., 1998 ; Stephens et Hampson, 2002**) et une détérioration de la qualité d'œuf, par conséquent un nombre élevé de poussins faibles avec une croissance plus lente et un indice de consommation dégradé que la descendance des troupeaux non affectés (**Smit et al., 1998**). Un certain nombre d'autres troubles infectieux et non infectieux sont connus pour affecter la fertilité, la production d'œufs et éventuellement la qualité des poussins. Il est donc indispensable d'appliquer des mesures de biosécurité afin d'atténuer la propagation de nombreuses maladies au sein de l'élevage des reproducteurs. Toute lacune à ce stade affectera négativement les performances de production (**Roberts et al., 2011**).

I-2-1-3- Alimentation des reproducteurs

Le régime alimentaire doit être suffisant, tant en qualité qu'en quantité, pour répondre aux besoins nutritionnelles des reproducteurs. Une mauvaise nutrition des parentaux peut entraîner un déséquilibre en protéines, graisses et vitamines dans le jaune ainsi l'embryon est fragile et la qualité de la coquille est médiocre (**Sauveur, 1988**).

La quantité et la qualité de l'alimentation des reproducteurs peuvent affecter la qualité ultérieure des œufs et des poussins. En ce qui concerne la quantité, l'excès et la privation d'aliments ont une influence préjudiciable. La sous-alimentation de la poule peut affecter la qualité des poussins et ceci s'observe tout particulièrement au cours de la phase de démarrage. Cependant, une ration alimentaire insuffisante dans les troupeaux des reproducteurs de jeunes âges compromet le transfert des nutriments vers les œufs, ce qui entraîne une augmentation de la mortalité embryonnaire tardive, une faible uniformité et un taux de mortalité élevé chez les poussins (**Leeson, 2004**). Par ailleurs, l'alimentation ad libitum des reproducteurs affecte le développement de l'ovaire ce qui entraîne une croissance folliculaire excessif (Erratic Oviposition and Defective Egg Syndrome : EODES).

En ce qui concerne la qualité, la composition de l'alimentation des reproducteurs affecte le poids et la composition des œufs et, par conséquent, affecte également le taux d'éclosion et la qualité du poussin, en particulier le poids corporel, l'immunité et le métabolisme (**Lopez and Leeson, 1995a; 1995b; Fisher, 1998; Leeson and Summers, 2000; Surai, 2000; Pappas et al., 2005; 2006**). En effet, le développement embryonnaire et la croissance du poussin nouvellement éclos dépend entièrement des nutriments déposés dans l'œuf.

En général, les niveaux de protéines et d'énergie dans les régimes alimentaires des reproducteurs n'avaient aucun effet sur le poids des poulets à l'âge d'abattage (**Kidd, 2003**). Cependant, **Whitehead et al. (1985)** ont montré que l'augmentation du rapport protéines/énergie entraîne une diminution du taux d'éclosion. Ce rapport est important non seulement pour les performances des parentaux, mais aussi pour la qualité des poussins (**Lopez et Leeson, 1995a ; 1995b**). La source et la qualité des protéines (la composition en acides aminés) peuvent avoir un impact sur la qualité des poussins (**Fisher, 1998**).

Cependant, il faut également attacher de l'importance à la composition de la matière grasse et en particulier à l'exigence des acides gras insaturés telles que l'acide linoléique. Cet acide gras essentiel est nécessaire à l'intégrité de la membrane cellulaire, à la réponse immunitaire et au développement embryonnaire, et affecte donc directement la qualité des poussins. En pratique, les graisses ajoutées aux aliments des reproducteurs devraient être maintenues à un niveau bas, avec une préférence pour les gras insaturés plutôt que saturés (**Leeson et Summers, 2000**). Ainsi, il faudrait donner la préférence aux huiles végétales insaturées plutôt qu'aux graisses animales saturées, car le taux élevé des acides gras polyinsaturés entraîne une diminution de l'éclosabilité (**Pappas et al., 2006**).

Les minéraux principaux (calcium, phosphore, sodium, potassium, magnésium et chlorure) sont impliqués dans la formation de la coquille. Les améliorations générales de la qualité de la coquille entraînent une meilleure qualité des œufs et des poussins (**NRC, 1994**). Il existe une corrélation positive entre la nutrition minérale des poules reproductrices et les niveaux de minéraux transférés au jaune pour une utilisation embryonnaire (**Leeson et Summers, 2000**). Cependant, **Viriden et al. (2003)** ont rapporté qu'un régime alimentaire enrichi en zinc et en manganèse permet d'améliorer l'immunité précoce et la vitalité du poussin. **Flinchum et al. (1989)** ont montré que la progéniture des reproducteurs de type leghorn nourris avec un supplément de zinc methionine avait une meilleure survie lors d'une

provocation à *Escherichia coli*. Cependant, **Hudson et al. (2004)** n'ont trouvé aucun effet de l'ajout du zinc dans l'alimentation des reproducteurs sur la vitalité de leur progéniture. La supplémentation en sélénium dans la ration maternelle a eu un effet bénéfique sur les poussins (meilleure croissance) qui a persisté jusqu'au 14^{ème} jours (**Cantor et Scott, 1974**). De plus, **Surai (2000)** a rapporté que l'alimentation en sélénométhionine a eu un effet positif sur les niveaux de vitamine E et de glutathion peroxydase dans les œufs, les embryons et les poussins jusqu'à l'âge de 10 jours. De même, **Pappas et al. (2005)** ont montré que la supplémentation en sélénium biologique dans la ration maternelle a un effet bénéfique sur la qualité des œufs pendant le stockage.

Les vitamines sont impliquées dans la plupart des processus métaboliques et font partie intégrante du développement embryonnaire. Par conséquent, les niveaux sous-optimaux de ces nutriments dans les régimes commerciaux ont des impacts négatifs sur les performances des parents et des descendants (**Fisher et Kemp, 2000**). Parmi ces vitamines, la vitamine E qui a l'effet le plus significatif sur la progéniture. Un apport supplémentaire en vitamine E à l'alimentation des reproducteurs de poulet de chair entraîne un développement de la prolifération lymphocytaire des poussins (**Haq et al., 1996**), une amélioration de l'immunité humorale (**Haq et al., 1996 ; Boa-Amponsem et al., 2001**) et une diminution de la sensibilité à la peroxydation (**Surai, 2000**). Il a été démontré que la combinaison de sélénium alimentaire et de vitamine E chez les reproducteurs de poulets de chair augmente l'activité du glutathion hépatique de la descendance (**Surai, 2000**), tandis que la combinaison de vitamine E et de β -carotène améliorerait la prolifération des lymphocytes (**Haq et al., 1996**).

I-2-1-4- Durée et conditions de stockage des œufs à couver

Le développement de l'embryon commence dans l'oviducte de la poule. Après la ponte, le développement de l'embryon devient latent jusqu'à ce que l'œuf soit placé dans des conditions d'incubation appropriées. Le stockage des œufs profite donc de cette latence pour une production optimale. Cependant, **Brake et al. (1997)** ont rapporté que les conditions environnementales pendant le stockage et la durée de stockage peuvent avoir un impact négatif sur l'éclosion. Pour obtenir une éclosabilité maximale, il est recommandé que les œufs ne soient pas stockés plus de trois jours et il est important de maintenir la température et l'humidité relative (HR) pendant le stockage des œufs à 18°C et 70-78%, respectivement. Les œufs fertiles stockés dans les conditions recommandées de température et d'humidité n'ont pas éclos lorsqu'ils ont été conservés pendant plus de 25 jours. De même, **Butcher et Nilipour,**

(2009) ont constaté que le taux d'éclosion a significativement diminué après sept jours de stockage (87% à 90% vs 3% à 76%). Lorsque les périodes de stockage des œufs sont prolongées, les paramètres de température et d'humidité relative doivent être ajustés pour préserver l'intégrité interne des œufs. En général, lorsque la durée de stockage des œufs augmente, la température dans la salle de stockage devrait être diminuée et l'humidité relative augmentée pour éviter la déshydratation (Elibol et al., 2002a; 2002b). Par exemple, les œufs peuvent être conservés à une température de 18°C à 20°C pendant huit jours maximum. Si le stockage est plus long, la température doit être abaissée de 15°C à 16°C (Kirk et al., 1980). Ainsi, indépendamment de l'âge des reproducteurs, les longues durées de stockage diminuent l'éclosion des œufs fertiles (Tanure et al., 2009). Les effets néfastes d'une durée de stockage élevée sur la viabilité chez les reproducteurs plus âgés sont principalement dus à une incidence accrue de réforme et de pertes embryonnaires à tous les stades (Lapão et al., 1999).

I-2-1-5- Sexe d'embryons

Aucune différence de poids n'a été observée entre les mâles et les femelles au cours du développement embryonnaire (Morita et al., 2009). Cependant, le sexe de l'embryon affecte le temps d'éclosion. Les femelles éclosent plus tôt que les mâles, et la différence du temps d'éclosion maximal entre les femelles et les mâles se situe entre 2.3 h et 3.3 h (Mather et Laughlin, 1976 ; Burke, 1992 ; Reis et al., 1997). De plus, il a été indiqué par Burke (1992) qu'après 504 h d'incubation, 71% des femelles étaient déjà écloses, contre seulement 52% à 57% des mâles. De même, Van de Ven et al. (2011) ont rapporté que 78% du total des poussins éclos après 465 h d'incubation étaient des femelles, tandis qu'après 493 h, seulement 42% du total des poussins éclos étaient des femelles. Chez les poules pondeuses, la différence de temps d'éclosion entre les mâles et les femelles varie selon les races. Les poussins femelles du Rhode Island ont éclos 2.3 h plus tôt que les mâles, mais pour les Leghorns Blancs, cette différence varie entre 0.1 h et 0.7 h et augmente avec l'âge des reproducteurs (2 h pendant 45 semaines et 3 h pendant 95 semaines) et pendant la saison chaude (Ichinoe, 1973). Cependant, Mather et Laughlin (1976) ont rapporté que la différence entre le temps d'éclosion des deux sexes disparaît si la durée de stockage est plus de 14 jours.

I-2-2- Effet des conditions d'incubation

Plusieurs facteurs contribuent à des conditions d'incubation optimales et à une bonne éclosabilité. Chaque facteur a ses propres niveaux optimaux et sous-optimaux, mais ils sont également étroitement liés et ne peuvent être séparés. **Lourens (2003)** a suggéré que la température d'incubation, ou plus spécifiquement la température de l'embryon, est probablement le facteur le plus important affectant la qualité des poussins. Les facteurs qui influencent la température de l'embryon sont la production de chaleur de l'embryon lui-même (variant selon la souche, l'âge des reproducteurs, le stade d'incubation et le niveau de surchauffe), la température dans l'incubateur et l'éclosoir, la vitesse de l'air (une vitesse de l'air plus élevée induit plus de perte de chaleur) et l'humidité.

I-2-2-1- Température pendant l'incubation

La température optimale d'incubation des espèces aviaires varie entre 33°C et 39°C (**Visschedijk, 1991**). Chez les poulets de chair, les meilleurs résultats d'éclosabilité, de la qualité des poussins et des performances post-éclosion (Indice de consommation et poids vif) sont obtenues lorsque les œufs sont incubés à une température moyenne de 37.8°C. Les différences de la souche et de la lignée affectent la tolérance aux variations de température standard et aux fluctuations de température se produisant pendant l'incubation. Cette température d'incubation optimale se situe entre 37°C et 38°C (**French, 1997 ; Hulet et al., 2007 ; Saito et Kita, 2011**). La zone de tolérance pour la température au-dessus de ce niveau optimal est plus petite (+0.2°C) que pour les températures inférieures (-0.8°C). La tolérance aux écarts par rapport à la température optimale dépend de la durée d'incubation et du stade de développement embryonnaire.

L'embryon de poulet est considéré comme un organisme ectothermique car il ne peut pas réguler sa propre température (**Walter et Seebacher, 2009**). Les embryons semblent plus sensibles aux températures sous-optimales au début qu'à la fin de l'incubation (**French, 1997**). Cependant, les températures élevées pendant l'incubation (39.5°C à 40°C) entraînent une éclosion précoce et une augmentation de la mortalité tardive des embryons (**Yildirim et Yetisir, 2004 ; Leksrisonpong et al., 2007**). Des températures d'incubation différentes non seulement accélèrent ou retardent le développement des embryons, mais affectent également les performances de croissances finales et de reproduction (**Lourens et al., 2005 ; Yalçin et al., 2010**). **Willemsen et al. (2010b)** ont constaté que le poids des poussins issus des œufs

incubés à des températures élevées (40.6°C) au cours des cinq derniers jours était inférieur à ceux incubés à des températures optimales (37.6°C) ou basses (36.6°C). Cependant, aucune différence n'a été observée pour les performances post-éclosion en raison du changement de la température d'incubation (**Morita et al., 2010 ; Barri et al., 2011**), à l'exception des différences dans le développement de l'épithélium intestinal. L'augmentation de la température à 38.5°C pendant 3 h au cours les 16, 17 et 18 jours d'incubation n'a eu aucun effet sur le poids des poussins, mais a conduit à une meilleure résistance au stress thermique dans la période post-éclosion (**Yahav et al., 2004 ; Piestun et al., 2008**). La manipulation thermique continue affecte négativement les résultats d'éclosion et les performances post-éclosion (**Piestun et al., 2008**). De plus, une exposition au froid (15°C) pendant 30 minutes les 18 et 19 jours d'incubation a réduit le développement du syndrome d'ascite en augmentant la tolérance au froid des poulets (**Shinder et al., 2009; 2011**).

I-2-2-2- Humidité pendant l'incubation

Le poids des poussins à l'éclosion est étroitement lié au poids des œufs et à la perte de poids pendant l'incubation. La perte de poids de l'œuf est affectée par la qualité de la coquille (nombre de pores par unité de surface et épaisseur de la coquille d'œuf), l'activité de l'embryon et l'humidité à l'intérieur de l'incubateur en raison des échanges entre l'œuf et son environnement. Le niveau d'humidité trop faible pendant l'incubation entraîne la déshydratation des poussins (**Deeming, 2005 ; Barbosa et al., 2008**), et la prévalence de nombril non cicatrisé (**Crespo et Shivaprasad, 2003**). La capacité de l'air à absorber et à retenir l'humidité augmente rapidement lorsque la température augmente. De bons résultats d'incubation peuvent être obtenus avec une humidité comprise entre 40% et 70% HR avec un optimum à 50% HR (**Lundy, 1969**). Cette valeur optimale dépend de la qualité des œufs et de l'âge des reproducteurs (**Robertson, 1961**). Des études ultérieures ont rapporté que l'éclosion maximale des œufs issus de jeunes reproducteurs (28 à 44 semaines) était atteinte avec 53% à 55% d'humidité relative (**Kirk et al., 1980**). Chez les reproducteurs âgés (48 et 60 semaines), l'éclosabilité diminue de 1% avec chaque augmentation de 3.7% de l'HR, allant de 44% à 70% (**Kirk et al., 1980 ; Bruzual et al., 2000 ; Barbosa et al., 2008**). La diminution de l'éclosabilité avec une humidité élevée (75% à 80% HR) peut être associée à une mortalité élevée des embryons précoces et tardifs (**Robertson, 1961**). Les œufs incubés avec 45% HR perdent plus de poids que les œufs incubés avec 55% HR. En conséquence, les poussins issus des œufs incubés dans des conditions d'humidité élevée sont plus lourds mais ils ont tendance à perdre plus de poids lorsqu'ils sont exposés à une température élevée pendant la période

post-éclosion, par rapport aux poussins incubés avec une faible humidité (45%), qui sont plus adaptés aux conditions de déshydratation (**Barbosa et al., 2008**). Cependant, aucune différence de poids corporel des poussins n'a été observée dans une autre étude lorsque les œufs étaient incubés sous différents niveaux d'humidité (43%, 53% et 63%) (**Bruzual et al., 2000**).

I-2-2-3- Ventilation et concentration de CO₂ pendant l'incubation

Les incubateurs commerciaux sont des machines fermées qui offrent des conditions idéales pour le développement embryonnaire, remplaçant ce qui serait fait par une poule reproductrice. En plus de contrôler la température et l'humidité, l'incubateur contrôle le niveau d'oxygène et de dioxyde de carbone grâce à la ventilation. La concentration de CO₂ observée dans les incubateurs à plusieurs étages est de 0.1% à 0.4% pendant l'incubation et de 0.8% pendant l'éclosion (**Brian, 2000**). Ce niveau semble être similaire aux niveaux d'incubation naturelle où la concentration de CO₂ dans le nid est d'environ 0.4% à 0.6% (**Boerjan, 2001**). Dans les incubateurs modernes, le débit d'air est contrôlé afin de fournir les meilleures conditions pour le développement embryonnaire. Une concentration de CO₂ dans l'incubateur supérieure à 1% est souvent considérée comme nocive (**Owen, 1991**). Par contre, d'autres études montrent que le moment et le niveau de l'exposition au CO₂ jouent un rôle crucial dans la détermination de la tolérance de l'embryon au CO₂. Plusieurs études, **Taylor et al. (1956; 1971)** et **Taylor et Kreutziger (1966; 1969)**, ont étudié le seuil de CO₂ pendant plusieurs courtes périodes d'incubation des œufs de White Leghorn. Selon **Taylor et al. (1956)**, aucune diminution de l'éclosabilité n'a été observée lorsque les œufs exposés à un niveau de CO₂ jusqu'à 1% pendant les quatre premiers jours d'incubation. Par ailleurs, **Taylor et Kreutziger (1966)** ont observé un faible taux d'éclosion lorsque les œufs incubés ont été exposés à 5% de CO₂ entre les jours 9 et 12 d'incubation. **Everaert et al. (2007)** ont montré que les embryons de poulets de chair Cobb peuvent tolérer 4% de CO₂ entre les jours 10 et 18 d'incubation sans aucun effet sur la croissance pré- et post-éclosion, la mortalité embryonnaire et l'éclosion. De plus, **Hogg (1997)** a signalé une augmentation de 2% de l'éclosion lorsque les œufs des reproducteurs Ross ont été exposés à du CO₂ jusqu'à 1.5% le 10 jour. Les résultats de **De Smit et al. (2006)** ont montré les effets bénéfiques d'une augmentation progressive du CO₂ jusqu'au 10^{ème} jour (jusqu'à 1.5%) sur les paramètres de croissance embryonnaire et d'éclosion. Toutes ces expériences démontrent une tolérance croissante au CO₂ avec l'augmentation de l'âge embryonnaire. D'autre part, une concentration croissante de CO₂ (jusqu'à 1% à 1.2%) au cours des 10 premiers jours d'incubation a accéléré le temps d'éclosion et augmenté les fenêtres d'éclosion (**De Smit et al., 2006**).

I-2-3- Effet de la manipulation après l'éclosion

La durée moyenne d'incubation des œufs de poule est de 21 jours et comprend un stade d'éclosion de 24 à 48 h (**Willemsen et al., 2010a**). Malgré toutes les différences individuelles de temps d'éclosion des poussins, les nouveau-nés sont généralement retirés de l'éclosoir en même temps. Les traitements post-éclosion comprennent le tri, le sexage et la vaccination au niveau du couvoir, le transport et enfin la mise en place dans la ferme d'élevage. Le processus de tri, de sexage et de vaccination ne dépasse généralement pas 2h à 4h. Par la suite, les poussins sont déposés dans des caisses de transport. Le temps d'attente des poussins dépend de l'horaire du transport. La mise en place des poussins prend entre 24 et 48 h (**Moran, 1990; Noy et Sklan, 1997**) ou, dans certains cas, jusqu'à 72 h lorsque les poussins de reproduction sont transportés à l'international par avion ou par camion. Cela rend le transport le facteur post-éclosion le plus important qui affecte la qualité des poussins au moment de la mise en place.

I-2-3-1- Effet du transport du poussin d'un jour

Plusieurs études scientifiques ont porté sur le transport des volailles. Cela reflète l'importance du transport sur la qualité des produits et le bien-être des animaux dans l'industrie avicole. Cependant, la plupart des études ont porté sur le transport des poulets de chair à l'abattoir (**Nijdam et al., 2004; Delezie et al., 2007; Gregory, 2008; Ghareeb et Böhm, 2009; Vieira et al., 2010; Vosmerova et al., 2010**) ou quelques-uns sur le transport des poules pondeuses (**Broom, 1990**). Toutefois, peu d'informations détaillées sur le transport des poussins d'un jour (**EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), 2011**). Cependant, le transport des poussins d'un jour du couvoir au site d'élevage peut affecter sur le bien-être, le développement et les performances de croissance des poulets (**Chou et al., 2004**). À cet effet, l'optimisation des conditions de transport est essentielle pour réduire les taux de mortalité pendant et après le transport. Cependant, la législation Européenne recommande une densité de 21 à 25 cm² par poussin (400 à 475 poussins / m²) pendant le transport des poussins d'un jour (**Council Of The European Union, 2005**). Le nombre de poussins transportés pris en compte à ce stade doit être égal au nombre de poussins nécessaires pour atteindre la densité finale autorisée au cours de l'élevage plus les poussins supplémentaires destinés à compenser la mortalité éventuelle pendant le transport et la période de démarrage. La législation Européenne recommande aussi une durée maximale de transport des poussins de 24 h et une durée de jeûne ne dépassant pas les 72 h après l'éclosion

(**Council Of The European Union, 2005**). Les principaux facteurs affectant la qualité des poussins d'un jour pendant le transport sont la température, l'humidité, les vibrations et le bruit, ainsi que le temps d'attente avant l'accès à l'aliment et l'eau.

I-2-3-2- Température pendant le transport

Durant ces dernières années, un développement considérable dans les performances des poulets de chair à croissance rapide, principalement en raison de l'amélioration génétique des poulets (**Havenstein et al., 2003**). Cette croissance accrue est associée à une augmentation de leur taux métabolique. Certaines études précédentes ont tenté de définir l'environnement thermique optimal pour les poussins d'un jour sur la base de la production de chaleur métabolique et des réponses de la température corporelle (**Misson, 1976**), mais sans prendre en compte d'autres indicateurs d'état homéostatique. Plus récemment, une expérience utilisant une plage de températures (20°C à 35°C) a trouvé que la neutralité thermique des poussins nouveau-nés non nourris et logés en groupe se situait entre 30°C et 32°C, sur la base d'un critère de moins efforts de thermorégulations et taux de mortalité (**Xin et Harmon, 1996**). En simulant le transport de poussins d'un jour, **Mitchell et al. (1996)** ont utilisé une plage de températures entre 20 ° C et 36 ° C pour différentes durées d'exposition (3 h, 6 h, 9 h et 12 h). Ces auteurs suggèrent une température optimale pendant le transport entre 24.5 ° C et 25 ° C, en tenant compte de toutes les réponses physiologiques et métaboliques (température corporelle, profils plasmatiques de sodium et de métabolites). Selon **Arjona et al. (1990)** et **Yahav et Hurwitz. (1996)**, l'exposition précoce des poussins de poulet à un stress thermique a entraîné une diminution du risque de mortalité si ces poulets ont été exposés à un stress thermique à la fin de la période d'élevage, mais il y avait aucune différence dans les performances zootechniques. Chez d'autres espèces, par ex. l'autruches, le transport des poussins pendant la nuit a entraîné une diminution de stress (rythme cardiaque bas et température cutanée basse) que pendant la journée grâce à une température ambiante plus basse et à l'obscurité (**Crowther et al., 2003**). Selon les recommandations de l'union européenne (**Council Of The European Union, 2005**), les températures ambiantes pendant le transport des poussins d'un jour doivent être comprises entre 16°C et 24°C, bien qu'en pratique, la plupart des couvoirs recommandent des températures comprises entre 24°C et 26°C (**Mitchell et Kettlewell, 2009**).

I-2-3-3- Humidité pendant le transport

La principale voie de dissipation de la chaleur pour les oiseaux dans un environnement chaud est l'évaporation respiratoire (**Dawson, 1982**), en particulier lorsque la température ambiante s'approche de la température corporelle. Cependant, peu d'importance accordé au contrôle de l'humidité au niveau du couvoir pendant les manipulations post-éclosion et le transport des poussins. **Mitchell et al. (1996)** ont suggéré une humidité relative optimale allant de 60 à 63% pour une température moyenne de 24.5 à 25°C. La quantité de perte de chaleur par évaporation dépend de l'humidité de l'air et s'arrête lorsque l'humidité augmente. En effet, lorsque la température de l'air augmente, la fréquence de respiration des poulets augmente et la perte de chaleur par évaporation est considérablement augmentée (**Lin et al., 2005**). De plus, des taux d'humidité élevés (par exemple ~ 80% contre ~ 30%) accélèrent le risque de contamination bactérienne et, par conséquent, pénalisent l'état de santé des poussins (**Line, 2006**). Aucune recommandation concernant l'humidité n'est mentionnée dans la réglementation officielle, cependant les sociétés d'élevage recommandent de maintenir l'humidité à 75% HR à 24°C (**Mitchell et Kettlewell, 2009**).

I-2-3-4- Ventilation pendant le transport

Pendant le transport des poussins à des températures élevées, il est très important d'assurer une bonne ventilation pour permettre une thermorégulation plus efficace par convection. Avec une ventilation restreinte et lorsque la température autour des caisses est de 34°C ou plus, la température à l'intérieur des caisses augmente rapidement à 40°C ou plus en raison de la chaleur produite par les poussins eux-mêmes. Les poussins commencent alors à haleter, ce qui augmente l'humidité relative à l'intérieur de la caisse et réduit la quantité de perte de chaleur par évaporation. Par conséquent, une augmentation de la température corporelle jusqu'à 43°C à 44°C pendant 40 à 50 minutes, ce qui entraîne la mort des poussins. Le débit de ventilation minimum recommandé habituellement est de 0.019 l / s par poussin par temps froid. Pour obtenir ce débit d'air minimum, la distance verticale entre les caisses doit être d'environ 8 cm (**Tanaka et Xin, 1997**).

I-2-3-5- Vibrations et bruit pendant le transport

Pendant le transport, les poussins exposés à différents facteurs de stress comme le bruit, les vibrations et les mouvements continus. Le niveau normal de bruit qu'un animal peut percevoir sans aucun dysfonctionnement se situe entre 30 dB et 55 dB (**Minka et Ayo, 2009**).

Cependant, **Chloupek et al. (2009)** ont rapporté que les stimuli sonores d'intensité de 80 dB et 100 dB pendant 10 min ont entraîné une augmentation significative des niveaux de corticostérone plasmatique des poulets de chair. De plus, les poulets de chair âgés de 42 jours qui ont été exposés à un stimulus sonore de 100 dB ont présenté une augmentation significative du taux de cholestérol et de protéines totales dans le sang. Par ailleurs, **Warriss et al. (1997)** ont montré que l'exposition des poulets de chair aux différents niveaux de vibrations (2, 5, 10 Hz) pendant 3 h a entraîné une augmentation de la température corporelle (0.2°C à 0.5°C) et une diminution des concentrations de glycogène dans le foie aux fréquences de vibration plus élevées (10 Hz). Par contre, **Garcia et al. (2008)** n'ont trouvé aucun effet des vibrations sur la température corporelle ou la perte de poids lorsque les oiseaux étaient soumis à différentes fréquences de vibration pendant 4 h.

I-2-3-6- Accès à l'aliment et l'eau après l'éclosion

Plusieurs études ont rapporté que la longue privation d'aliment et d'eau après l'éclosion peut affecter négativement la croissance des poussins (**Noy et Sklan, 1999 ; Noy et al., 2001 ; Gonzales et al., 2003 ; Uni et al., 2003**), le développement intestinal (**Lilburn et Loeffler, 2015**), la croissance des muscles squelettiques (**Halevy et al., 2000**) et l'immunité des poulets (**Juul-Madsen et al., 2004 ; Panda et al., 2015**). A cet effet, plusieurs solutions ont été proposées dans différentes études pour surmonter ces problèmes. Cependant, l'alimentation des poussins dans les paniers d'éclosion a non seulement limité la perte de poids, mais a également amélioré la croissance et l'uniformité des oiseaux jusqu'à l'âge de 21 jours (**Sklan et al., 2000**). De plus, l'accès à l'alimentation pendant le transport peut atténuer les effets négatifs d'un accès prolongé à l'aliment et l'eau après l'éclosion (**Careghi et al., 2005**).

La période post-éclosion est essentielle pour le développement des systèmes immunitaire et gastro-intestinal. Cependant, l'accès aux aliments et l'eau immédiatement après l'éclosion est susceptible d'entraîner des effets positifs sur la morphométrie intestinale, la sécrétion enzymes digestives et la croissance précoce du tractus digestif (**Noy et al., 2001 ; Bigot et al., 2003**). D'autre part, **Dibner et al. (1998)** ont rapporté que le poids de la bourse de Fabricius a augmenté significativement à l'âge de 3 jours chez des poussins ayant eu un accès immédiat aux aliments après l'éclosion par rapport à leurs homologues soumis à une durée de jeûne pendant 48.0 heures. De plus, un accès prolongé à l'aliment et l'eau après l'éclosion affecte négativement le développement de la bourse de Fabricius et la rate (**Panda et al., 2010**).

II- Particularités de la première semaine de vie du poussin

II-1- Croissance

Au cours des cinq premiers jours de la vie des poussins leurs poids vif est doublé. La vitesse de croissance des poussins exprimée par rapport au poids vif (g/j/100 g de poids vif) atteint son poids maximal entre 3 et 5 jours d'âge (**Murakami et al., 1992**). La consommation alimentaire quotidienne augmente linéairement avec l'âge des poussins. A l'âge de deux jours, la consommation journalière des poussins est environ 10 g d'aliment contre 35 g cinq jours plus tard.

II-2- Réabsorption du sac vitellin

À partir du 19^{ème} jour d'incubation le sac vitellin qui contient les nutriments non réabsorbé au cours du développement embryonnaire est internalisé dans la cavité abdominale. Généralement, il est considéré comme une réserve pendant les premiers jours dont elle peut couvrir les besoins de survie du poussin nouvellement éclos (**Noy et al., 1996**). A l'éclosion, le poids du sac vitellin est environ 8 g ce qui représente 17 % du poids du poussin. Pendant les 48 premières heures de vie l'absorption de son contenu atteint presque 50% de son poids. La résorption totale est au bout de 4 à 5 jours de vie (**Chamblee et al., 1992 ; Sklan et Noy, 2000**). Après l'éclosion, l'utilisation du sac vitellin est effectuée de deux manières par le poussin. D'un part, il concerne le passage dans la circulation sanguine à travers les membranes du sac vitellin, perméables entre autres aux lipides, et d'autre part le passage du contenu du sac vitellin par le diverticule de Meckel vers l'intestin (**Noy et al., 1996 ; Noy et Sklan 1998a et b**).

A l'éclosion, la composition du liquide vitellin est essentiellement 46% d'eau, 30% de lipides (sous la forme de phospholipides et triglycérides) et 20% de protéines (**Applegate et Lilburn, 1996 ; Puvadolpirod et al., 1997**). L'utilisation du sac vitellin est censée servir l'énergie primordiale à la survie du poussin nouvellement éclos en cas de la privation d'aliment. Un gramme de lipides est l'équivalent de 8 à 9 kcal d'énergie métabolisable.

Les lipides sont la principale source d'énergie dans le sac vitellin, dont leurs transformations totales en énergie donneraient au poussin une réserve de 20 kcal. Un poussin qui pèse 40 g son besoin d'entretien est d'environ 25 kcal/jour selon l'équation $2.2 \text{ kcal/ (g de poids vif)}$ de **Hurwitz et al. (1980)**. De plus, au cours de cette période, le poussin doit

recevoir l'énergie nécessaire pour couvrir les besoins de métabolisme de base (respiration, digestion par exemple) et de croissance. L'accès à l'aliment le plus tôt possible est donc important pour minimiser la perte de poids pendant la phase post éclosion du poussin lié au déficit énergétique. Afin d'optimiser la croissance, l'apport alimentaire est indispensable parce que le contenu vitellin semble être une réserve nutritionnelle très marginale.

À part son rôle en tant que source nutritionnelle, le résidu vitellin contribue dans le processus du développement corporel précoce du poussin. Il existe une corrélation négative ($r = -0,71$; $P < 0,01$) entre le poids vif du poussin et le poids du résidu vitellin pendant les cinq premiers jours de vie (**Chamblee et al., 1992**). Par ailleurs, l'ablation du sac vitellin à l'éclosion entraîne un retard de croissance de 2 jours (**Murakami et al., 1992** ; **Turro et al., 1994**) et une diminution du poids vif (13%) à l'âge de 5 jours (**Chamblee et al., 1992**). Le résidu vitellin est considéré donc comme une réserve nutritionnelle quantitativement modeste. Cependant, son utilisation en relation avec le développement du tube digestif est essentielle pour initier l'adaptation à une alimentation exogène.

II-3- Développement du tube digestif

La sélection des volailles est basée sur le critère d'une vitesse de croissance rapide expose une évolution précoce du tractus digestif (**Jin et al., 1998**). Par contre, le développement des organes digestifs est lent chez les espèces aviaires sélectionnées pour la ponte (**Nir et al., 1993**). La croissance du système gastro-intestinal est un phénomène primordial dans le développement général du poussin. De plus, le quart des protéines absorbées est maintenu par l'intestin pendant les quatre premiers jours de vie (**Noy et Sklan, 1999**). Chez le poussin nouvellement éclos, les fonctionnements de digestion et d'absorption sont moins efficaces et le passage brutal à une alimentation exogène solide entraîne une évolution rapide du tractus gastro-intestinal et des organes annexes (gésier, pancréas, foie) impliqués dans le processus de digestion.

Les modifications qui surviennent durant l'évolution du système digestif sont d'une part, des modifications morphologiques et d'autre part une maturation des capacités digestives du poussin.

La taille et le poids des trois principaux segments intestinaux (duodénum, jéjunum, iléum) et des organes annexes (foie, pancréas, gésier, proventricule) pendant la 25^e première semaine de vie du poussin évoluent significativement (**Uni et al., 1999**). Cependant, chaque

organe et chaque segment de l'intestin a une vitesse de croissance appropriée (**Nitsan et al., 1991 ; Noy et Sklan, 1998c ; Uni et al., 1999**). La vitesse de croissance de l'intestin grêle (duodénum, jéjunum, iléum) et des organes annexes, exprimée par rapport au poids vif, est maximale entre 6 et 7 jours après l'éclosion. Néanmoins, le développement allométrique du pancréas, du duodénum et du jéjunum (**Uni et al., 1999**) est plus rapide et plus précoce par rapport au foie ou de l'iléum. En générale, la croissance du tractus gastro-intestinal se passe à une vitesse extrêmement supérieure à celle du corps entier (**Jin et al., 1998**) ou d'organes qui ont un rôle important dans la croissance à titre d'exemple le cœur ou les poumons (**Nitsan et al., 1991a**).

A l'éclosion, le poussin a une faible proportion d'enzymes pancréatiques (trypsine, chymotrypsine, amylase et lipase) synthétisées au cours du développement embryonnaire (**Dibner, 1997**). Dès la première semaine de vie, leur sécrétion est stimulée d'une manière significative. L'évaluation de la sécrétion totale d'azote, reflet de la sécrétion enzymatique totale, est doublé entre l'âge de 4 à 7 jours (**Noy et Sklan., 1995 ; Uni et al., 1995b**). La synthèse et l'activité de ces enzymes ont été mesurées au niveau du pancréas mais ces données restent insuffisantes pour l'estimation des capacités digestives réelles du poussin. En faite, la présence et l'activité de ces enzymes dans l'intestin est indispensable pour la digestion. La mesure des activités enzymatiques au niveau de l'intestin montre que chaque enzyme présente son propre mode de stimulation (**Nitsan et al., 1991**). L'activité amyliasique se développe dès l'éclosion, toutefois reste négligeable jusqu'à l'âge de 2 jours. Cette activité augmente d'une façon rapide et importante entre 2 et 7 jours d'âge. Ceci peut être a une relation avec l'absence totale de glucides dans le sac vitellin, le délai conformerait à l'adaptation des sécrétions aux nutriments ingéré par le poussin. La sécrétion et l'activité intestinale plus précoce des enzymes de dégradation de lipides et de protéines due à la présence de ces nutriments dans le liquide vitellin. Dès l'éclosion, l'activité lipasique augmente régulièrement et l'activité de la trypsine atteint son pic à l'âge de 4 jours. Il semble donc que les deux paramètres influençant la sécrétion et l'activité des enzymes pancréatiques sont l'âge et l'état nutritionnel du poussin (**Sklan et Noy, 2000**).

Le développement de la capacité d'absorption des nutriments est en relation avec l'évolution des muqueuses intestinales et le fonctionnement du système de transport transmembranaire actifs. La prolifération des muqueuses due à l'hyperplasie cellulaire et entraîne une augmentation de la surface d'absorption et à celle du poids de l'intestin (**Moran, 1985 ; Uni et al., 1995a ; Dibner, 1997**).

Durant la première semaine de vie, les villosités intestinales se évoluent en hauteur et en largeur dont le nombre d'entérocytes par villosité est augmenté (**Dibner et al., 1996**).

Cependant, ces modifications sont en relation avec le facteur d'âge et le compartiment intestinale considéré. Les villosités du duodénum sont plus susceptibles au développement que l'iléum et le jéjunum. Le volume des villosités et de la densité des entérocytes dans le duodénum augmente au bout de 4 jours qui suivent l'éclosion tandis que cette augmentation dans le jéjunum et l'iléum peut aller jusqu'au dixième jour de vie (**Uni et al., 1998**).

La capacité d'absorption des nutriments dans l'intestin augmente également avec l'âge, notamment, dans le duodénum et le jéjunum. Selon **Sklan et Noy (2000)**, la mesure de l'activité Na⁺, K⁺ ATPasique représente un bon indicateur de l'absorption par les muqueuses intestinales. Sachant que le glucose et un grand nombre d'acides aminés sont absorbés par un co-transport Na-dépendant.

Au cours des quatre premiers jours de vie, cette activité est notamment augmentée. Par exemple, le poussin à l'âge de quatre jours est capable d'absorber plus de 80% du glucose, de la méthionine et de l'acide oléique ingérés (**Noy et Sklan, 1996**). Durant la première semaine de vie du poussin, l'évolution de la digestibilité apparente des différents nutriments reflète ces différentes modifications qui mènent à la maturation du système digestif. A l'âge de quatre jours, le taux de la digestibilité intestinale apparente des protéines est 78% tandis qu'elle est déjà avoisiné 85 % pour l'amidon et les lipides (**Noy et Sklan 1995 et 1998a ; Uni et al 1995b**). Au-delà, l'évolution de la capacité digestive est relativement moins vite ce qui désigne l'importance de la première semaine de vie dans le développement du système digestif et son effet sur la croissance musculaire des poulets.

II-4- Croissance musculaire

La sélection génétique chez les volailles est basée sur le critère d'une vitesse de croissance rapide se caractérisent par une évolution musculaire importante dès la première semaine de vie (**Moss, 1968**). Cependant, entre le premier et le 5^{ème} jour après l'éclosion le poids relatif des muscles squelettiques et notamment du muscle pectoral est doublé (**Halevy et al., 2000**). A l'âge d'une semaine le gain de poids des muscles pectoraux est à 6 % (**Kang et al., 1985 ; Halevy et al., 2000**) et celui des muscles de la patte est à 2 % (**Kang et al., 1985**) par rapport au poids vif. Durant, le développement embryonnaire les fibres musculaires se mettent en place progressivement (**Romanoff, 1960**) et à la naissance leurs nombre final est

fixé. Le développement post éclosion s'implique dans la taille de la fibre musculaire (évolution longitudinal et radial) et le nombre de noyaux par fibre. L'évolution musculaire concerne essentiellement les cellules satellites. Celles-ci sont en proportions considérables près de la fibre musculaire chez le poussin chair nouvellement éclos (**Duclos et Rémignon, 1996**). Les cellules satellites peuvent se multiplier et fusionner avec les fibres musculaires. De plus, elles participent à l'augmentation du nombre de noyaux par fibre, et donc la capacité de synthèse de protéines musculaires. Le nombre de cellules satellites augmente avec l'âge (**Duclos et al., 1996**) d'une façon significative par gramme de muscle pectoral jusqu'à 3^{ème} jours d'âge suivie d'une diminution entre 4 et 5 jours (**Halevy et al., 2000**).

Parallèlement, la prolifération de ces cellules est intense tout au long des deux premiers jours de vie, puis elle se diminue progressivement (**Halevy et al., 2000**). Le développement et la maturation des fibres musculaires sont extrêmement précoces chez le poulet de chair, particulièrement pendant les deux premiers jours de vie autrement dit cette période semble être cruciale pour le développement musculaire du poussin. L'attention particulière qui doit être portée à l'alimentation lors des tout premiers instants de vie des poussins est justifiée par les implications du développement initial des muscles sur la production de viande ultérieure dont elles sont encore mal connues. D'un point de vue métabolique et contractile dès la première semaine de vie la croissance du muscle continue, il continue à accumuler des noyaux et à se différencier (**Moss, 1968**).

Après l'éclosion, l'évolution rapide des activités digestives et des fibres musculaires pose le problème de la division des ressources alimentaires entre des fonctions essentielles pour la survie et la croissance des poussins (**Siegel et Dunnington, 1998**). Parmi ces fonctions la mise en place du système immunitaire peut-elle être affectée par une forte sélection sur la croissance musculaire ?

II-5- Développement du système immunitaire

Il existe chez les oiseaux des organes lymphoïdes primaires (thymus et bourse de Fabricius) et secondaires (diverticule de Meckel, rate, glande de Harder, amygdale caecale et plaques de Peyer) comme chez les mammifères.

Au cours de la vie embryonnaire, ces tissus sont développés et colonisés par les cellules lymphoïdes (**Romanoff, 1960**). Le système immunitaire est immature à l'éclosion (**Dibner et al., 1998**). Le poussin nouvellement éclos est incapable à répondre d'une manière efficace en

ce qui concerne la production des cellules immunitaires et d'anticorps, aux vaccins et aux agents pathogènes.

Durant la première semaine de vie, le système digestif évolue lentement contrairement au système immunitaire.

Chez les oiseaux l'évolution de la bourse de Fabricius occupe une place importante dans la réponse immunitaire (**Sayegh et al., 2000**). A l'éclosion, le poids de la bourse de Fabricius est 0.05 g toutefois à l'âge de 8 jours il atteint en moyenne 0.16 g (**Dibner et al., 1998**). Cette évolution persiste durant plusieurs semaines. La multiplication des lymphocytes B, cellules sécrétrices d'immunoglobulines, entraîne l'augmentation du poids de la bourse de Fabricius. Pourtant, la réponse humorale des poussins nouveau-nés est essentiellement de type passive. Elle concerne des immunoglobulines maternelles de classe G présentes dans le sac vitellin (**Leslie, 1975**) et la déposition d'immunoglobulines de classe M à la surface de la bourse de Fabricius en début de vie.

Les poussins âgés d'un jour sont incapables à synthétiser les immunoglobulines de classes G et A à travers l'analyse histochimique de coupes de bourses de Fabricius (**Whittow, 1999**). Chez les très jeunes poussins, l'ablation de la bourse de Fabricius mène à une réponse humorale défectueuse pendant le reste de la vie des animaux (**Perey et Bienenstock, 1973**), ce qui entraîne son implication dans le développement de la réponse immunitaire.

Notons toutefois que la réponse immunitaire est liée à la migration des immunoglobulines par voie sanguine vers les muqueuses (digestives et respiratoires) principales voies de pénétration des agents pathogènes, ce qui signifie que la réponse humorale ne dépend pas uniquement de leurs capacités de sécrétion.

Enfin, la mise en place du système immunitaire lié fortement à l'environnement du poussin durant la première semaine de vie. La stimulation des poussins par les antigènes favorise les processus de prolifération et de différenciation des divers clones de cellules immunitaires (**Whittow, 1999**). La sélection génétique basée sur la vitesse de croissance élevée affecte négativement le système immunitaire. Chez les poulets de chair la capacité à produire des anticorps s'est diminuée tout au long des générations successives, ils sont moins résistants aux agents pathogènes (**Qureshi et Havenstein, 1994**).

III- Aperçu sur la menthe et son utilisation chez le poulet de chair

III-1- Composition et valeur nutritionnelle de la menthe

La menthe, qui appartient à la grande famille des Lamiacées (également appelée Labiées), est une plante herbacée vivace rustique et aromatique très certainement parmi les plus connues, et elle se caractérise par sa bonne qualité d'huile et ses propriétés médicinales.

La plante de la menthe contient de nombreux ingrédients actifs tels que le menthol (40-50%) (Malik et al., 2012), la carvone (67.3%), le limonène (13.5%), le 1,8-cinéole (5.4%) , le linalol (2.8%), la menthone (2.9%) et l'isométhone (1.2%) (Younis et al., 2004) qui ont des effets positifs sur la santé et la productivité (Ghazaghi et al., 2014).

La valeur nutritionnelle de la plante de menthe représente par sa bonne teneur en minéraux tels que Fe, Cu, Mg, Na, K et les vitamines A et C (Nair, 2001 ; Cappello, 2007). Les feuilles de la menthe poivrée contiennent également de nombreuses vitamines importantes du complexe B comme les folates, la riboflavine et la pyridoxine, ainsi que les herbes sont considérés comme une excellente source de vitamine K (USDA, 2012).

Tableau 2. Composition chimique des menthes.

Espèce	Composés majoritaires	Quelques chémotypes décrits
<i>M. suaveolens</i>	86-92 % carvone	Carvone-Menthofurane
<i>M. longifolia</i>	62-85 % carvone, 1-12 % limonène, 1-10 % beta-pinène	Carvone-Menthofurane-Linalol
<i>M. × spicata</i>	68-84 % carvone, 7-13 % limonène	Carvone-Pulégone-Menthone, Pipéritone-Linalol
<i>M. aquatica</i>	1-67 % menthofurane, 0-32 % menthol, 1-13 % beta-pinène	Pulégone
<i>M. × piperita</i>	10-52 % menthol, 4-46 % menthone, 0-38 % pulégone	Menthol-Pulégone
<i>M. arvensis var piperascens</i> (Cornmint)	31-62 % menthol, 28-48 % menthone	Menthone-Menthol, Pulegone

Les composés majoritaires sont donnés en pourcentage de la teneur totale en composés aromatiques (étude du laboratoire BVPAM sur des plantes cultivées en serre). Les chémotypes ont été décrits par Lawrence (1980), quelques exemples sont donnés ici.

III-2- Utilisation de la menthe en alimentation du poulet de chair

La nécessité d'utiliser des additifs naturels pour réduire l'usage des antibiotiques en production avicole a fait l'objet de nombreuses études. Ainsi, l'utilisation d'additifs dans l'alimentation est une des voies pour améliorer la productivité des élevages de volailles. Parmi ceux-ci, les plantes médicinales dont l'intérêt est fréquemment souligné. En particulier, la Menthe qui contient de nombreux principes actifs (**Bakkali et al., 2008**) susceptibles d'avoir un effet positif sur les performances de croissances (**Al-Ankari et al., 2004 ; Ocak et al., 2008 ; Asadi et al., 2017 ; Abdel-Wareth et al., 2019**) et la santé des animaux : actions immunomodulatrices (**Orhan et al., 2016**) ; analgésiques (**Heshmati et al., 2016**) ; antivirales (**Schumacher et al., 2003**), antioxydantes (**Fatiha et al., 2015**) ; antibactériennes (**Singh et al., 2015**) ; antifongiques (**De Sousa Barros et al., 2015**).

III-3- Effets bénéfiques de la menthe pour les volailles

III-3-1- Effets sur les performances de croissances

Récemment, d'après l'étude de **Abdel-Wareth et al. (2019)** en comparaison avec le lot témoin les rations contenant des différentes concentrations de feuilles de menthe poivrée (5, 10 et 15 g / kg) ou de menthol (à des concentrations de 26, 52 et 78 mg / kg) ont montré une augmentation du poids corporel et du gain de poids au cours de la période totale d'élevage. Ces auteurs ont également rapporté que cette augmentation de poids s'accompagne d'une amélioration significative de l'indice de consommation. De plus, une amélioration significative du gain de poids des poulets durant les phases d'élevage (croissance et finition) a été remarquée par **Asadi et al. (2017)** après une incorporation de 3, 4.5 et 6 g / kg de poudre de menthe poivrée.

Aussi, selon l'étude d'**Al-Ankari et al. (2004)**, leurs résultats ont montré que l'addition d'un niveau de 150g/kg de la menthe à l'alimentation du poulet de chair entraîne une amélioration du poids corporel, le gain du poids et la prise alimentaire. Également **Ocak et al. (2008)** ont remarqué que la supplémentation en menthe poivrée de 7 à 35 jours d'âge a entraîné une augmentation du gain de poids des poulets par rapport aux groupes thym et témoin. En revanche, selon les mêmes auteurs il n'y a pas eu de différence significative dans la consommation d'aliments entre les traitements.

Dans le même sens, une autre étude réalisée par **Toghyani et al. (2010)** a montré qu'une supplémentation de 4 g/kg de menthe poivrée entraîne une amélioration significative du poids vif à l'âge de 28 jours et de l'indice de consommation à la période de 14 à 28 jours par rapport au groupe témoin, mais aucune différence significative n'a été observée à l'âge de 42 jours. **Al-Kassie (2010)** a également rapporté une amélioration des performances de croissance (poids vif et indice de consommation) après une addition de 0.5% de menthe poivrée à l'alimentation de poulets de chair comparativement à un niveau d'incorporation de (1.5%). Aussi, **Durrani et al. (2007)** ont rapporté une amélioration du poids vif et de l'indice de consommation après l'addition de 40 ml L⁻¹ d'infusion de menthe sauvage dans l'eau de boisson.

En revanche, dans certaines études, il a été rapporté qu'aucune amélioration de l'indice de consommation n'a été notée par **Ocak et al. (2008)** qui ont révélé cette réponse après l'incorporation de 0.2% de menthe poivrée à l'alimentation de poulet de chair. De plus, durant les cinq premières semaines d'âge l'ajout de la menthe verte n'affecte pas l'indice de consommation des poulets (**Amasaib et al., 2013**). Dans une expérience ultérieure, **Nanekarani et al. (2012)** n'ont signalé aucun effet améliorant sur le poids corporel des poulets recevant des eaux contenant des différentes concentrations d'extrait éthanolique (0.1, 0.2 et 0.3%) de menthe poivrée (*Mentha piperita*).

III-3-2- Effets sur la digestion et l'absorption des aliments

Généralement, les herbes, les épices et divers extraits de plantes ont des propriétés stimulant l'appétit et la digestion et des effets antimicrobiens (**Kamel, 2001**). Cependant, la supplémentation des régimes alimentaires de volaille avec des plantes aromatiques exerce un effet stimulant sur le système digestif des animaux en augmentant la production des enzymes digestives et en améliorant l'utilisation des produits digestifs à travers l'amélioration de la fonction hépatique (**Hernandez et al., 2004**). De même, **Spirling et Daniels (2001)** ont rapporté que la menthe possède un effet positif sur la digestion et peut fortement affecter la prise alimentaire.

Par ailleurs, l'huile de menthe a de nombreuses fonctions vitales. C'est un analgésique, antiseptique, un traitement pour une mauvaise digestion (**Miller, 1998**) et un vasodilatateur des vaisseaux sanguins (**Duke et al., 2002**). En effet, Les principes actifs des huiles essentielles agissent comme un améliorateur de digestibilité, équilibrant le système microbien intestinal et stimulant la sécrétion des enzymes digestives endogènes et améliorant ainsi les

performances de croissance des volailles (**Williams and Losa 2001 ; Cross et al., 2007**). De même, **Al-Kassie (2010)** a rapporté que les huiles essentielles de plantes entraînent une amélioration de la sécrétion des enzymes endogènes et une stimulation de l'appétit, de la digestibilité et de l'absorption des nutriments. Ainsi, le composé majoritaire de la menthe poivrée peut probablement améliorer la digestibilité du régime en tant que stimulant de la digestion, et donc augmenter le taux d'assimilation des éléments nutritifs à un stade précoce de la vie des oiseaux sans affecter la conversion alimentaire (**Abed Ali et Kathim, 2014**). Également leur teneur élevée en fibres entraîne une diminution de la vitesse de passage des aliments dans le tractus gastro-intestinal et une augmentation de la vitesse de digestion et d'absorption des aliments (**Naji et Kabro, 1999**).

D'autre part, **Mimica-Dukic et al. (2003)** ont rapporté que les propriétés pharmacologiques de la menthe sauvage ont entraîné une augmentation de la motilité intestinale, de la sécrétion totale de bile, du statut anti-oxydant hépatique et de la prise alimentaire.

III-3-3- Effets sur la santé et l'immunité des poulets

Plusieurs études suggèrent que la présence de nombreux principes actifs dans les plantes de menthe joue un rôle biologique important qui améliore l'immunité et réduit le risque de maladie. Cependant, **Durrani et al. (2008)** ont observé un effet bénéfique de l'addition de 1.5% de la menthe à l'alimentation du poulet de chair sur la réponse immunitaire contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse. Aussi, **Nanekarani et al. (2012)** ont rapporté que la menthe a eu un effet bénéfique pour la construction du système immunitaire et la lutte contre les infections secondaires.

En effet, l'action médicinale principale des feuilles et des fleurs de la menthe dépend de l'abondance de menthol qui est le principal composant phénolique ayant des activités antibactériennes (**Schuhmacher et al., 2003**). De même, la bonne teneur en méthane et en limonène apporte un bon soutien au système immunitaire du corps des oiseaux (**Rad et al., 2011**). En outre, la menthe poivrée contient des composés polyphénoliques possèdent de fortes propriétés antioxydantes (**Dorman et al., 2003**). Aussi, des composés flavonoïdes présentent des propriétés antioxydantes et antitumorales (**Knekt et al., 2002**).

D'autre part, une bonne teneur en minéraux tels que Fe, Cu, Mg, Na, K et les vitamines A et C de la menthe joue un rôle important dans la promotion de la santé générale du corps et augmente l'immunité cellulaire du corps (**Agarwal et al., 1999 ; NRC 1994 ; PDR 1998 ; British Pharmacopoeia 1993**).

Par ailleurs, les huiles essentielles de plantes *Mentha* ont des propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antioxydantes, anticancérogènes, insecticides et analgésiques (**Shaikh et al., 2014**). Cependant, l'ajout de différentes concentrations de l'huile de menthe à l'alimentation des poulets de chair a entraîné une amélioration significative du nombre de globules blancs et des cellules lymphocytaires (**Ali et al., 2009**).

IV- Aperçu sur la litière en élevage du poulet de chair

IV-1- Généralités sur la litière

La litière peut être définie comme un « lit de paille ou d'autres matières végétales, souple, isolant et absorbant, qu'on étend dans les bâtiments d'élevage pour servir de couche aux animaux » (**Larousse, 2009**).

Les matériaux pouvant être utilisés en élevage du poulet de chair sont nombreux et ne présentent pas tous les mêmes caractéristiques. Traditionnellement composée de copeaux de bois, de paille ou de sable, de nos jours les éleveurs disposent de plusieurs matériaux destinés à servir de litière, plus performants ou mieux adaptés à chaque espèce et à chaque utilisation, tout en respectant les exigences sanitaires, environnementales et économiques. En effet, le type de matériaux servant de support de litière en élevage avicole doit présenter les caractéristiques suivantes:

Isolant : il doit être un bon isolant thermique

Sèche : pour assurer le confort thermique des poulets ;

Saine : il ne doit pas être le support des agents pathogènes ni de poussières ;

Souple : afin d'assurer le confort physique des poulets durant toute la période de l'élevage;

Pas trop fermentescible : pour éviter les émissions d'ammoniac;

Absorbant : pour assurer l'absorption de l'humidité des fientes;

Épaisse: parce que il est difficile de maintenir une litière correcte si son épaisseur est insuffisante au début.

Par contre, une mauvaise litière sera :

Humide : ce qui favorise les émissions d'ammoniac et la dégradation du confort des animaux (déplacement difficile, perte de chaleur importante par conduction, apparition des dermatites de contact).

Grasse: cet état de la litière peut provenir de l'excrétion des quantités importantes de quelques protéines plasmatiques (collagène, fibrinogène) en cas d'entérites sévères et de l'excrétion de matières grasses non digérées.

Croûtée: les pertes d'eau sous les abreuvoirs notamment entraînent l'apparition du phénomène de croûtage. Un stress thermique froid peut également provoquer des diarrhées responsables de la formation d'une croûte.

Poussièreuse: les particules de poussières en suspension favorisent la dissémination de différents microorganismes pathogènes notamment à tropisme respiratoire (**ITAVI, 1997a, 2009**).

IV-2- Rôles de la litière

L'importance de la litière en élevage avicole est telle qu'il est indispensable de la mettre en place dans le bâtiment d'élevage avant la mise en place des poussins. Cette position qu'occupe la litière dans le cycle d'élevage, se justifie par les différents rôles qu'elle joue afin d'assurer le bien être des poulets et d'optimiser les performances de croissance.

IV-1-1- Isolation thermique

La litière isole thermiquement les poulets du sol, en minimisant les pertes de chaleur par conduction essentiellement à partir des pattes et éventuellement du bréchet, tant que celui-ci n'est pas garni de plumes ou lorsque ces dernières sont humides ou en mauvais état. Le contact direct des oiseaux (par les pattes et le bréchet) avec la litière humide peut entraîner une grande perte de chaleur, provoquant ainsi un refroidissement important au niveau des pattes et du bréchet.

La qualité de la litière peut donc changer la température critique inférieure des poulets (température à partir de laquelle l'animal doit augmenter sa thermogénèse pour compenser une augmentation de la thermolyse sensible (**Gayrard, 2009**), en l'augmentant parfois de plusieurs degrés (jusqu'à 5 ou 6°C) (**ITAVI, 1997a**).

IV-1-2- Confort et bien-être des animaux

La litière contribue au confort des animaux et limite l'apparition de dermatites de contact (pododermatites, brûlures des tarses et ampoules du bréchet). Cependant, la qualité de la litière apparaît comme le facteur le plus important dans la prévalence de ces lésions. Ainsi, la sévérité des dermatites est d'autant plus grande que la litière est humide (**McIlroy et al., 1987**). De plus, ces lésions peuvent apparaître lorsque les animaux restent au contact d'un sol trop dur, croûté et trop froid (**ITAVI, 1997 a et 2009**).

Pour étudier le lien entre le retrait de la litière et le stress des animaux **Vestergaard et al. (1997, dans Olsson et Keeling, 2005)** ont mesuré le taux de cortisol des poules placées dans diverses conditions potentiellement stressantes. Les oiseaux ont été répartis en deux lots élevés soit en présence de sable soit en l'absence de litière. A partir de l'âge de 32 à 34 mois, ceux élevés sur grillage ont été passés sur litière de sable et inversement. Les taux de cortisol étaient identiques entre les groupes durant la première phase d'élevage (avant le changement), et l'augmentation du taux de cortisol était plus importante pour les poulets élevés initialement sur litière.

D'autre part, **Huber-Eicher et Sebö (2001)** ont rapporté que l'accès à la litière durant les deux premières semaines de vie a permis de diminuer significativement le picage des plumes chez les très jeunes oiseaux.

IV-1-3- Absorption d'humidité

La litière joue un rôle important d'absorption des déjections et de l'humidité. Cependant, les caractéristiques physiques du matériau utilisé, comme sa capacité d'absorption en eau peut être impliquée dans le maintien de l'état de la litière en cours d'élevage. De plus, elle doit être épaisse (minimum 5 cm), tassée et régulière.

Par temps doux et humide, lorsque la ventilation dans le bâtiment d'élevage est insuffisante et que l'air ambiant ne peut plus absorber d'humidité, la litière joue un rôle « d'absorbeur d'humidité », qu'elle restitue d'ailleurs par la suite (**ITAVI, 1997a**).

Pour évaluer l'humidité de la litière **Jacquet (2007)** a proposé un test qui consiste à saisir une poignée de litière et à la comprimer. Si la litière tombe en morceaux quand on ouvre la main, cela va indiquer que sa teneur en humidité est d'environ 20 à 25 %. En revanche la litière restera en masse compacte quand on ouvre la main, si elle est trop humide.

IV-3- Facteurs de dégradation de la litière

L'état de la litière dépend de plusieurs facteurs que l'aviculteur doit maîtriser. Par contre, l'effet saison est plus difficile à contrôler.

IV-3-1- Condition d'ambiance

Une mauvaise gestion des conditions d'ambiance entraîne une augmentation de l'humidité de la litière avec des conséquences sur le confort des animaux et de la production d'ammoniac.

IV-3-1-1- Ventilation

L'objectif de la ventilation est d'assurer le renouvellement de l'air, et donc l'élimination de l'humidité ambiante, permettant ainsi à la litière de rester sèche (inférieur de 20 % d'humidité). Cependant, les mouvements d'air sont susceptibles d'avoir un impact sur le confort des animaux en influençant sur les échanges thermiques entre le sol, l'air et l'animal et peuvent entraîner des diarrhées chez les jeunes animaux.

Tout ce qui va affecter l'évacuation de l'eau contribuera à l'augmentation de l'humidité de la litière et à sa dégradation, avec toutes les conséquences négatives aussi bien sur l'ambiance que sur les animaux (**ITAVI, 1997a**). La ventilation permet aussi de contrôler le taux d'ammoniac dans le bâtiment, qui doit idéalement rester moins de 15 à 20 ppm même si, pour cela, lorsque les températures extérieures sont très basses, il faut chauffer le bâtiment (**Jacquet, 2007**).

IV-3-1-2- Température

Une ambiance froide peut dégrader la qualité des litières. Tant que les températures des murs, comme de la toiture du bâtiment, ainsi que celle de la litière, sont plus faibles que la température des oiseaux, ces derniers perdent de la chaleur par rayonnement. Par ailleurs, les sources de chauffage et les parois latérales froides entraînent des circuits de convection difficilement supportés par les jeunes oiseaux. Les effets d'une température ambiante insuffisante sont les suivants :

- Apparition de fientes semi-liquides et brillantes,
- Apparition des croûtes de litière le long des murs latéraux,
- Mauvaise répartition des poulets, avec risque de dégradation locale de la litière,

- Dégradation de la propreté du plumage des animaux (à cause des diarrhées).

L'augmentation de la température ambiante permet de garder les litières plus sèches, car la capacité d'absorption de l'air est alors plus élevée (**ITAVI, 1997a**).

La température influence également l'activité des micro-organismes. En effet, l'activité microbienne aérobie s'accroît lorsque la température de la couche supérieure de la litière atteint 20- 22°C. À partir de 35°C, un effet stérilisant apparaît et la production d'ammoniac diminue. Une augmentation de la température augmente non seulement la production d'ammoniac et l'activité bactérienne, mais aussi les échanges de gaz provenant de l'air en contact avec la litière. Une faible élévation de la température de 1 à 2°C aura pour effet d'accroître le niveau d'ammoniac dans les bâtiments d'élevage (**ITAVI, 1997b**).

IV-3-1- 3- Hygrométrie

Il est recommandé de maintenir l'hygrométrie relative de l'air ambiant entre 55 et 70 %, car :

- Si elle est inférieure à 55 %, il peut y avoir des problèmes liés à la présence de poussière,
- Si elle est supérieure à 70 %, il y a risque de forte humidification de la litière (**ITAVI, 1997a**).

Une humidification excessive de la litière par saturation de l'air en vapeur d'eau entraîne un ralentissement des processus de fermentations. Le taux d'humidité d'une litière à forte production d'ammoniac situé entre 20 et 40 % d'hygrométrie relative (**ITAVI, 1997b**).

IV-3-2- Sol

Le suivi de l'évolution d'une litière sur deux types de sols montre que le sol en terre battue présente un taux de matière sèche plus élevé (de 5 à 8 points) que celui d'un sol bétonné. Les problèmes associés à un sol imperméable sont les suivants :

- Augmentation de l'humidité des litières par un phénomène de condensation au niveau du sol,
- Augmentation de la production d'ammoniac,
- Problèmes de santé chez les animaux (**ITAVI, 1997a**).

IV-3-3- Espèce animale et âge

Le comportement des animaux favorise parfois la production d'ammoniac. Un animal ayant une forte activité comme la pintade favorise l'aération de la litière et l'augmentation de l'activité enzymatique aérobie. L'effet âge de l'animal influence indirectement selon les quantités de déjections excrétées dans la litière et les conditions d'ambiance (température, hygrométrie) qui vont se modifier pendant d'élevage (ITAVI, 2001).

IV-3-4- Caractéristiques de la litière

IV-3-4-1- Nature

L'élevage de dinde sur une litière à base de paille hachée entraîne un tassement de celle-ci sous le poids des animaux, avec pour conséquences une faible absorption et une dégradation plus rapide (ITAVI, 1997a).

La production d'ammoniac provenant d'une nouvelle bande sur une nouvelle litière sera lente, mais après environ 20 jours, le pH augmente, favorise le développement d'une des principales bactéries uricolytiques (*Bacillus pasteurii*) et donc la production d'ammoniac (ITAVI, 2001).

IV-3-4-2- Épaisseur

Les litières de faible épaisseur (inférieur de 10 cm) seront assez vite saturées en humidité. En effet, en cas de températures élevées, une litière peu épaisse, voire humide, est susceptible favoriser la thermorégulation des oiseaux. En revanche, une telle litière aura des inconvénients majeurs. Par temps humide et doux, il est recommandé d'avoir une litière épaisse pour augmenter sa capacité d'absorption d'eau (ITAVI, 1997a).

IV-3-4-3-Humidité

La litière trop sèche (inférieur de 15 % d'humidité), peut favoriser l'excès de poussières en suspension, induire des mauvaises conditions d'élevage pour les animaux, et des problèmes de respiratoires pour les travailleurs à la ferme. En effet, la poussière est le support de bactéries, moisissures et endotoxines probablement nocives pour les humains. Elle peut également provoquer des problèmes de santé, particulièrement chez les personnes asthmatiques.

Par contre, la litière trop humide (au-delà de 40 % d'humidité) favorise le développement des conditions d'anaérobiose favorables à l'émission d'odeurs désagréables (**Maurer et al., 2009**). A cet effet, les éleveurs doivent garder la litière à un taux d'humidité moyen, environ 25 à 30 % (**Maurer et al., 2009**) en remplaçant les litières humide ou en ajoutant en surface du matériau sec durant l'élevage de la bande.

IV-3-4-4- Valeur de pH

Les fermentations ne peuvent se produire avec un maximum d'intensité qu'à une valeur de pH faiblement basique (entre 7.8 et 8.8) et en présence d'une quantité assez importante de déjections dans ou sur la litière (**ITAVI, 1997b**).

IV-3-5- Densité des animaux

Des densités élevées dans les bâtiments d'élevage rendent plus difficiles l'entretien et la bonne conservation de la litière. Les risques se situent au-delà de 21 poulets/m² (**ITAVI, 1997a**). Une densité élevée entraîne une augmentation de la production d'ammoniac en privilégiant l'activité des micro-organismes uricolithiques. Hygrométrie et température de la litière sont en effet plus élevées comme la quantité de fientes produites (**ITAVI, 1997b, 2001**).

IV-3-6- Aménagement et équipement du bâtiment d'élevage

Un bon réglage des abreuvoirs permet d'éviter le gaspillage d'eau. Dans tous les cas où c'est possible, il est recommandé d'utiliser des pipettes avec récupérateurs d'eau. D'autre part, il est indispensable que les abreuvoirs soient toujours ajustés à une bonne hauteur, en adéquation avec l'âge des animaux. Ces dispositifs permettent de maintenir plus sèche la surface de la litière et empêchent la formation de croûtes (**ITAVI, 1997a ; Jacquet, 2007**).

Le poulailler doit être aménagé pour prévenir les entrées d'eau par les soubassements ou par le sol :

- Drainage du sol du bâtiment si nécessaire,
- Soubassements étanches,
- Isolation adéquate des murs et des sols pour éviter la condensation,
- évacuation des eaux de pluie (gouttière ou caniveau).

L'éclairage naturel favorise l'obtention de litières plus sèches que l'éclairage artificiel associé à une faible activité des animaux (ITAVI, 1997a ; Jacquet, 2007).

En générale, les dispositifs permettant un séchage rapide des fientes limitent les émissions d'ammoniac. Ceci est notamment vrai dans le cas des poules pondeuses élevées en cages (ITAVI, 2001).

IV-3-7- Problèmes pathologiques

Plusieurs maladies infectieuses et non infectieuses peuvent accroître la sévérité des brûlures, des pododermatites et des ampoules de bréchet ; toute maladie ou malformation squelettique qui diminue la mobilité du poulet peut affecter son bien-être par l'augmentation de la durée et de la surface de contact avec la litière (Jacquet, 2007). La détérioration des litières peut être associée aux troubles digestifs (diarrhées) dont les responsables peuvent être des agents infectieux de plusieurs origines:

- le sol du bâtiment,
- les germes portés par la litière elle-même,
- les germes portés par les poussins,
- l'eau de boisson contaminée,
- la mauvaise désinfection du bâtiment,
- l'aliment,
- l'homme,
- d'autres vecteurs (rongeurs, insectes, ...).

L'infection microbienne ou virale, peut entraîner l'atteinte de la paroi intestinale avec pour conséquence des dérèglements digestifs qui se traduisent essentiellement par des entérites. Cette pathologie s'exprime généralement par une sécrétion excessive d'eau et d'électrolytes et par une nécrose de la muqueuse intestinale, par conséquent une excrétion de fractions alimentaires non digérées dans la litière. Ces diarrhées profuses contribuent à l'augmentation de l'humidité des litières et provoquent l'augmentation des émissions d'ammoniac (ITAVI, 1997a, b).

IV-3-8- Alimentation

Certaines matières premières de l'aliment tant en qualité qu'en quantité peuvent induire des modifications physiologiques des animaux et par conséquent contribuent à l'humidification excessive des litières. Ces facteurs nutritionnels agissent de la manière suivante (**ITAVI, 1997a**):

- en augmentant la consommation en eau des animaux d'où des excréta plus liquides,
- en augmentant les rejets azotés,
- en augmentant la teneur en eau des fientes,
- en diminuant la digestibilité des graisses alimentaires (apparition de litières grasses).

IV-3-8-1- Taux protéique de l'aliment

Un apport en excès de protéines dans les aliments, oblige l'oiseau les cataboliser par le rein et les excréter sous forme d'acide urique et ceci pourrait conduire à une surconsommation d'eau.

D'après **Larbier et Leclercq (1992)**, l'augmentation d'un point du pourcentage de protéines brutes de l'aliment fait augmenter, en moyenne de 3% la consommation d'eau. En nourrissant des oiseaux avec des régimes où le maïs a été remplacé par du tourteau de soja et le niveau de protéines brutes (PB) avait augmenté de 17 à 26%, **Marks et Pesti (1984)** ont observé une augmentation de la consommation d'eau et des ratios consommation d'eau /consommation d'aliment.

Par ailleurs, **Ferguson et al. (1998)** ont précisé qu'il était possible de diminuer de 6% l'humidité de la litière, de 16.5% l'excrétion d'azote et de 31% les émanations d'ammoniac en réduisant le taux de protéines de 21.5 à 19.6% et le taux de lysine de 1.15 à 1.13%, pendant la période de 22 à 43 jours. Il faut également souligner que cette amélioration de la qualité de la litière s'était accompagnée de légères réductions de performances (augmentation de la prise d'aliment et légère augmentation de l'indice de consommation) et qu'une réduction du taux des protéines plus grande (de 19.5% à 16.5%) n'a produit aucun effet sur qualité de la litière mais une forte réduction des performances.

IV-3-8-2- Bilan électrolytique

Etudiant l'influence du bilan électrolytique (BE) sur la prise de l'eau et l'humidité de la litière dans des conditions d'élevages chauds et humides, **Borges et al. (2003)** ont prédit un BE idéal de 236 mEq/Kg pour le gain de poids et de 207 mEq/Kg pour l'indice de consommation entre 0 et 42 jours. Dans cet essai, la consommation d'eau et l'humidité de la litière augmentaient linéairement avec l'augmentation du BE. Avec un BE de 360 mEq/Kg, comparé au control (145 mEq/Kg de 0-21 jours et 130 mEq/Kg de 21-42 jours), l'humidité de la litière à 28 jours a augmenté de 31.7% à 51.4%, rendant l'élevage très difficile.

Mis à part l'effet du BE sur la consommation d'eau et l'humidité des excréta, il faut tenir compte des effets propres à chaque ion. L'excès de Na^+ et de K^+ favorise l'augmentation de la consommation d'eau et d'humidité de la litière, tandis que l'augmentation du Cl^- semble ne pas affecter l'humidité des excréta (**Oviedo-Rondon et al., 2001**), ou bien affecter de manière quadratique (**Murakami et al., 2003**).

L'effet du niveau de sodium sur la consommation d'eau et l'humidité des excréta est bien documenté et tous les auteurs s'accordent pour affirmer qu'un excès de sodium dans des régimes augmente l'humidité des excréta. Dans la plupart des résultats rapportés dans la littérature, l'humidité des excréta augmente linéairement avec l'augmentation du niveau de sodium au-delà des besoins purement physiologiques des poulets de chair (**Murakami et al., 2001 ; Oviedo-Rondon et al., 2001**).

L'augmentation du niveau de potassium a été également associée, comme le sodium, à une augmentation de la consommation d'eau et de l'humidité des excréta. D'après **Smith et al. (2000)**, l'humidité des excréta augmente de 1.2% pour chaque augmentation de 0.1% du niveau potassium, dans un intervalle de 0.23% à 2.0%. Cette augmentation était semblable à celle observée pour le sodium qui était de 0.9%.

IV-3-8-3- Ionophores

Les ionophores agissent en masquant la charge de l'ion et permettent ainsi son transport à travers la bicouche phospholipidique des membranes cellulaires. Ils ont une sélectivité élevée pour les cations ce qui rend les membranes très perméables aux ions Na^+ et K^+ . En conséquence de son action, un excès d'eau entre dans la cellule, affectant l'activité des mitochondries.

En ce qui concerne la consommation d'eau et les problèmes de litière, certains auteurs ont pu montrer un effet du lasalocide sur ces paramètres. **Wheelhouse et al. (1985)** rapportent une augmentation significative de consommation de l'eau avec l'utilisation du lasalocide comparé à l'utilisation du monensin, mais pas avec les groupes témoin non traité ou avec la salinomycine. Ces différences n'ont été significatives que pour les femelles jusqu'à 7 semaines, les mâles n'étant pas affectés. Dans une autre étude de 42 jours, le lasalocide à 100 et 124 mg/Kg a également augmenté la consommation d'eau de 9% et l'humidité de la litière de 6%, en comparaison avec l'halofuginone, la salinomycine, le monensin et le témoin non-traité (**Ouart et al., 1995**).

En ce qui concerne le monensin, il semble que celui-ci puisse avoir un effet contraire, réduisant la consommation d'eau en comparaison avec le groupe non-traité (**Frigg et Broz, 1983 ; Flett et Saylor, 1983**).

Concernant la maduramicine, il semble que celle-ci puisse également augmenter la consommation d'eau. **Radu et Van Dijk (1987)** ont constaté que les poulets ayant reçu de la maduramicine ont consommé 5.7% plus d'eau que les oiseaux du groupe témoin non traité, et que ces derniers consommaient 6% de plus que le groupe avec de la salinomycine.

En utilisant des régimes à base de blé, **Karunajeewa et Barr (1990)** ont également observé des litières plus humides avec de la maduramicine comparativement à la salinomycine (48.5% vs 38.7%) chez le poulet.

IV-3-8-4- Céréales à viscosité élevée

L'utilisation de céréales riches en polysaccharides non-amylacés solubles (PNAs), comme le seigle l'orge, le triticale et certains types de blés est fréquemment associée à des problèmes de litières liées, eux-mêmes, à une augmentation de la quantité des excréta et aux propriétés visqueuses ou aqueuses.

En comparant le sorgho, l'orge, le blé et le triticale chez la poule pondeuse, **Roberts et al. (1998)** ont observé que le régime à base d'orge produisait les fientes les plus humides (77.5% vs 74.5% en moyenne). L'augmentation de la consommation d'eau et de l'humidité des fientes des volailles nourries avec de l'orge, du seigle, du blé ou du triticale pourrait être la conséquence directe de l'effet des PNAs sur la viscosité des digesta.

Des corrélations positives entre les paramètres liés à la viscosité et le ratio entre l'humidité des excréta et l'aliment ingéré chez le poulet nourri avec des différentes variétés de blé ont également été observés (**Carré et al., 2002**). Il semble que l'augmentation de la viscosité de l'aliment diminuerait l'absorption d'eau au niveau intestinal, entraînant une augmentation des pertes d'eau avec les excréta.

IV-3-8-5- Sous-produits céréaliers et industriels

Les sous-produits des céréales sont des matières premières riches en fibres qui peuvent conduire à des problèmes de fientes humides. En effet, l'humidité du contenu intestinal des poulets nourris avec des régimes contenant 40% de son de riz est plus élevée (84.6% vs 81.7%) que celle du témoin à base de sorgho (**Martin et Farrell, 1998**).

L'augmentation de l'incorporation de son de riz de 20 à 40% a entraîné, à la fois, une augmentation de l'humidité et une diminution de la viscosité du contenu intestinal et aucun effet avantageux de l'utilisation des enzymes n'a été observé (**Farrell et Martin, 1998**).

Le tourteau de palmiste, les drèches de brasserie ou les drèches de maïs sont également des sous-produits qui peuvent aussi augmenter la quantité des excréta et leur contenu en eau (**Onifade et Babatunde, 1998**). Pour ces trois sous-produits, le poids frais et sec des excréta a été de 10 à 20% supérieur au témoin sans inclusion de sous-produits.

IV-3-8-6- Protéagineux

En conséquence de la suspension d'autorisation de l'utilisation des farines animales dans l'alimentation des volailles, le niveau d'incorporation des tourteaux de soja dans les régimes a augmenté, surtout dans le cas des régimes pour dindons qui demandent une très forte concentration en protéines.

Les tourteaux de soja contiennent approximativement 40% de glucides, pour la plupart des PNA en provenance des parois cellulaires, à très faible digestibilité. Le contenu en PNA est d'environ 22% et les tourteaux de soja contiennent également une quantité importante (environ 14%) de sucres de faible poids moléculaire dont 44% sont des α -galacto oligosaccharides (**Knudsen, 1997**). Ces oligosaccharides ne sont pas complètement digérés et leur présence dans les excréta leur confèrent des propriétés hygroscopiques, rendant les litières plus humides (**Bedford, 1996**).

L'utilisation de lupins doux peut aussi entraîner des problèmes de fientes humides, aussi bien chez le poulet de chair que chez la poule pondeuse (Farrell et al., 1999).

References:

- Abdel-Wareth Ahmed A.A., Kehraus S., Sudekum K.H., 2019. Peppermint and its respective active component in diets of broiler chickens: growth performance, viability, economics, meat physicochemical properties, and carcass characteristics. *Poult. Sci.* 98:3850–3859.
- Abed Ali R., Kathim F.O., 2014. Effect of mint and fenugreek and mixture on production and immunity of broilers. *Journal of Kerbala University.* 12 (2): 139-147.
- Abiola S.S., Meshioye O.O., Oyerinde B.O., Bamgbose M.A. 2008. Effect of egg size on hatchability of broiler chicks. *Arch. de Zootec.* 57: 83-86.
- Agarwal R., Diwanayb S., Patkic P., Patwardhan B., 1999. Studies on immunomodulatory activity of *Withania somnifera* (Ashwagandha) extracts in experimental immune inflammation. *J. Ethno. Pharma.* 67(1): 1-6.
- Al-Ankari A.S., Zaki M.M., Al-Sultan S.I., 2004. Use of Habek Mint (*Mentha longifolia*) in Broiler Chicken Diets. *Int. J. Poult. Sci.* 3(10): 629-634.
- Ali N.A.L., AL-Sherify S.M., Alshojiry A.K., Jameel Y., 2009. Effect of Adding Different Concentrations of the Mint oil *Mentha spicata L.* to the Ration on Some Blood Traits of Broiler Chicks Ross 308. *J. Glob. Pharma Technol.* 10(01):60-64.
- Al-Kassie G.A., 2010. The role of peppermint (*Mentha piperita*) on performance in broiler diets. *Agric. Biol. J. N. Am.*1(5): 1009-1013.
- Alloui N., 2011. Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie (fme Journées de la Recherche Avicole, Tours (France), 29 & 30 mars 2011, pp: 54-58.
- Almeida J.G., Vieira S.L., Gallo B.B., Conde O.R.A., Olmos A.R., 2006. Period of incubation and posthatching holding time influence on broiler performance. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 8: 153 - 158.
- Almeida J.G., Vieira S.L., Reis R.N., Berres J., Barros R., Ferreira A.K., Furtado F.V.F., 2008. Hatching distribution and embryo mortality of eggs laid by broiler breeders of different ages. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 10: 89-96.
- Amasaib E.O., Elrahman B.H.A., Abdelhameed A.A., Elmnan B.A. and Mahala A.G., 2013. Effect of dietary levels of spearmint (*Mentha spicata*) on broiler chick's performance. *J. Anim Feed. Res.* 3(4): 193-196.

- Applegate T., Lilburn M.S., 1996. Characteristics of changes in yolk sac and liver lipids during embryonic and early posthatch development of turkey poults. *Poult. Sci.* 75: 478-483.
- Arjona A.A., Denbow D.M., Weaver JR W.D., 1990. Neonatally-induced thermotolerance: Physiological responses. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 95: 393-399.
- Asadi N., Seyed D.H., Mohammad-Taghi T., Nargess A., Amir M., Rafieian-Kopaei M., Bahmani M. 2017. Performance of Broilers Supplemented With Peppermint (*Mentha piperita L*) Powder. *J Evid Based Complementary Altern Med.* 22(4): 703-706.
- Bakkali F., Averbeck S., D. Averbeck D., Idaomar M., 2008. Biological effects of essential oils. A review. *Food Chem Toxicol.* 46: 446-75.
- Barbosa V.M., Cançado S.V., Baiao N.C., Lana A.M.Q., Lara L.J.C., Souza M.R., 2008. Effects of relative air humidity in the hatchery and breeder hen age on the incubation yield. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 60: 741-748.
- Barri A., Honaker C.F., Sottosanti J.R., Hulet R.M., Mcelroy A.P., 2011. Effect of incubation temperature on nutrient transporters and small intestine morphology of broiler chickens. *Poult. Sci.* 90: 118-125.
- Bedford M.R., Morgan A. J., 1996. The use of enzymes in poultry diets. *World's Poult. Sci. J.* 52 (1): 61-68.
- Bergoug H., Burel C., Guinebretiere M., Tong Q., Roulston N., Romanini C.E.B., Exadaktylos V., McGonnell I.M., Demmers T.G.M., Verhelst R., Bahr C., Berckmans D., Eterra-dossi N., 2013a. Effect of pre-incubation and incubation conditions on hatchability, hatch time and hatch window, and effect of post-hatch handling on chick quality at placement. *World's Poult. Sci.J.* 69:313–334.
- Bigot K., Mignon-Grasteau S., Picard M., Tesseraud S., 2003. Effects of delayed feed intake on body, intestine, and muscle development in neonate broilers. *Poult. Sci.* 82: 781-788.
- Bigot K., Tesseraud S., Taouis M., Picard M., 2001. Alimentation néonatale et développement précoce du poulet de chair. *INRA Prod. Anim.* 14: 219-230.
- Boa-Amponsem K., Price S., Dunnington E., Siegel P., 2001. Effect of route of inoculation on humoral immune response of White Leghorn chickens selected for high or low antibody response to sheep red blood cells. *Poult. Sci.* 80: 1073-1078.
- Boerjan M., 2001. CO2 controlled setting and hatching: benefits and drawbacks. *World Poult.* 17 (2): 19-20.

- Borges S.A., Fischer da Silva A.V., Ariki J., Hooge D.M., Cummings K.R., 2003. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperature and humidity. *Poult. Sci.* 82: 301-308.
- Brake J., Walsh T., Benton Jr., C., Petite J., Meijerhof R., Penalva G., 1997. Egg handling and storage. *Poult. Sci.* 76: 144-151.
- Brian H., 2000. Incubation, the physical requirements. *International Hatchery Practice* 14: 25.
- British Pharmacopoeia., 1993. Spearmint oil, Oxytocin, Vol.1, Her Majesty's Stationery Office, London, UK. (475 – 478,626).
- Broom D.M., 1990. Effects of handling and transport on laying hens. *World's Poult. Sci.J.* 46: 48-50.
- Bruzual J., Peak S., Brake J., Peebles E., 2000. Effects of relative humidity during the last five days of incubation and brooding temperature on performance of broiler chicks from young broiler breeders. *Poult. Sci.* 79: 1385-1391.
- Burke W.H., 1992. Sex differences in incubation length and hatching weights of broiler chicks. *Poult. Sci.* 71: 1933-1938.
- Burton F.G., Tullett S.G., 1985. The effects of egg weight and shell porosity on the growth and water balance of the chicken embryo. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 81: 377- 385.
- Butcher G.D., Nilipour A.H., 2009. Management of hatching eggs and broiler performance. In: Institute of Food and Agricultural Sciences Extension, <http://edis.ifas.ufl.edu/vm095>.
- Cantor A.H., Scott M.L., 1974. The effect of selenium in the hen's diet on egg production, hatchability, performance of progeny and selenium concentration in eggs. *Poult. Sci.* 53: 1870-1880.
- Cappello G., 2007. Peppermint oil in the treatment of irritable bowel syndrome: A prospective double blind placebo-controlled randomized trial. *Dig Liver Dis.* 39 (6): 530-6.
- Careghi C., Tona K., Onagbesan O., Buyse J., Decuyper E., Bruggeman V., 2005. The effects of the spread of hatch and interaction with delayed feed access after hatch on broiler performance until seven days of age. *Poult. Sci.* 84: 1314-1320.
- Carré B., Idi A., Maisonnier S., Melcion J.-P., Oury F.-X., Gomez J., Pluchard P., 2002. Relationships between digesta of food components and characteristics of wheats (*Triticum aestivum*) introduced as the only cereal source in a broiler chicken diet. *Br. Poult. Sci.* 43: 404-415.
- Chamblee T.N., Brake J.D., Schultz C.D., Thaxton J.P., 1992. Yolk sac absorption and initiation of growth in broiler. *Poult. Sci.* 71: 1811-1816.

- Chloupek P., Voslářová E., Chloupek J., Bedáňová I., Pištěková V., Večerek V., 2009. Stress in broiler chickens due to acute noise exposure. *Acta Veterinaria Brno*. 78: 93-98.
- Chou C.C., Jiang D.D., Hung Y.P., 2004. Risk factors for cumulative mortality in broiler chicken flocks in the first week of life in Taiwan. *Br. Poult. Sci.* 45: 573 - 577.
- Council Of The European Union (2005) Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97. *Official Journal of the European Union*. Brussels, Belgium L3/ 1-44.
- Crespo R., Shivaprasad H.L., 2003. Developmental, metabolic, and other noninfectious disorders, in: SAIF, Y.M. (Ed) *Diseases of poultry*, pp. 1055-1102 (Ames, Iowa State Press).
- Cross D.E., McDevitt R.M., Hillman K., Acamovic T., 2007. The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *Brit. Poult. Sci.* 48: 496–506.
- Crowther C., Davies R., Glass W., 2003. The effect of night transportation on the heart rate and skin temperature of ostriches during real transportation. *Meat Sci.* 64: 365-370.
- Dawson W.R., 1982. Evaporative losses of water by birds. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 71: 495-509.
- De Smit L., Bruggeman V., Tona J.K., Debonne M., Onagbesan O., Arckens L., De Baerdemaeker J., Decuypere E., 2006. Embryonic developmental plasticity of the chick: Increased CO₂ during early stages of incubation changes the developmental trajectories during prenatal and postnatal growth. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 145(2):166-75. [doi: 10.1016/j.cbpa.2006.06.046](https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.06.046). Epub 2006 Jul 26.
- De Sousa Barros A.I., Maia de Moraes S., Travassos Ferreira P.A., Pinto Vieira I.G, Aragao Craveiro A., Oliveira dos Santos R., Fontenelle J., Silva Alencar de Menezes E., Ferreira da Silva F.W., Araujo de Sousa H., 2015. Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. *IND CROP PROD.* 76: 557-64.
- Deeming D.C., 2005. Yolk sac, body dimensions and hatchling quality of ducklings, chicks and poults. *Br. Poult. Sci.* 46: 560-564.
- Delezie E., Swennen Q., Buyse J., Decuypere E., 2007. The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight. *Poult. Sci.* 86: 1414-1423.
- Dibner J.J., 1997. Early development of the digestive tract and the nutritional implications. *Poult. Digest*, August, 16-19.

- Dibner J.J., Kitchell M.L., Atwell C.A., Ivey F.J., 1996. The effect of dietary ingredients and age on the microscopic structure of the gastrointestinal tract in poultry. *J. Appl. Poultry Res*, 5: 70-77.
- Dibner J.J., Knight C.D., Kitchwell M.L., Atwell C.A., Downs A.C., Ivey F.J., 1998b. Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry. *J. Appl. Poultry Res*, 7: 425-436.
- Dorman H.J.D., Kosar M., Kahlos K., Holm Y., Hiltunen R., 2003. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties, and cultivars. *J Agric Food Chem*. 51: 4563-4569.
- Duclos M., Chevalier B., Remignon H., Ricard F.H., Goddard C., Simon J., 1996. Divergent selection for high or low growth rate modifies the response of muscle cells to serum or insulin-like growth factor-I in vitro. *Growth Regulation*. 6: 176-184.
- Duclos M., Remignon H., 1996. Développement musculaire des poulets issus de lignées à croissance rapide et lente. *INRA Prod. Anim*, 9: 224-226.
- Duke J.A., Bogenschultz-Godwin., MJ du Cellier., J Duke., P AK., 2002. *Handbook of Medicinal Herbs*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL. :562–564.
- Durrani F., Abiddullah R., Chand N., Durrani Z., Akhtar S., 2008. Hematological, Biochemical, Immunomodulatory and growth promoting effect of feed added wild mint (*Mentha longifolia*) in broiler chicks. *Sarhad J. Agric*. 24(4): 260-264.
- Durrani F.R., Sultan A., Marri M.L., Chand N., Durrani Z., 2007. Effect of wild mint (*Mentha longifolia*) infusion on the overall performance of broiler chicks. *Pak. J. Biol. Sci*. 10 (7):1130-1133.
- Efsa Panel on Animal Health And Welfare (AHAW)., 2011. Scientific Opinion concerning the welfare of animals during transport. *EFSA Journal* 9: 125.
- Elibol O., Brake J., 2008b. Effect of egg weight and position relative to incubator fan on broiler hatchability and chick quality. *Poult. Sci*. 87: 1913-1918.
- Elibol O., Hodgetts B., Brake J., 2002a., The effect of storage and pre-warming periods on hatch time and hatchability. *Poult. avian biol. rev*. 13: 243-244.
- Elibol O., Peak S., Brake J., 2002b. Effect of flock age, length of egg storage, and frequency of turning during storage on hatchability of broiler hatching eggs. *Poult. Sci*. 81: 945-950.
- Everaert N., Kamers B., Witters A., De Smit L., Debonne M., Decuypere E., Bruggeman V., 2007. Effect of four percent carbon dioxide during the second half of incubation on

- embryonic development, hatching parameters, and posthatch growth. *Poult. Sci.* 86: 1372-1379.
- Farrell D.J., Perez-Maldonado R.A., Mannion P.F., 1999. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. II. Broiler experiments. *Br. Poult. Sci.* 40 (5): 674-680.
- Farrell D.J., Martin E.A., 1998. Strategies to improve the nutritive value of rice bran in poultry diets. 1. The addition of food enzymes to target the non-starch polysaccharide fractions in diets of chickens and ducks gave no response. *Br. Poult. Sci.* 39: 549-554.
- Fatiha B., Hauchard D., Guendouze N., Madani K., Kiendrebeogo., Kamagaju L., Stevigny C., Chibane M., Duez P., 2015. Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia*(L) Huds (Lamiaceae). *Ind Crop Prod.* 74: 722-730.
- Ferguson N.S., Gates R.S., Taraba J.L., Cantor A.H., Pescatore A.J., Ford M.J., Burnham D.J., 1998. The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers. *Poult. Sci.* 77 (11):1481-1487.
- Fisher C., 1998. Lysine: Amino acid requirements of broiler breeders. *Poult. Sci.* 77: 124-133.
- Fisher C., Kemp C., 2000. Impact of breeder nutrition on broiler performance. *International Hatchery Practice.* 15: 13-15.
- Fleet J.C., Saylor W.W., 1983. Interaction of dietary electrolytes and coccidiostats in broiler chickens. *Poult. Sci.* 62: 1422-1423.
- Flinchum J.D., Nockles C.F., Moreng R.F., 1989. Aged hens fed added zinc methionine had chicks with improved performance. *Poult. Sci.* 68: 55.
- French N., 1997. Modeling incubation temperature: the effects of incubator design, embryonic development, and egg size. *Poult. Sci.* 76: 124-133.
- Frigg M., Broz J., 1983. Effect of various doses of lasalocid and monensin in combination with increasing potassium levels on performance and water consumption of broiler chicks. *Arch. Gefluegelkd.* 47:153-158.
- Garcia D.B., Silva I.J.O., Barbosa Filho J.A.D., Vieira F.M.C., Dias C.T.S., 2008. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. 37th Brazilian Congress of Agricultural Engineering, International Livestock Environment Symposium - ILES VIII, 31st August to 4th September, 2008. Iguassu Falls City, Brazil. pp. unpaginated.
- Gayrard V., 2009. La thermorégulation. *École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Unité pédagogique de Physiologie et Thérapeutique.* 35p.

- Ghareeb K., Böhm J., 2009. Stress indicators to pre-slaughter transportation of broiler chickens fed diets supplemented with a synbiotic. *Int. J. Poult. Sci.* 8: 621-625.
- Ghazaghi M., Mehria, M., Bagherzadeh K.F., 2014. Effects of dietary *Mentha spicata* on performance, blood metabolites, meat quality and microbial ecosystem of small intestine in growing Japanese quail. *Anim. Feed Sci. Technol.* 194: 89–98.
- Gonzales E., Kondo N., Saldanha E.S., Loddy M.M., Care-ghi C., Decuypere E., 2003. Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. *Poult. Sci.* 82(8):1250–1256.
- Gonzalo G.M., 2011. Poultry production in the world: statistics and future. *Production avicole en climats chauds. Cours approfondi, Institut Agronomique Méditerranéen, Zaragoza (Espagne), 09-14 mai.*
- Gregory N.G., 2008. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Sci.* 80: 2-11.
- Gumulka M., Kapkowska E., 2005. Age effect of broiler breeders on fertility and sperm penetration of the perivitelline layer of the ovum. *Anim. Reprod. Sci.* 90: 135-148.
- Gussem M., Middelkoop K., Mullem K., Veer-Luiten E., Mailyan E., Durand-Fleischer D., 2015. *Signes de poulets: Guide pratique de l'observation des poulets de chair.* Roodbont publishers, p.120.
- Halevy O., Geyra A., Barak M., Uni Z., Sklan D., 2000. Early posthatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *J. Nutr.* 130: 858-864.
- Haq A.-U., Bailey C.A., Chinnah A., 1996. Effect of β -carotene, canthaxanthin, lutein, and vitamin E on neonatal immunity of chicks when supplemented in the broiler breeder diets. *Poult. Sci.* 75: 1092-1097.
- Havenstein G.B., Ferket P.R., Qureshi M.A., 2003. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.* 82: 1509-1518.
- Heier BT., Hogasen HR., Jarp J., 2002. Factors associated with mortality in Norwegian broiler flocks. *Prev vet medicine* 53, 147-158.
- Hernandez F., Madrid J., Garcia V., Orengo J., Meglas M.D., 2004. Influence of two plants extracts on broiler performance, digestibility and digestive organs size. *Poult. Sci.* 83, 169-174.
- Heshmati A., Dolatian M., Mojab F., Shakeri N., Nikkhah S., 2016. The effect of peppermint (*Mentha piperita*) capsules on the severity of primary dysmenorrhea. *J. Herb. Med.* 6(3): 137-141.

- Hogg A., 1997. Single stage incubation trials. *Poult. avian biol. rev.* 8: 168.
- Huber-Eicher B., Sebo f., 2001. Reducing feather pecking when raising laying hen chicks in aviary systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73(1): 59-68.
- Hudson B.P., Dozier W.A., Fairchild B.D., Wilson J.L., Sander J.E., Ward T. L., 2004. Live performance and immune responses of straight-run broilers: influences of zinc source in broiler breeder hen and progeny diets and ambient temperature during the broiler production period. *J. Appl. Poult. Res.* 13: 291-301.
- Hulet R., Gladys G., Hill D., Meijerhof R., El-Shiekh T., 2007. Influence of egg shell embryonic incubation temperature and broiler breeder flock age on posthatch growth performance and carcass characteristics. *Poult. Sci.* 86: 408-412.
- Hurwitz S., Weiselberg M., Eisner U., Bartov I., Riesenfeld G, Sharvit M., Niv A., Bornstein S. 1980. The energy requirements and performance of growing chickens and turkey as affected by environmental temperature. *Poult. Sci.* 75: 2290-2299.
- Ichinoe K., 1973. The relationship between hatching time and sex-ratio in chicks. *Poult. Sci.* 52: 1584-1592.
- ITAVI., 1997a. Les litières. *Sciences et Techniques Avicoles, Hors-Série Septembre 1997*, 43-47.
- ITAVI., 1997b. L'ammoniac. *Sciences et Techniques Avicoles, Hors-Série Septembre 1997*, 49-52.
- ITAVI., 2001. Les émissions atmosphériques. *Sciences et Techniques Avicoles, Hors-Série Septembre 2001*, 19-24.
- ITAVI., 2009. Guide d'élevage aviculture fermière – quelques repères pour les éleveurs professionnels commercialisant en circuits courts. [en-ligne] Paris (Fr) : ITAVI. [http://www.itavi.asso.fr/elevage/aviculture_fermiere/guide_elevage_volailles_fermiere_s.php] (consulté le 01 Décembre 2018).
- Jacquet M., 2007. Guide pour l'installation en production avicole. 2ème partie. La production de poulets de qualité différenciée : mise en place et résultats. [en-ligne] Gembloux (Belgique) : FACW. [<http://www.facw.be/dossierstechniques/guide-l-installation-2-me-partie.pdf>] (consulté le 22 Décembre 2018)
- Jin S.H., Corless A., Sell J.L. 1998. Digestive system development in post-hatch poultry. *World Poult. Sci.* 54:335-345.
- Juul-Madsen HR., Su G., Sørensen P., 2004. Influence of early or late start of first feeding on growth and immune phenotype of broilers. *Br. Poult. Sci.* 45(2):210–222.

- Kaci A., 2013. La pratique d'élevage du poulet de chair dans la région du centre d'Algérie : diagnostic et perspectives. 10^{ème} JRA-PFG. La Rochelle (France), 26 & 28 mars 2013, 62-67.
- Kamel C., 2001. Tracing modes of action and the roles of plant extracts in non-ruminants. Pp. 135-150 in *Recent Advances in Animal Nutrition*. P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, Eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Kang C.W., Sunde M.L., Swick R.W., 1985. Growth and protein turnover in the skeletal muscles of broiler chicks. *Poult. Sci.* 64: 370-379.
- Karunajeewa H., Barr D.A., 1990. Effects of maduramicin, salinomycin and dietary level of wheat on the performance of broilers chickens. *J. Appl. Agric. Res.* 5: 227–234.
- Kidd M.T., 2003. A treatise on chicken dam nutrition that impacts on progeny. *World's Poult. Sci.J.* 59: 475-494.
- Kirk S., Emmans G.C., McDonald R., Arnot D., 1980. Factors affecting the hatchability of eggs from broiler breeders. *Br. Poult. Sci.* 21: 37-53.
- Knekt P., Kumpulainen J., Järvinen R., Rissanen H., Heliövaara M., Reunanen A., Hakulinen T., Aromaa A., 2002. Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 560–568.
- Knudsen K.E.B., 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Ani. Feed Sci. and Tech.* 67(4):319-338.
- Koch A., Leterrier C., Collin A., Mercierand F., Rat C., Delaveau J., Grimaud I., Ganier P., Constantin P., Crochet S., Cailleau-Audouin E., Guilloteau L. 2015. Effets durables d'une mise en élevage retardée des poussins sur leur santé et leurs performances. 11^{ème} JRA-PFG. Tours (France). 25-26 Mars. 966-970.
- Lapão C., Gama L.T., Soares M.C., 1999. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. *Poult. Sci.* 78: 640-645.
- Larbier M., Leclercq B. 1992. *Nutrition et alimentation des volailles*. Edition INRA. Paris, France, 349 p.
- Larousse., 2009. Larousse.fr : encyclopédie collaborative et dictionnaires gratuits en ligne. [en-ligne], Mise à jour le 14 Janvier 2010. [<http://www.larousse.fr/>] (consulté le 20 Décembre 2018).
- Lawrence B.M., 1980. The existence of infraspecific differences in specific general in the Labiatae family. In *Proceedings 8th International Congress on Essential Oils* 118–131. France: Cannes-Grasse.

- Leeson S., 2004. Future challenges in poultry meat production, in: Tucker, L.A. & Taylor-Pickard, J.A. (Eds) *Interfacing immunity, gut health and performance*, pp. 1-7 (Nottingham, UK, Nottingham University Press).
- Leeson S., Summers J.D., 2000. *Broiler breeder production*. Thrumpton, Nottingham, Nottingham University Press. 339 p.
- Leksrisompong N., Romero-Sanchez H., Plumstead P.W., Brannan K.E., Brake J., 2007. Broiler incubation: 1. Effect of elevated temperature during late incubation on body weight and organs of chicks. *Poult. Sci.* 86: 2685-2691.
- Leslie G.A., 1975. Ontogeny of the chicken humoral immune system. *Am. J. Vet. Res.* 36: 482-485.
- Lilburn MS., Loeffler S., 2015. Early intestinal growth and development in poultry. *Poult. Sci.* 94(7):1569–1576.
- Lin H., Zhang H., Jiao H., Zhao T., Sui S., GU X., Zhang Z., Buyse J., Decuypere E., 2005. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. I. One week of age. *Poult. Sci.* 84: 1166-1172.
- Line J., 2006. Influence of relative humidity on transmission of *Campylobacter jejuni* in broiler chickens. *Poult. Sci.* 85: 1145-1150.
- Lopez G., Leeson S., 1995a. Response of broiler breeders to low-protein diets: 1. Adult breeder performance. *Poult. Sci.* 74: 685-695.
- Lopez G., Leeson S., 1995b. Response of broiler breeders to low-protein diets: 2. Offspring performance. *Poult. Sci.* 74: 696-701.
- Lourens A., Van Den Brand H., Meijerhof R., Kemp B., 2005. Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. *Poult. Sci.* 84: 914-920.
- Lourens S., 2003. Residual yolk and egg weight loss during incubation under controlled eggshell temperatures. *Avian and Poultry Biology Reviews: Incubation and fertility research group meeting, WPSA Working Group 6 (reproduction)*, University of Lincoln, UK, 4-5 September 2003 14: : 209-211.
- Lundy H., 1969. A review of the effects of temperature, humidity, turning and gaseous environment in the incubator on hatchability of hen's eggs, in: CARTER, T.C. & FREEMAN, B.M. (Eds) *The Fertility and Hatchability of the Hen's Egg*, pp. 143-176 (Edinburgh, Scotland, UK, Oliver and Boyd).
- Malik F., Hussain S., Sadiq A., Parveen G., Wajid A., Shafat S., Channa R.A., Mahmood R., Riaz H., Ismail M., Raja F.Y. 2012. Phyto-chemical analysis, anti-allergic and anti-

- inflammatory activity of *Mentha arvensis* in animals. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.* 6 (9): 613-619.
- Marks H.L., Pesti G.M., 1984. The roles of protein level and diet form in water consumption and abdominal fat pad deposition of broilers. *Poult. Sci.* 63: 1617-1625.
- Martin E.A., Farrell D.J., 1998. Strategies to improve the nutritive value of rice bran in poultry diets. II. Changes in oil digestibility, metabolisable energy and attempts to increase the digestibility of the oil fraction in the diets of chickens and ducklings. *Br. Poult. Sci.* 39: 555-559.
- Mather C.M., Laughlin K.F., 1976. Storage of hatching eggs: The effect on total incubation period. *Br. Poult. Sci.* 17: 471-479.
- Maurer V., Amsler Z., Perler E., Heckendorn F., 2009. Poultry litter as a source of gastrointestinal helminth infections. *Vet. Parasitol.* 161(3-4): 255-260.
- McIlroy S.G., Goodall E.A., McMurray C.H., 1987. A contact dermatitis of broilers - epidemiological findings. *Av Path.* (16): 93-105.
- Miller J., 1998. Main herb index (Herbs -MNO). File: // A: / Herbs -MNO. Htm. 1-9.
- Mimica-Dukic N., Bozin B., Sokovic M. and Mihajlovic B. Matavulj M. 2003. Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils. *Plant. Med.* 69: 413- 419.
- Minka N.S., AYO J.O., 2009. Physiological responses of food animals to road transportation stress. *Afr. J. Biotechnol.* 8: 7415-7427.
- Misson B.H., 1976. The effects of temperature and relative humidity on the thermoregulatory responses of grouped and isolated neonate chicks. *J. Agric. Sci.* 86: 35-43.
- Mitchell M.A., Kettlewell P.J., 2009. Welfare of poultry during transport - a review. *Poultry Welfare Symposium Cervia, Italy,*
- Mitchell M.A., Kettlewell P.J., Carlisle A., Hunter R.R., Manning T., 1996. Defining the optimum thermal environment for the transportation of 1-d-old chicks: physiological responses during transport simulations. *Br. Poult. Sci.* 37: S89-S90.
- Moran Jr.E.T., 1985. Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal development. *J. Nutr.* 115: 665-674.
- Moran Jr.E.T., 1990. Effects of egg weight, glucose-administration at hatch, and delayed access to feed and water on the poult at 2 weeks of age. *Poult. Sci.* 69(10): 1718-1723.
- Morita V.S., Boleli I.C., Cargnelutti A., 2009. Hematological values and body, heart and liver weights of male and female broiler embryos of young and old breeder eggs. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 11: 7-15.

- Morita V.S., Boleli I.C., De Oliveira J.A., 2010. Hematological and incubation parameters of chicks from young breeders eggs: Variation with sex and incubation temperature. *Int. J. Poult. Sci.* 9: 606-612.
- Moss F.P., 1968. The relationship between the dimensions of the fibres and the number of nuclei during normal growth of skeletal muscle in the domestic fowl. *Am. J. Anat.*, 122: 555-564.
- Mouhous A., Kadi S.A., Guermah H., Djellal F., Berchiche M. 2015. L'élevage du poulet de chair en zone de montagne : cas de la wilaya de Tizi ousou (Algérie). 11^{ème} Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 25&26 mars 2015, pp: 914-918.
- Mourad., 2016. Indicateurs technico-économiques de la production du poulet de chair dans la région d'Ain touta. Mémoire de magister. Université Batna 1.
- Murakami H., Akiba Y., Horiguchi M. 1992. Growth and utilisation of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. *Growth Dev. Aging*, 56: 75-84.
- Murakami A.E., Franco J.R.G., Martins E.N., Oviedo-Rondo'n, E.O., Pereira M.S., Furlan A.C., 2003. Effect of electrolyte balance in low protein diets on broiler performance and tibial dyschondroplasia incidence. *J. Appl. Poult. Res.*, 12: 207 – 216.
- Murakami A.E., Oviedo-Rondón E.O., Martins E.N., Pereira M.S., Scapinello C., 2001. Sodium and chloride requirements of growing broiler chickens (twenty-one to forty-two days of age) fed corn-Soybean diets. *Poult. Sci.* 80: 289–294.
- Nair B., 2001. Final report on the safety assessment of menthe piperita (Peppermint) oil , Mentha piperita (Peppermint) leaf extract ,Mentha piperita (Peppermint) leaf, and leaf water *Int. J. Toxicol.*, 20 (3) : 61-73.
- Naji S.A.H., Kabro A.H., 1999. Directory Laying Hens. Office gift for printing and publishing, Baghdad, Iraq.
- Nanekarani S., Goodarzi M., Heidari M., Landy N. 2012. Efficiency of ethanolic extract of peppermint (*Mentha piperita*) as an antibiotic growth promoter substitution on performance, and carcass characteristics in broiler chickens. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. S1611-S1614.
- Nijdam E., Arens P., Lambooij E., Decuypere E., Stegeman J., 2004. Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport, and lairage. *Poult. Sci.* 83: 1610-1615.
- Nir I., Nitsan Z., Mahagna M., 1993. Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *Br. Poult. Sci.* 34(3): 523-532.

- Nir I., 1997. Optimization of early growth in fast-growing broilers: nutrition and physiological aspects, Jornada Internacional de Avicultura de Carne, Madrid, Espanha, (6):1-10.
- Nitsan Z., Ben-Avraham G., Zoref Z., Nir I. 1991a. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. Br. Poult. Sci, 32: 515-523.
- Noy Y., Sklan D. 1995. Digestion and absorption in the young chick. Br. Poult. Sci, 74: 366-373.
- Noy Y., Sklan D. 1996. Uptake capacity in vitro for glucose and methionine and in situ for oleic acid in the proximal small intestine of posthatch chicks. Poult. Sci, 75: 998-1002.
- Noy Y., Sklan D. 1998a. Yolk utilisation in hatching birds. 10th European symposium on poultry nutrition. Jerusalem, Israël, 123 pages.
- Noy Y., Sklan D., 1998b. Yolk utilisation in the new-hatched chick. Br. Poult. Sci, 39: 446.
- Noy Y., Sklan D., 1998c. Metabolic responses to early nutrition. J. Appl. Poultry Res. 7: 437-451
- Noy Y., Sklan D., 1997. Posthatch development in poultry. J. Appl. Poultry Res. 6: 344-354.
- Noy Y., Sklan D., 1999. Energy utilization in newly hatched chicks. Poult. Sci. 78:1750-1756.
- Noy Y., Sklan D., 2001. Yolk and exogenous feed utilization in the posthatch chick. Poult. Sci. 80:1490-1495.
- NRC., 1994. Nutrient requirements of poultry: 9th Revised edition, 1994. (Washington, D.C., The National Academies Press).
- Ocak N., Erener G., Burak Ak F., Sungu M., Altop A., Ozmen A. 2008. Performance of broilers fed diets supplemented with dry peppermint (*Mentha piperita L.*) or thyme (*Thymus vulgaris L.*) leaves as growth promoter source. Czech J. Anim. Sci., 53, (4): 169-175.
- Olsson IAS., Keeling LJ., 2005. Why in earth? Dustbathing behaviour in jungle and domestic fowl reviewed from a Tinbergian and animal welfare perspective. Appl. Anim. Behav. Sci. 93(3-4): 259-282.
- Onifade A.A., Babatunde G.M., 1998. Comparison of the utilisation of palm kernel meal, brewers' dried grains and maize offal by broiler chicks. Br. Poult. Sci. 39: 245-250.
- Orhan., Erdogan I., Mesaik A., Jabeen A., Kan. 2016. Immunomodulatory properties of various natural compounds and essential oils through modulation of human cellular immune response. Ind Crop Prod. 81: 117-22.

- Ouart M.D., Damron B.L., Christmas R.B., Martin F.G., 1995. Effect of coccidiostats on performance, water intake, and litter moisture of broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, 4: 374-378.
- Oviedo-Rondo'n, E.O., Murakami A.E., Martins E.N., Pereira M.S., Scapinello C., 2001. Sodium and chloride requirements of young broiler chickens fed corn-soybean diets (One to twenty-one days of age). *Poult. Sci.* 80 : 592 – 598.
- Owen J., 1991. Principles and problems of incubator design, in: TULLETT, S.G. (Ed) *Avian Incubation*, pp. 205-226 (London, Butterworth-Heinemann).
- Panda A.K., Bhanja S.K., Shyam Sunder G., 2015. Early post hatch nutrition on immune system development and function in broiler chickens. *World's Poult. Sci.J.* 71(2):285–296.
- Panda A.K., Raju MVLN., Ramarao S.V., Shyamsunder G., Reddy M.R., 2010. Effect of Post hatch Feed Deprivation on Growth, Immune Organ Development and Immune Competence in Broiler Chickens. *Anim Nutr Feed Techn.* 10(1): 9-17.
- Pappas A., Acamovic T., Sparks N., Surai P., Mcdevitt R., 2005. Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poult. Sci.* 84: 865-874.
- Pappas A.C., Acamovic T., Surai P.F., Mcdevitt R.M., 2006. Maternal organo-selenium compounds and polyunsaturated fatty acids affect progeny performance and levels of selenium and docosahexaenoic acid in the chick tissues. *Poult. Sci.* 85: 1610-1620.
- PDR for herbal medicines., 1998. Medical economics Company. Inc., Montvale., 695 -977.
- Peebles E.D., Doyle S.M., Pansky T.O.M.A.S., Gerard P.D., Latour M.A., Boyle C.R., Smith, T.W., 1999. Effects of breeder age and dietary fat on subsequent broiler performance. 1. Growth, mortality, and feed conversion. *Poult. Sci.* 78 (4): 505-511.
- Perey D.Y., Bienenstock J., 1973. Effects of bursectomy and thymectomy on ontogeny of fowl IgA, IgG and IgM. *J. Immun.* 111: 633-637.
- Picard M., Panheleux M., Boutten B., Barrier-Guillot B., Leterrier C., Roffidal L., Larroude P., Castaing J., Bouvarel I., 2003. Influence du régime de démarrage sur l'ingéré alimentaire et la croissance ultérieurs du poulet de chair male lourd recevant une alimentation alternée. 5ème JRA. Tours (France). 26 et 27 mars.
- Piestun Y., Shinder D., Ruzal M., Halevy O., Yahav S., 2008. The effect of thermal manipulations during the development of the thyroid and adrenal axes on in-hatch and post-hatch thermoregulation. *J. Therm. Biol.* 33: 413-418.

- Puvadolpirod S., Thompson J.R., Green J., Latour M.A., Thaxton J.P., 1997. Influence of yolk on blood metabolites in perinatal and neonatal chickens. *Growth Dev. Aging*, 61: 39-45.
- Qureshi M.A., Havenstein G.B., 1994. A comparison of the immune performance of a 1991 commercial broiler with a 1957 randombred strain when fed 'typical' 1957 and 1991 broiler diets. *Poult. Sci.* 73: 1805-1812.
- Rad MN., Nobakht A., Aghdam H., Kamani J., Lotfi A., 2011. Influence of dietary supplemented medicinal plants mixture (Ziziphora, Oregano and Peppermint) on performance and carcass characterization of broiler chickens. *J. Med. Plant Res.* 5(23): 5626-5629.
- Radu J., Van Dijk C., 1987. Feed and water consumption and performance of male and female broilers fed salinomycin and maduramicin followed by a withdrawal ration. *Poult. Sci.* 66: 1878–1881.
- Raju M., Chawak M.M., Praharaj N.K., Rao S.V.R., Mishra S.K., 1997. Interrelationships among egg weight, hatchability, chick weight, post-hatch performance and rearing method in broiler breeders. *Indian J Anim Sci.* 67: 48-50.
- Reis L.H., Gama L.T., Soares M.C., 1997. Effects of short storage conditions and broiler breeder age on hatchability, hatching time, and chick weights. *Poult. Sci.* 76: 1459-1466.
- Roberts J.R., Ball W., Leary A., 1998. Effects of different cereal grains on egg and egg shell quality in laying hens. In: *Australian Poultry Science Symposium*. pp: 199.
- Roberts J.R., Souillard R., Bertin J., 2011. Avian diseases which affect egg production and quality, in: NYS, Y., BAIN, M. & VAN IMMERSSEEL, F. (Eds) *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. Volume1: Egg chemistry, production and composition, 1 pp. 376-393 (Cambridge, Woodhead Publishing Limited).
- Robertson I.S., 1961. Studies on the effect of humidity on the hatchability of hen's eggs I. The determination of optimum humidity for incubation. *J. Agric. Sci.* 57: 185-194.
- Romanoff A.L., 1960. *The avian embryo. Structural and functional development*. The Macmillan company, New York (USA), 1305 pages.
- Rosa P.S., Guidoni A.L., Lima I.L., Bersch F.X.R., 2002. Effect of incubation temperature on hatching results of broiler breeders eggs classified by weight and hen age. *Rev. Bras. de Zootec.* 31: 1011-1016.
- Saito F., Kita K., 2011. Maternal intake of Astaxanthin improved hatchability of fertilized eggs stored at high temperature. *J. Poult. Sci.* 48: 33-39.

- Sauveur B., 1988. Reproduction des volailles et production d'œufs. INRA. Station de recherches avicoles. Centre de Tours-Nouzilly, 37380 Monnaie, 449 p.
- Sayegh C.E., Demaries S.L., Pike K.A., Friedman J.E., Ratcliffe M.J., 2000. The chicken B cell receptor complex and its role in avian B-cell development. *Immunol Rev*, 175: 187-200.
- Schuhmacher A., Reichling J., Schnitzler P., 2003. Virucidal effect of peppermint oil on the enveloped viruses herpes simplex virus type 1 and type 2 in vitro. *Phytomedicine*. 10:504-510.
- Shaikh S., Yaacob H.B., Rahim Z.H.A., 2014. Prospective role in the treatment of major illnesses and potential benefits as a safe insecticide and natural food preservative of mint (*Mentha spp.*): a review. *Asian J.Biomed.Pharm.Sci.* 4 :1-12.
- Shinder D., Rusal M., Giloh M., Yahav S., 2009. Effect of repetitive acute cold exposures during the last phase of broiler embryogenesis on cold resistance through the life span. *Poult. Sci.* 88: 636-646.
- Shinder D., Ruzal M., Giloh M., Druyan S., Piestun Y., Yahav S., 2011. Improvement of cold resistance and performance of broilers by acute cold exposure during late embryogenesis. *Poult. Sci.* 90: 633-641.
- Shivazad M., Bejaei M., Taherkhani R., Zaghari M., Kiaei M.M., 2007. Effects of glucose injection and feeding oasis on broiler chick's subsequent performance. *Pak. J. Biol. Sci.* 10: 1860-1864.
- Siegel P.B., Dunnington E.A., 1998. Ressource allocations: growth and immune responses.10th European poultry conference. Jerusalem (Israel), 123 pages.
- Singh R., Muftah A., Shushni M., Belkheir A., 2015. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* (L). *Arabian J. Chem.* 8: 322-28.
- Sklan D., Noy Y., 2000. Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatchchicks. *Poult. Sci.* 79: 1306- 1310.
- Sklan D., Noy Y., 2000. Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. *Poult. Sci.* 79: 1306-1310.
- Smit H.F., Dwars R.M., Davelaar F.G., Wijtten G.A.W., 1998. Observations on the influence of intestinal spirochaetosis in broiler breeders on the performance of their progeny and on egg production. *Av Path.* 27(2): 133-141.
- Smith A., Rose S.P., Wells R.G., Pirgozliev V., 2000b. Effect of excess dietary sodium,potassium, calcium and phosphorus on excreta moisture of laying hens. *British Poult. Sci.* 41: 598-607.

- Spirling L.I., Daniels I.R., 2001. Botanical perspectives on health peppermint: more than just an after-dinner mint. *J. R. Soc. Promot. Health.* 121(1): 62-63.
- Stephens C.P., Hampson D.J., 2002. Experimental infection of broiler breeder hens with the intestinal spirochaete *Brachyspira* (Serpulina) *pilosicoli* causes reduced egg production. *Av Path* 31: 169-175.
- Surai P.F., 2000. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. *Br. Poult. Sci.* 41: 235-243.
- Tanaka A., Xin H., 1997. Effects of structural and stacking configuration of containers for transporting chicks in their microenvironment. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers* 40: 777-782.
- Tanure C., Cafe M.B., Leandro N.S.M., Baiao N.C., Stringhini J.H., Gomes., N.A. 2009. Effects of ages of light breeder hens and storage period of hatchable eggs on the incubation efficiency. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 61: 1391-1396.
- Taylor L.W., Kreutziger G.O., 1966. The gaseous environment of the chick embryo in relation to its development and hatchability: 3. Effect of carbon dioxide and oxygen levels during the period of the ninth through the twelfth days of incubation. *Poult. Sci.* 45: 867-884.
- Taylor L.W., Kreutziger G.O., 1969. The gaseous environment of the chick embryo in relation to its development and hatchability: 4. Effect of carbon dioxide and oxygen levels during the period of the thirteenth through the sixteenth days of incubation. *Poult. Sci.* 48: 871-877.
- Taylor L.W., Kreutzige G.O., Abercrombie G.L., 1971. The gaseous environment of the chick embryo in relation to its development and hatchability: 5. Effect of carbon dioxide and oxygen levels during the terminal days of incubation. *Poult. Sci.* 50: 66-78.
- Taylor L.W., Sjodin R.A., Gunns C.A., 1956. The gaseous environment of the chick embryo in relation to its development and hatchability: 1. Effect of carbon dioxide and oxygen levels during the first four days of incubation upon hatchability. *Poult. Sci.* 35: 1206-1215.
- Toghyani M., Gheisari A.A., Ghalamkari G.H., Mohammadrezaei M., 2010. Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*). *Livest. Sci.* 129: 173-178.

- Tona K., Bamelis F., De Ketelaere B., Bruggeman V., Moraes V.M.B., Buyse J., Onagbesan O., Decuypere E., 2003. Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality, and chick juvenile growth. *Poult. Sci.* (82): 736-741.
- Tona K., Bamelis F., Coucke W., Bruggeman V., Decuypere E., 2001. Relationship between broiler breeder's age and egg weight loss and embryonic mortality during incubation in large-scale conditions. *J. Appl. Poultry Res* 10: 221-227.
- Tona K., Onagbesan O., De Ketelaere B., Decuypere E., Bruggeman V., 2004a. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick posthatch growth to forty-two days. *J. Appl. Poultry Res* 13: 10-18.
- Turro I., Dunnington E.A., Nitsan Z., Picard M., Siegel P.B., 1994. Effect of yolk sac removal at hatch on growth and feeding behavior on lines of chickens differing in body weight. *Growth Dev. Aging*, 58: 105-112.
- Uni Z., Ganot S., Sklan D., 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poult. Sci.* 77 (1): 75-62.
- Uni Z., Noy Y., Sklan D., 1999. Posthatch development of small intestinal function in the poult. *Poult. Sci.* 78 (2): 215-222.
- Uni Z., Smirnov A., Sklan D., 2003. Pre- and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: Effect of delayed access to feed. *Poult. Sci.* 82(2):320–327.
- Uni Z., Noy Y., Sklan D., 1995a. Development of the small intestine in heavy and light-strain chicks before and after hatching. *Br. Poult. Sci.* 36: 63-71.
- Uni Z., Noy Y., Sklan D., 1995b. Posthatch changes in morphology of the small intestine in heavy and light-strain chicks. *Poult. Sci.* 74: 1622-1629.
- USDA., 2012. Nutrient data for fresh peppermint. National Nutrient Database for Standard Reference, National Agriculture Library, USA.
- Van De Ven L.J.F., Van Wagenberg A.V., Debonne M., Decuypere E., Kemp B., Van Den Brand H., 2011. Hatching system and time effects on broiler physiology and posthatch growth. *Poult. Sci.* 90: 1267-1275.
- Vieira F.M.C., Silva I.J.O., Barbosa Filho J.A.D., Vieira A.M.C., Broom D.M., 2010. Preslaughter mortality of broilers in relation to lairage and season in a subtropical climate. *Poult. Sci.* 90: 2127-2133.
- Vieira S.L., Almeida J.G., Lima A.R., Conde O.R.A., Olmos, A.R., 2005. Hatching distribution of eggs varying in weight and breeder age. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 7 (2): 73-78.

- Vieira S.L., Moran E.T., 1999. Effects of egg of origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World's Poult. Sci.J.* 55: 125-142.
- Viriden W.S., Yeatman J.B., Barber S.J., Zumwalt C.D., Ward T.L., Johnson A.B., Kidd M.T., 2003. Hen mineral nutrition impacts progeny livability. *J. Appl. Poult. Res.* 12: 411-416.
- Visschedijk A.H.J., 1991. Physics and physiology of incubation. *Br. Poult. Sci.* 32: 3-20.
- Vosmerova P., Chloupek J., Bedanova I., Chloupek P., Kruzikova K., Blahova J., Vecerek V., 2010. Changes in selected biochemical indices related to transport of broilers to slaughterhouse under different ambient temperatures. *Poult. Sci.* 89: 2719-2725.
- Walter I., Seebacher F., 2009. Endothermy in birds: underlying molecular mechanisms. *J. Exp. Biol.* 212: 2328-2336.
- Warriss P.D., Brown S.N., Knowles T.G., Edwards J.E., Duggan J.A., 1997. Potential effect of vibration during transport on glycogen reserves in broiler chickens. *The Veterinary Journal* 153: 215-219.
- Wheelhouse R.K., Groves B.I., 1985. Effects of Coccidiostats and Dietary Protein on Performance and Water Consumption in Broiler Chickens. *Poult. Sci.* 64:979-985.
- Whitehead C.C., Pearson R.A., Herron K.M., 1985. Biotin requirements of broiler breeders fed diets of different protein content and effect of insufficient biotin on the viability of progeny. *Br. Poult. Sci.* 26: 73-82.
- Whittow G.C., 1999. *Sturkie's avian physiology (5^{ème} edition)*. Academic press San Diego (USA), 685 pages.
- Willemsen H., Everaert N., Witters A., Smit L.D., Debonne M., Verschuere F., Garain P., Berckmans D., Decuypere E., Bruggeman V., 2008. Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of posthatch performance. *Poult. Sci.* (87): 2358-2366.
- Willemsen H., Debonne M., Swennen Q., Everaert N., Careghi C., Han H., Bruggeman V., Tona K., Decuypere E., 2010a. Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. *World's Poult. Sci.J.* 66: 177-188.
- Willemsen H., Kamers B., Dahlke F., Han H., Song Z., Ansari Pirsaraei Z., Tona K., Decuypere E., Everaert N., 2010b. High- and low-temperature manipulation during late incubation: Effects on embryonic development, the hatching process, and metabolism in broilers. *Poult. Sci.* 89: 2678-2690.
- Williams P., Losa R., 2001. The use of essential oils and their compounds in poultry nutrition. *Worlds. Poult.* 17: 14-15.

- Wilson H.R., 1991. Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. *World's Poult. Sci.J.* 47: 5-20.
- 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. *Poult. Sci.* 86: 1784-1792.
- Xin H., Harmon J.D., 1996. Responses of group-housed neonatal chicks to posthatch holding environment. *Trans ASABE.* 39: 2249-2254.
- Yahav S., Hurwitz S., 1996. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age. *Poult. Sci.* 75: 402-406.
- Yahav S., Rath R.S., Shinder D., 2004. The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch. *J. Therm. Biol.* 29: 245-250.
- Yalçın S., Babacanoğlu E., Güler H.C., Akşit M., 2010. Effects of incubation temperature on hatching and carcass performance of broilers. *World's Poult. Sci.J.* 66: 87-94.
- Yassin H., Velthuis A.G., Boerjan M., Van Riel J., 2009. Field study on broilers' first-week mortality. *Poult. Sci.* (88), 798-804. [DOI: 10.3382/ps.2008-00292](https://doi.org/10.3382/ps.2008-00292)
- Yildirim I., Yetisir R., 2004. Effects of different hatcher temperatures on hatching traits of broiler embryos during the last five days of incubation. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34: 211-216.
- Younis M.H., Younis B., Shadia M., 2004. Carvone-rich essential oils from *Mnetha longifolia* Huds ssp. *Schimperi* Briq and *Mentha spicata* grown in Sudan. *J. Essen. Oils. Res.* 86:212-216.

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Objectifs des expérimentations

L'objectif de ce travail étant de proposer des pistes d'amélioration des conditions de démarrage du poussin avant la mise en place et pendant l'élevage dans le but de favoriser un certain niveau de bien-être et d'optimiser les performances de croissances du poulet de chair. Ainsi, trois expériences ont été initiées au cours d'un cycle d'élevage de 42 jours.

La première expérimentation avait pour objectif d'étudier les effets de la durée du transport et de l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins pendant la phase de démarrage et de contrôler la persistance de cet effet à l'âge d'abattage (42 jours). Au démarrage, la résorption du sac vitellin, la morphométrie de l'intestin grêle, le poids relatif des organes lymphoïdes et les performances zootechniques ont été appréciés à 7 et 14 jours. A l'âge d'abattage, les performances du poulet et la morphométrie intestinale ont été mesurés de nouveau.

La deuxième épreuve a été initiée dans le but d'étudier l'impact de l'addition de sirop de menthe à l'eau de boisson au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur les performances de croissance (au démarrage et à 42 jours) et le développement des organes du poulet de chair.

Le troisième essai a été consacré à l'étude des effets de différents matériaux utilisés en litières (cinq types de litières) sur certains indicateurs de bien-être (pododermatites, ampoules de bréchet et l'état des plumes) et les performances de croissance du poulet de chair.

2. Aliments

Les aliments utilisés dans le cadre de ces trois expériences ont été formulés et fabriqués par l'usine d'aliment de bétail (Remila – wilaya de Khenchela). Notons que les aliments distribués au cours des trois essais avaient une composition chimique identique et des caractéristiques nutritionnelles proches (tableaux 3 et 4). Dans les deux premières expériences, l'aliment de démarrage a été distribué pendant les deux premières semaines d'élevage et au delà, un aliment de croissance sous forme de granulé a été offert jusqu'à la fin de l'essai (42 jours). Pendant la 3^{ème} expérience, les animaux ont été nourris à partir d'un aliment démarrage (1-14 jours), d'un aliment de croissance (15-30 jours) et enfin un aliment finition (31-42 jours). La consommation alimentaire hebdomadaire des animaux a été relevée chaque semaine sur des fiches sur la base de la pesée des quantités distribuées et celles refusées, l'eau et les aliments ont été distribués à volonté durant les trois cycles d'élevages.

3. Techniques des caractérisations des aliments

Pour évaluer les teneurs en protéines brutes (PB en % de MS) et les concentrations énergétiques en énergie métabolisable (EM exprimée en kcal/kg d'aliment), des échantillons des différents régimes alimentaires ont été analysés pour leurs teneurs en matière sèche (MS), matière minérale (MM), matière azotée totale (MAT) et matière grasse (MG) selon les méthodes préconisées par **AFNOR (1985)**.

3.1. Matière sèche

La teneur en matière sèche est obtenue après séchage de l'échantillon dans une étuve réglée à 105°C pendant 24 heures. La matière sèche a été calculée par l'expression suivante :

$$MS (\%) = \frac{Pt - Pc}{Pa} \times 100$$

Avec :

MS : matière sèche en %.

Pc : poids du creuset (g).

Pa : poids initial de l'échantillon (g).

Pt : poids sortie étuve (Creuset + l'échantillon) (g).

3.2. Matière minérale et matière organique

La teneur en cendres brutes est obtenue après calcination de 2g de matière sèche de l'échantillon dans un four à moufle à une température de 550°C pendant 4 heures. Le taux de la matière minérale correspond à la différence de poids qui résulte avant et après la calcination. La matière minérale et la matière organique sont exprimées en % de la matière sèche, et sont calculées selon les expressions suivantes :

$$MM (\%) = \frac{Pt - Pc}{Pa} \times 100$$

$$MO (\%) = 100 - MM\%$$

Avec:

MM : matière minérale, exprimée en % par rapport à la matière sèche.

MO : matière organique, exprimée en % par rapport à la matière sèche.

Pa : poids initial de l'échantillon (g).

Pc : poids du creuset (g).

Pt : poids du creuset avec l'échantillon après leur sortie du four (g).

3.3. Protéines brutes

La teneur en matières azotées totales est obtenue après une minéralisation puis une distillation et une titration selon la méthode de Kjeldhal. Le pourcentage en azote total se calcule selon la formule :

$$MAT (\%) = \frac{(V1 - V2) \times 1,4 \times 6,25}{1000} \times 100$$

Avec :

MAT : matière azotée totale exprimée en pourcentage par rapport à la matière sèche.

V1 : volume de H₂SO₄ (0.1 N) en ml.

V2 : volume de NaOH (0.1 N) en ml.

6.25: 1g d'azote correspondant à 6,25g de MAT d'origine végétale.

3.4. Matière grasse

Les lipides sont extraits en continu et à froid par extraction continue à l'éther diéthylique dans un appareil adéquat type VELP – SER 148 à 06 postes. Cette méthode est la plus utilisée en analyse courante, les graisses ainsi dosées se nomment extrait éthéré (EE). La matière grasse est solubilisée dans l'éther di éthylique (50ml). La méthode consiste en la distillation de l'échantillon d'aliment ou de fèces en poudre (2g), mélange avec 1g de sulfate de sodium anhydre pendant une heure à 110 °C puis séparation de l'éther volatil et quantification de la matière grasse par pesée après évaporation complète de l'éther à l'étuve. La teneur en matière grasse est calculée selon l'expression :

$$MG (\%) = \frac{P1 - P0}{Pe} \times 100$$

Avec :

MG : matière grasse exprimée en (%) par rapport à la matière sèche.

P0 : poids de la capsule vide en (g).

P1 : poids de la capsule après extraction en (g).

Pe : poids de la prise d'essai en (g).

3.5. Energie brute

L'énergie brute a été déterminée à l'aide d'un calorimètre adiabatique (IKA®-WERKE) relié à un écran et une imprimante. Le principe repose sur la mesure de l'énergie dégagée suite à la combustion de 1g d'échantillon en présence d'oxygène, préalablement broyé et compressé en pastille d'environ 7 mm de diamètre et 8 mm d'épaisseur. Le résultat de la combustion est affiché sur l'écran, il est exprimé en calories par gramme.

L'énergie métabolisable apparente a été calculée quant à elle, par le rapport suivant :

$$EMa \text{ (kcal/kg)} = EBi - EBex$$

EMa : Energie métabolisable apparente

EBi : Energie brute ingérée (Kcal)

EBex : Energie brute excrétée (Kcal)

4. Caractérisation et analyses des aliments utilisés

Les caractéristiques nutritionnelles et la composition chimique des régimes de démarrage, de croissance et de finition servis dans le cadre de ces expériences sont regroupées dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 3. La composition chimique et les caractéristiques nutritionnelles théoriques des aliments utilisés.

Matière première (%)	Phases		
	Démarrage	Croissance	Finition
Maïs	58	61	67.6
Tourteau de soja	33	30	24
Son de blé	5	5	5
CaCo₃	1.1	1.2	1
Phosphate	1.9	1.8	1.4
CMV Chair	1	1	1
Caractéristiques nutritionnelles théoriques¹			
EM (kcal/kg)	2988	3083	3176
PB (%)	21	19	18
Lysine (%)	1.2	1.1	1.05
Lysine digestible (%)	1.08	0.99	0.95
Méthionine digestible (%)	0.41	0.40	0.39
Met + Cyt digestible (%)	0.8	0.75	0.74
Ca	1	0.96	0.90
P disponible	0.5	0.48	0.45

(1) : Selon le guide des performances et recommandations nutritionnelles du poulet de chair Cobb 500 (Version dédiée à l'Europe, le Moyen orient et l'Afrique).

Tableau 4. Valeurs nutritionnelles moyennes des aliments utilisés au cours des trois essais.

Matière première (%)	Caractéristiques nutritionnelles théoriques		
	Démarrage	Croissance	Finition
EM (kcal/kg)	3000	3100	3350
PB (% MS)	21	20	18
MO (% MS)	94.1	92.7	93.5
MM (% MS)	5.9	7.3	6.5
CB (% MS)	4.7	5	6.2
MG (% MS)	2.9	3	3

Les résultats de la composition chimique des aliments utilisés au cours des trois expériences réalisées, étaient caractérisés dans leur totalité, par des concentrations énergétiques légèrement élevées que celles recommandées dans le guide de la souche (Cobb 500, 2008). Cependant, il est connu que toute augmentation de l'ingéré énergétique s'accompagne d'une amélioration du poids vif et d'indice de consommation, tant que la concentration énergétique reste dans la limite de 3250 Kcal. Au-delà de cette valeur, il y a risque de dépôt de gras et pertes économiques (**Larbier et Leclercq, 1992**).

Par ailleurs, les taux de protéines brutes de l'aliment démarrage, croissance et finition sont de l'ordre de 21 ; 20 et 18 % MS respectivement. Ces taux demeurent proches au vu des recommandations du guide de la souche (Cobb 500, 2008) qui préconise des taux de 21 ; 19 et 18% pour les 3 phases d'élevage respectivement.

La teneur en cellulose brute des aliments est quant à elle comprise entre 4.7 et 6.2% selon la phase d'élevage. Ces teneurs élevées en cellulose brute sont susceptible de limiter l'ingéré et de modifier le comportement du poulet qui se manifeste par le phénomène de picage et une dégradation de la digestibilité (**Hetland et Choct, 2003**).

PREMIER ESSAI :

Effets de la durée du transport et de l'accès à l'eau et l'aliment au cours du transport du poussin d'un jour sur les performances du poulet au démarrage et à l'âge d'abattage

Les résultats de cet essai ont fait l'objet d'une publication dans la revue : Journal of Animal Production (catégorie B) intitulée :

Boussaada T., Ouachem D., Shah T., Özkan S. 2020. Effect of transport duration, access to feed and water during transportation on growth performance and organ development of broilers. Hayvansal Üretim, 61 (2): 109-120 [DOI: 10.29185/hayuretim.777084](https://doi.org/10.29185/hayuretim.777084)

Dans cet essai, une expérience à deux facteurs a été réalisée basée sur les effets de la durée du transport d'une part et l'accès à l'aliment et l'eau pendant le transport d'autre part. Les réponses du poussin à ces traitements ont été appréciées à la phase de démarrage à l'âge de sept et quatorze jours et sur le poulet à l'âge d'abattage (42 jours). Le résumé de cet essai, ainsi qu'une récapitulation des principales observations sont présentés ci-dessous pour faciliter la lecture des résultats de l'analyse de variance à deux facteurs et de leurs interactions.

1. Tableaux récapitulatifs des principaux résultats du premier essai

1.1. Performances à la phase de démarrage

Les résultats des performances de démarrage (07 et 14 jours) observés sur les sujets des quatre lots sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 5. Réponses observées au démarrage (7 et 14 jours) des poussins d'un jour soumis aux effets de la durée du transport et de l'accès à l'aliment et l'eau pendant le trajet.

Variables	CD-	LD-	CD+	LD+	Valeurs P
Performances de croissance					
PV 7 j (g)	132.7	127.8	156.4	148.9	0.810
IC 7 j	1.22	1.70	1.13	1.20	0.101
PV 14 j (g)	340	321	375	360	0.846
IC 14 j	1.27	1.41	1.25	1.31	0.309
Densité intestinale 7 j (g/cm²)					
Duodénum	0.096	0.102	0.116	0.111	0.411
Jéjunum	0.076	0.067	0.079	0.094	0.092
Iléon	0.066	0.071	0.062	0.049	0.220
Organes lymphoïdes 7 j (%)					
Bourse de Fabricius	0.108	0.108	0.149	0.147	0.961
Rate	0.056	0.048	0.072	0.064	0.78

PV : poids vif ; **IC** : indice de consommation ; **CD-** : courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; **CD+** : courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; **LD-** : longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; **LD+** : longue durée avec accès à l'aliment et l'eau.

Quoique non significatifs, les résultats du tableau 5 montrent qu'indépendamment de la durée de transport, les sujets des lots soumis au facteur accès aliment-eau présentent les meilleurs gains de poids à sept jours (156.4 et 148.9g vs 132.7 et 127.8g ; respectivement pour CD+, LD+ et CD-, LD-) et à 14 jours (375 et 360g vs 340 et 321g ; respectivement pour CD+, LD+ et CD-, LD-). Cependant, les poussins CD+ étaient plus performants en termes de gain de poids et d'efficacité alimentaire (IC) que leurs homologues LD+. Les sujets LD- étaient les moins performants.

A 7 jours, les sujets CD+, LD+ présentent aussi les meilleures densités duodénales et jéjunales par rapport aux poussins privés d'aliments et d'eau pendant le transport. La même tendance a été observée pour les organes lymphoïdes (Bourse de Fabricius et rate) qui

visiblement étaient plus développées. Il semble ainsi, que l'accès à l'aliment et l'eau pendant le transport préserve la qualité du poussin, stimule le développement des organes de l'immunité et atténue les effets négatifs du transport, particulièrement de longue durée qui s'opposent à la réussite d'un bon démarrage.

1.2. Performances à l'âge d'abattage

Le tableau 6 montre les effets la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur les performances d'abattage (42 jours) du poulet de chair.

Tableau 6. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur les performances d'abattage (42 jours) du poulet de chair.

Paramètres	CD-	LD-	CD+	LD+	Valeurs P
Performances de croissance					
PV (g)	2536	2402	2626	2547	0.552
IC	1.58	1.67	1.57	1.68	0.826
Densité intestinale (g/cm²)					
Duodénum	0.177	0.209	0.199	0.203	0.280
Jéjunum	0.127	0.153	0.146	0.134	0.262
Iléon	0.114	0.122	0.122	0.112	0.426
Organes lymphoïdes (%)					
Bourse de Fabricius	0.108	0.120	0.090	0.099	0.850
Rate	0.069	0.080	0.064	0.068	0.526
Rendement en découpe (%)					
Gras abdominal	1.26	1.33	1.47	1.76	0.278
Filet	10.72	10.43	11.89	10.79	0.356

PV : poids vif ; **IC** : Indice de consommation ; **CD-** : Courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; **CD+** : Courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; **LD-** : Longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; **LD+** : Longue durée avec accès à l'aliment et l'eau.

Quoique non significatifs, les résultats du tableau 6 montrent qu'indépendamment de la durée de transport, l'accès à l'aliment et l'eau pendant le transport entraîne une augmentation du poids vif à l'âge de 42 jours (2626 et 2547g vs 2536 et 2402g ; respectivement pour CD⁺, LD⁺ et CD⁻, LD⁻). Cependant, les poussins CD⁺ étaient plus performants en termes de poids vif et d'indice de consommation (IC) que leurs homologues LD⁺. Les sujets LD⁻ étaient les moins performants. La même tendance a été observée pour le poids du filet (11.89% et 10.79% vs 10.72% et 10.43% ; respectivement pour CD⁺, LD⁺ et CD⁻, LD⁻) et du gras abdominal (1.47% et 1.76% vs 1.26% et 1.33% ; respectivement pour CD⁺, LD⁺ et CD⁻, LD⁻).

Par ailleurs, aucune amélioration n'est observée sur les densités intestinales (duodénum, jéjunum et iléon) et les organes lymphoïdes (Bourse de Fabricius et rate)

2. Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer les effets de la durée de transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour, ainsi que leur interaction, sur la résorption du sac vitellin, le développement du tube digestif, le poids relatif des organes lymphoïdes, les performances de croissance et le rendement de carcasse du poulet. À l'éclosion, 256 poussins chair Cobb 500 ont été pesés, bagués et déposés dans des caisses de transport. Selon le traitement, quatre types de caisses ont été aménagées et affectées à travers quatre groupes expérimentaux. Les caisses expérimentales ont été équipées de petites mangeoires adaptées à la taille des poussins et de tétines d'abreuvement. Le premier groupe a été soumis à une durée de transport de 90 minutes, sans avoir accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (CD⁻). Le deuxième groupe a été transporté durant 90 minutes, avec cependant un accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (CD⁺). Le troisième groupe a été soumis à une durée de transport de 6 heures, sans avoir accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (LD⁻). Le dernier groupe a été transporté durant 6 heures, avec cependant un accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (LD⁺). A l'âge de 7 jours, les résultats de cet essai montrent qu'indépendamment de la durée de transport, l'accès à l'aliment et l'eau pendant le transport des poussins permet d'améliorer les performances de croissances (indice de consommation et poids vif), la morphométrie de l'intestin grêle (longueur et densité), les poids relatifs des organes internes (pro-ventricule, foie, cœur et pancréas) et les poids relatifs des organes lymphoïdes (bourse de Fabricius et rate). Par ailleurs, à l'âge de 42 jours, l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins a également permis d'augmenter significativement le poids vif, le poids relatif du gras abdominal et celle du filet. Néanmoins, aucun effet n'a été observé sur le développement du tube digestif, les organes internes et les organes lymphoïdes. En conclusion, dans les conditions de cette expérience, quelque-soit la phase d'élevage ou le paramètre étudié, le poulet du groupe CD⁺ a enregistré les meilleurs performances. Cependant, les poussins LD⁻ étaient les moins performants.

3. Introduction

Les poussins nouvellement éclos sont habituellement livrés aux aviculteurs dans des conditions de transport différentes pouvant être à l'origine de la détérioration de la qualité du poussin. En effet, la période entre l'éclosion et la mise en place est considérée comme l'une des étapes les plus critiques de la période d'élevage. Ainsi, au cours de leurs transports, les poussins d'un jour sont souvent exposés à des durées et des trajets plus ou moins longs, privés d'eau et d'aliment, aggravées par des conditions environnementales stressantes et inappropriées (véhicule, vibrations, état de la route, température, humidité). Ces conditions de transport sont à l'origine de dégradation de l'état de santé, de bien-être et des performances ultérieures du poulet (**Bergoug et al., 2013 ; Jacobs et al., 2016**).

Plusieurs études suggèrent que la longue durée de transport des poussins d'un jour peut affecter négativement le développement et les performances pondérales des poulets (**Bergoug et al., 2013 ; Jacobs et al., 2016**) et entraîne des réponses physiologiques liées au stress (**Khosravinia, 2015**), y compris une forte réponse de sécrétion de cortisol (**Jacobs et al., 2017**) indiquant un niveau de stress plus élevé chez les poussins. La législation Européenne recommande une durée maximale de transport des poussins de 24 h et une durée de jeûne ne dépassant pas les 72 h après l'éclosion (**European Union Council, 2005**). Dans des conditions expérimentales faisant varier les durées de transport des poussins, **Bergoug et al. (2013)** ont rapporté que le poids vif des poussins soumis à 4.0 ou 10.0 h de transport a significativement diminué par rapport aux non transportés avec cependant la persistance de cet effet jusqu'au 21^e jour d'âge. Par ailleurs, **Jacobs et al. (2016)** ont également rapporté une baisse significative du poids des poussins d'un jour transportés pendant 11 heures comparativement au lot soumis à une durée de transport de 1.5 h. De plus, selon **Chou et al. (2004)**, l'augmentation de la distance de transport de 50 à 300 km s'accompagne d'une augmentation de la mortalité au cours des 7 premiers jours. Nonobstant, au cours de leur transport, les poussins sont également dépourvus d'alimentation et d'abreuvement. De ce fait, il n'est pas clair si les effets suscités ont été causés par la durée du transport ou par un accès tardif à l'alimentation et l'eau de boisson.

En fait, dans plusieurs études, il a été rapporté que la longue privation de nourriture et d'eau (durée de jeûne et/ou d'attente) peut influencer négativement la croissance des poussins (**Noy et Sklan, 1999 ; Decuyper et al., 2001 ; Noy et al., 2001 ; Gonzales et al., 2003 ; Uni et al., 2003**), le développement intestinal (**Lilburn et Loeffler, 2015**), la croissance des

muscles squelettiques par prolifération de cellules satellites (**Halevy et al., 2000**) et l'immunité des poulets (**Juul-Madsen et al., 2004 ; Panda et al., 2015**).

Pour ces raisons, cette thématique a été adoptée dans le but d'étudier les réponses du poussin pendant sa phase de démarrage et celles du poulet à l'abattage, préalablement soumis à un protocole basé sur l'effet conjugué de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau. Ce choix se justifie à notre sens, d'une part, par les conditions de transport insuffisantes, la qualité du poussin livré et les faibles performances enregistrées en conditions Algériennes et d'autre part, par les études très restreintes consacrées à ce sujet et menées sur des poussins d'un jour dans des conditions de terrain. L'objectif de cette expérimentation est l'étude des effets de la durée de transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour, ainsi que leur interaction, sur la résorption du sac vitellin, le développement du tube digestif, le poids relatif des organes lymphoïdes, les performances de croissance et le rendement de carcasse du poulet.

4. Matériels et méthodes

L'essai expérimental a été réalisé au niveau du poulailler de l'institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques de l'université Batna1 sur un cycle d'élevage de 42 jours (du 05/08/2019 au 15/09/2019) sur un effectif total de 256 poussins chair de souche Cobb 500, provenant d'un couvoir commercial. Le bâtiment d'élevage utilisé est à ambiance non contrôlée, équipé de fenêtres, d'un extracteur d'air et d'ampoules électriques allumées en période nocturne.

4.1. Déroulement de l'essai

À l'éclosion, les poussins ont été pesés, bagués et déposés dans des caisses de transport. Selon le traitement, quatre types de caisses ont été aménagées et affectées à travers quatre groupes expérimentaux. Les caisses expérimentales ont été équipées de petites mangeoires adaptées à la taille des poussins et de tétines d'abreuvement (Figure 1).

Le premier groupe a été soumis à une durée de transport de 90 minutes, sans avoir accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (ce qui représente la durée minimale de transport ; CD-). Le deuxième groupe a été transporté durant 90 minutes, avec cependant un accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (CD+).

Le troisième groupe a été soumis à une durée de transport de 6 heures, sans avoir accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (durée de transport maximale pour des poussins de chair d'un jour ; LD-). Le dernier groupe a été transporté durant 6 heures, avec cependant un accès à l'aliment et l'eau au cours du transport (LD+).

Une fois arrivés au bâtiment d'élevage, les poussins des différents lots ont été pesés de nouveau et répartis à travers quatre lots de 64 poussins (4 répétitions de 16 sujets par sous-groupe). Pendant toute la durée de l'élevage, les quatre groupes de poussins avaient un accès libre à l'aliment et l'eau. Les animaux ont été nourris avec un aliment démarrage au cours des deux premières semaines, puis avec un aliment croissance jusqu'à la fin de l'essai (42 jours). Les régimes servis ont été préparés et adaptés aux besoins recommandés par le sélectionneur de la souche utilisé (Cobb500). Les caractéristiques nutritionnelles et la composition chimiques des régimes de démarrage et de croissance servis dans le cadre de cette expérience ont été décrites et regroupées dans les tableaux 3 et 4. Le sol des parquets est recouvert d'une couche d'environ 5 cm de litière composée de copeaux de bois. La température sous éleveuse était ajustée autour de 35°C le premier jour, puis réduite progressivement en fonction de l'âge.



Figure 1. Aménagement des caisses de transport des poussins

4.2. Paramètres mesurés

Les paramètres ci dessous ont été appréciés pendant deux principales périodes:

- La phase de démarrage, à l'âge de 7 et 14 jours : performances de croissance (PV, IC et mortalité), le poids relatif du sac vitellin, la morphométrie de l'intestin grêle,
- L'âge d'abattage (42 jours) : les performances de croissance et le rendement en découpe.

4.2.1. Performances de croissances

Hebdomadairement, les poulets des quatre lots ont été pesés individuellement jusqu'à l'âge d'abattage. De même, La prise alimentaire a été enregistrée chaque semaine en retirant les quantités non consommées. Ensuite, l'indice de consommation (IC) a été calculé par période (7, 14 et 42 jours) par l'expression suivante :

$$IC = \frac{\text{Aliment consommé en g}}{\text{gain de poids en g}}$$

4.2.2. Sac vitellin, organes internes et morphométrie de l'intestin grêle

Quarante huit heures après l'éclosion, deux poussins par répétition (soit 8 poussins par lot) ont été sacrifiés et leurs sacs vitellins ont été prélevés et pesés (poids relatifs) et comparés. Pour étudier la morphométrie, et le développement des organes internes au cours de la phase de démarrage et à l'abattage, deux poussins par répétition (8 par lot) ont été sacrifiés de nouveau à l'âge de 7 et 42 jours puis éviscérés afin de déterminer le poids relatif des différents organes internes (foie, cœur, pro-ventricule, gésier, pancréas y compris la rate et la bourse de Fabricius). Notons qu'avant l'abattage, les poulets ont été mis à jeûne pour vider le tube digestif.

La morphométrie intestinale des poulets sacrifiés à l'âge de 7 et 42 jours à été étudiée sur les trois compartiments de l'intestin grêle. Les segments intestinaux ont été excisés, l'intestin grêle a été vidé, pesé, puis divisé en trois segments: duodénum (de sortie du gésier à la fin de boucle du pancréas), le jéjunum (de la fin de boucle du pancréas au diverticule de Meckel) et l'iléon (du diverticule de Meckel à la jonction du caecum). La longueur et la densité de ces différents segments ont été mesurées.

4.2.3. Rendement en découpe et gras abdominal

Afin d'apprécier le rendement en découpe, 32 poulets (8 poulets par lot) ont été choisis d'une façon aléatoire à l'âge de 42 jours. Les poulets ont été abattus, saignés, échaudés, déplumés et éviscérés. On a pratiqué une incision cutanée médiane au sommet du bréchet sur la paroi abdominale. Cette incision médiane est complétée par des incisions du côté droit et gauche de la peau. Pour l'ouverture de la carcasse on a pratiqué une boutonnière avec des ciseaux à la pointe du bréchet, on a incisé de part et d'autre du bréchet puis on a sectionné les muscles pectoraux et les cotes au niveau du cartilage de jonction, des os coracoïdes et claviculaires.

Après l'ouverture des carcasses, la totalité du tube digestif a été prélevée au moment de l'éviscération, puis les poulets prêt à cuire (PAC) ont été pesés et disséqués afin de mesurer les rendements en filet, en cuisse et en pilon.

Le rendement en découpe est calculé à partir du rapport entre le poids de chaque morceau et le (PAC) du sujet. Il est exprimé en pourcentage selon l'expression :

$$\text{Rdt en découpe (\%)} = \frac{\text{Pds morceau (g)}}{\text{PAC (g)}} \times 100$$

Comme cela a été décrit par **Ouachem et al. (2015)**, pour faciliter la récupération de la totalité du gras abdominal, les graisses ont été retirées après refroidissement des carcasses pendant une nuit à une température de réfrigération.

5. Analyse statistique

Toutes les données relatives aux différents paramètres étudiés ont été analysées par ANOVA à deux facteurs en utilisant la procédure de modèle linéaire général du logiciel de statistiques JMP (**SAS Institute Inc., 2002**). Le modèle statistique intègre l'effet de la durée du transport des poussins d'un jour et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport, ainsi leurs interactions. La différence entre les moyennes est déterminée par le test post ANOVA et les différences sont considérées comme significative si la valeur $P < 0.05$.

6. Résultats et discussions

6.1. Performances de croissance

Les résultats des performances de croissance réalisés par les sujets des quatre lots à l'arrivée des poussins (PV_1), à l'âge de 07, 14 et 42 jours sont représentés dans le tableau 7.

Tableau 7. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur le poids vif (g).

Variable	PV ₀	PV ₁	J7	J 14	J 42
CD	43.38	44.21 ^a	144.5	357.5	2580.7 ^a
LD	43.55	40.86 ^b	138.3	340.3	2474.2 ^b
AE-	43.52	41.50 ^b	130.3 ^b	330.1 ^b	2468.7 ^b
AE+	43.41	43.57 ^a	152.6 ^a	367.7 ^a	2586.2 ^a
CD-	43.39	42.90	132.7	339.7	2535.8
CD+	43.38	45.52	156.4	375.2	2625.6
LD-	43.65	40.09	127.8	320.5	2401.5
LD+	43.44	41.63	148.9	360.2	2546.8
Valeurs de P					
D	0.523	<0.001	0.290	0.129	0.036
AE	0.651	0.002	0.001	0.004	0.023
D × AE	0.709	0.322	0.810	0.846	0.552

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus). (PV₀): poids poussin sortie couvoir ; (PV₁): poids poussin à l'installation ; (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE): effet interaction durée x accès aliment-eau.

Immédiatement après le transport, le poids vif des poussins a été significativement diminué (-6.12% ; $P < 0.001$) chez les poussins ayant été transportés pendant 6 h (LD). Cette baisse de poids persiste jusqu'au 42^{ème} jour (-4.13% ; $P = 0.036\%$). Par ailleurs, l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins a eu un effet positif sur le poids vif des poulets durant toutes les phases d'élevage ($P < 0.05$). Aucune interaction significative n'a été observée entre la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins ($P > 0.05$).

Les résultats de diverses études concernant les effets de la durée du transport et le temps d'accès à l'aliment et l'eau des poussins d'un jour sur les performances de croissance étaient généralement incohérents. Dans nos conditions expérimentales, lorsque les poussins sont soumis à de longues durées de transport (6 h), la perte de poids est plus importante et par conséquent, le poids des poussins est plus faible lors de la mise en élevage.

Selon **Bergoug et al. (2013)**, comparativement à un lot de poussin installé aussitôt sans recours au transport, le poids des poussins transportés pendant 4h et 10h est significativement inférieur ($P < 0.05$). Cet effet a persisté jusqu'à l'âge de 21 jours, avec cependant, absence d'effet significatif à l'âge d'abattage, selon la même référence. De plus, **Jacobs et al. (2016)**, ont comparé le poids vif de poussins transportés pendant 1h30 ou 11 h sans accès à l'aliment et l'eau, ces derniers ont rapporté que le transport de 11 h s'accompagne de poids vifs moins performants et que cet effet négatif sur le poids vif n'était pas visible au-delà de 7 jours et qu'en conclusion, la durée du transport n'était pas négative sur l'état de bien-être et la productivité des poussins.

Dans nos conditions expérimentale (2 facteurs: durée du transport et accès aliment-eau). La différence de gain de poids (PV1) observée chez les sujets du groupe (CD+) après le transport est dépendante de l'ingéré alimentaire (accès à l'aliment et l'eau) au cours du trajet. Par ailleurs, chez les sujets (LD+), l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport semble être à l'origine du maintien du poids à la sortie du couvoir. En effet, une exposition à une longue durée privée d'aliment est à l'origine de stress qui épuise le poussin, avec une dégradation éventuelle de son poids initial.

Contrairement aux résultats positifs de l'accès à l'aliment et l'eau sur le poids vif observés durant toute la période d'élevage dans le cadre de cet essai, **Holleman et al. (2018)** ont trouvé que l'accès tardif à l'aliment et l'eau impactait le gain de poids des poussins seulement au cours des deux premières semaines d'élevage, mais aucune différence significative n'est observée sur le poids vif ni sur l'indice de consommation à la fin de la période d'élevage. **Kidd et al. (2007)** ont aussi rapporté que l'accès précoce à l'aliment et l'eau 5 h avant la mise en place n'a aucun effet sur le poids corporel à l'âge d'abattage. Des observations similaires ont été faites par **Eratalar et Türkoğlu. (2017)**, particulièrement chez les dindonneaux, où il a été observé que l'accès à l'aliment au cours du transport a eu un effet bénéfique sur le gain de poids pendant les deux premières semaines de vie mais aucune différence n'a été observée sur les performances ultérieures. Toutefois, il est important de signaler que la durée du jeûne des poussins est toujours plus longue que la durée du transport si l'on considère l'âge biologique rapporté par **Careghi et al. (2005)**. En effet, la fenêtre d'éclosion (temps éclosion-sortie éclosoir) contribue à l'amplitude de l'effet de la période d'attente post-éclosion/durée du transport sur les poussins. Cette période d'attente est plus ou moins longue en fonction du moment de l'éclosion et de la durée de transport. Il a été rapporté par **Sklan et al. (2000)** que les poussins éclos précocement (0 à 22 h) en présence d'aliment dans les paniers en éclosoir bénéficient d'avantage de l'apport alimentaire que ceux éclos

tardivement (22 h à 48 h) dans la fenêtre d'éclosion. Dans la présente étude, en prenant en compte l'âge biologique comme il a été rapporté par **Careghi et al. (2005)** et **Powell et al (2016)**, la fenêtre d'éclosion du poussin utilisé peut être estimée à 28 h selon les registres du couvoir interfère avec le temps des manipulations au couvoir estimé à 03h en moyenne et le temps écoulé pendant le transport (1.5h et 06h). Au total, les poussins soumis aux traitements (CD-) ou (LD-) ont été privés d'aliment et d'eau 32.5 h et 37.0 h, respectivement. Le traitement (LD-) est au-dessus du seuil (36.0 h) décrit par **de Jong et al. (2017)**, responsable d'effets négatif persistants sur le poids vif et la mortalité. Par conséquent, les différences entre les études peuvent être, en partie liés à la durée réelle de jeûne des poussins en raison des différences de fenêtres d'éclosions entre les couvoirs ou de à de tiers facteurs autres que la durée du transport.

Tableau 8. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur la consommation d'aliment (g/sujet)

Variable	J 07	J 14	J 42
CD	120.9 ^b	398.5	3997.5
LD	135.9 ^a	405.8	4073.3
AE-	126.9	386.9 ^b	3944.9 ^b
AE+	129.9	417.3 ^a	4125.9 ^a
CD-	110.9 ^b	379.6	3941.9
CD+	130.9 ^{ab}	417.3	4053.1
LD-	142.9 ^a	394.3	3947.9
LD+	128.8 ^{ab}	417.3	4198.7
	Valeurs P		
D	0.031	0.580	0.349
AE	0.639	0.036	0.038
D x AE	0.017	0.578	0.387

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$) ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE) : effet interaction durée x accès aliment-eau.

Les résultats du tableau 8 ont montré que la longue durée de transport des poussins est accompagnée d'une augmentation significative de l'ingéré alimentaire à l'âge de 7 jours. Cet effet n'a pas été maintenu à l'âge d'abattage. Par ailleurs, l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport a permis d'augmenter significativement l'ingéré alimentaire des poulets de la deuxième semaine jusqu'à l'âge d'abattage (42 jours). Une interaction significative entre la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins a été observée à l'âge de 7 jours sur la consommation d'aliment.

Par conséquent, il est probable que la disponibilité de l'aliment et l'eau au cours du transport de longue durée des poussins a eu un effet plus prononcé sur la consommation

d'aliment à la première semaine. Les effets négatifs d'un transport de longue durée seraient en partie atténués par la disponibilité de l'aliment et l'eau au cours du transport. Cet effet d'interaction peut également suggérer que le transport de longue durée, sans accès à l'aliment et l'eau, a probablement entraîné une augmentation de la consommation d'aliment au début de la vie des poussins pour compenser la longue privation de nourriture en faveur du phénomène de croissance compensatrice (**Plavnik and Hurwitz 1985 ; Özkan et al., 2010**). La consommation d'aliment la plus élevée constatée dans la présente expérience chez le groupe de poussins ayant accès à l'aliment et l'eau est en agrément avec les résultats rapportés par **Vargas et al. (2009)** qui ont observé une augmentation significative de l'ingéré alimentaire avec un accès précoce à l'aliment avant la mise en place du poussin.

Dans cette étude, la mortalité n'a pas été affectée par les traitements. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par **Jacobs et al. (2017)**, qui ont remarqué que les durées de transport de 1.5 et 11.0 h n'ont pas affecté de manière significative le taux de mortalité. De plus, **Bergoug et al. (2013)** n'ont pas observé d'effet significative de la durée du transport sur la mortalité entre les groupes de 0.0 h, 4.0 h et 10.0 h de transport. **Almeida et al. (2006)** ont rapporté que la mortalité totale n'a pas été affectée significativement par des périodes de jeûne de 12 h et 24 h après l'éclosion. D'autre part, **Chou et al. (2004)** ont suggéré que chaque augmentation de 1 km de la distance de transport entraînait une augmentation de 0.05% de la mortalité des poulets pendant la première semaine.

Tableau 9. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur l'indice de consommation

Variables	J 07	J 14	J 42
CD	1.18 ^a	1.26 ^a	1.57 ^a
LD	1.45 ^b	1.36 ^b	1.68 ^b
AE-	1.46 ^b	1.34	1.63
AE+	1.17 ^a	1.28	1.62
CD-	1.22	1.27	1.58
CD+	1.13	1.25	1.57
LD-	1.70	1.41	1.67
LD+	1.20	1.31	1.68
Valeurs P			
D	0.036	0.018	0.004
AE	0.029	0.110	0.895
D × AE	0.101	0.309	0.826

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$) ; (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE): effet interaction durée x accès aliment-eau.

Les résultats du tableau 9 montrent que comparativement au lot longue durée, les poussins soumis à une courte durée de transport (1,5 h) ont été marqués par une amélioration significative de l'indice de consommation à l'âge de 7 jours (-18.62% ; P= 0.036), à l'âge de 14 jours (-7.35% ; P= 0.018) et à l'âge de 42 jours (-6.55% ; P= 0.004). Cependant, l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins a permis d'améliorer l'indice de consommation (-19.86% ; P=0.029) uniquement à l'âge de 7 jours. L'effet significatif interaction accès aliment et eau- transport n'a pas été observé.

L'amélioration observée concernant l'indice de consommation chez les groupes de courte durée n'est pas en conformité avec les conclusions de **Bergoug et al. (2013)** et **Jacobs et al. (2016)** qui ont rapporté que l'IC n'a pas significativement été influencé par des différentes durées de transport. Nous avons également constaté que l'accès précoce à l'aliment et l'eau au cours du transport avait un effet significatif sur l'IC pendant la première semaine de vie seulement. Ces résultats sont en accord avec ceux observés par **Gonzales et al. (2003)**.

6.2.Rendement de carcasse et gras abdominal

Les différents résultats concernant le rendement de carcasse et le gras abdominal sont mentionnés dans le tableau 10.

Tableau 10. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur les rendements en découpe et le gras abdominal à l'âge de 42 jours.

Variables	Poulet prêt à cuire	Gras abdominal	Cuisse	Pilon	Filet
CD	69.01	1.36	5.37	4.61	11.30
LD	67.46	1.54	5.24	4.58	10.70
AE-	68.47	1.29 ^b	5.41	4.53	10.57 ^b
AE+	68.00	1.61 ^a	5.19	4.67	11.43 ^a
CD-	68.95	1.26	5.57	4.41	10.72
CD+	69.07	1.47	5.17	4.82	11.89
LD-	67.99	1.33	5.26	4.65	10.43
LD+	66.94	1.76	5.21	4.51	10.97
Valeurs P					
D	0.099	0.089	0.342	0.803	0.086
AE	0.609	0.004	0.123	0.324	0.017
D x AE	0.521	0.278	0.223	0.056	0.356

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes (p<0.05) ; (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE): effet interaction durée x accès aliment-eau.

Les résultats du tableau 10 représentent les effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur les rendements en découpe et le gras abdominal à l'âge d'abattage. Sous la lumière des résultats obtenus, on constate que la durée du transport n'a aucun effet sur les rendements en poulet prêt à cuire, en filet, en cuisse, en pilon, ainsi que le taux de gras abdominal. Cependant, l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport augmente de façon significative le poids relatif du gras abdominal (+24.8% ; P=0.004) et celle du filet (+8.14% ; P=0.017), avec cependant absence d'effets significatifs sur les rendements du poulet prêt à cuire, en cuisse et en pilon.

Les résultats de la présente étude sont en accord avec ceux rapportés par **Powell et al. (2016)**, selon lesquels l'accès précoce à l'aliment et l'eau a eu un effet positif sur le développement en viande et notamment celui du filet.

Conformément à nos résultats, **Schivazad et al. (2007)** ont conclu que le rendement en filet des poulets alimentés immédiatement après l'éclosion a été amélioré significativement par rapport aux poussins alimentés à l'arrivée du bâtiment d'élevage ou à ceux alimentés 12.0 heures après la mise en élevage. Ces résultats peuvent s'expliquer par la prolifération plus élevée des cellules satellites musculaires chez les poussins nourris précocement, ce qui résulte en un développement musculaire plus élevé (**Halevy et al., 2000 ; Moore et al., 2005**).

Indépendamment de la durée de transport, le taux de gras abdominal a augmenté de manière significative chez les sujets soumis à l'accès aliment-eau au cours du transport. Ce constat ne réhabilite pas l'absence d'effet significatif de l'alimentation post-éclosion sur le gras abdominal du poulet de chair rapporté par **El-Husseiny et al. (2008)**.

Par ailleurs, l'accès précoce à l'aliment et l'eau a entraîné une amélioration du poids vif et une augmentation d'ingestion alimentaire à l'âge d'abattage (42 jours), expliquant par voie de conséquence, l'accroissement du rendement en filet et du gras abdominal.

6.3. Modifications morphologique des organes internes

Les différents résultats des poids relatifs du sac vitellin et des organes internes sont consignés dans le tableau 11.

Tableau 11. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur le poids des organes internes à la phase de démarrage.

Variables	48 heures				A 7 jours							
	Sac vitellin		Pro-ventricule		Gésier		Foie		Coeur		Pancréas	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
CD	1.17	2.45	0.89	1.03	3.67	4.24	3.76	4.33	0.76	0.89	0.41	0.47
LD	1.37	2.71	0.91	1.01	3.68	4.19	3.84	4.24	0.81	0.91	0.43	0.49
AE-	0.93 ^b	2.37	0.83 ^b	1.12 ^a	3.15 ^b	4.26	3.35 ^b	4.53 ^a	0.71 ^b	0.95 ^a	0.39 ^b	0.53 ^a
AE+	1.61 ^a	2.79	0.96 ^a	0.93 ^b	4.20 ^a	4.16	4.25 ^a	4.04 ^b	0.86 ^a	0.84 ^b	0.45 ^a	0.44 ^b
CD-	0.93	2.29	0.83	1.15	4.04	4.21	3.41	4.67	0.69	0.94	0.38	0.52
CD+	1.39	2.61	0.94	0.92	4.29	4.28	4.11	3.98	0.84	0.83	0.44	0.43
LD-	0.93	2.45	0.83	1.10	3.25	4.32	3.29	4.38	0.73	0.97	0.40	0.54
LD+	1.82	2.96	0.99	0.93	4.11	4.06	4.39	4.09	0.89	0.85	0.46	0.45
Valeurs P												
D	0.178	0.261	0.669	0.658	0.900	0.684	0.784	0.652	0.31	0.501	0.324	0.33
AE	<0000	0.076	0.019	0.000	<0000	0.516	0.005	0.021	0.001	0.001	0.03	0.000
D x AE	0.154	0.674	0.635	0.525	0.156	0.245	0.518	0.320	0.906	0.799	0.979	0.908

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$) ; (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE): effet interaction durée x accès aliment-eau

Les résultats du tableau 11 montrent qu'en dehors de l'effet accès du facteur aliment-eau, quelque-soit la durée du transport des poussins, le poids du sac vitellin à l'âge de 2 jours n'a pas été affecté de manière significative. Cette absence d'effet a aussi été notée à l'âge de 07 et 42 jours pour les organes internes (pro-ventricule, gésier, foie, cœur et pancréas). Cependant, l'étude statistique a fait ressortir que l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport affecte significativement le poids relatif du pro-ventricule (-16.96% ; $P < 0.001$), du foie (-10.82% ; $P = 0.021$), du cœur (-13.09% ; $P = 0.001$) et du pancréas (-16.98% ; $P < 0.001$) à l'âge de 7 jour. Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements à l'âge de 42 jours. Aucune interaction significative entre la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport n'a été observée sur les poids relatifs des organes internes.

Dans la présente étude, le poids du sac vitellin n'a pas changé significativement entre les traitements. Cela peut partiellement être expliqué par les durées de transport appliquées qui paraissent raisonnables (1.5 et 6 h) par rapport à d'autres contextes expérimentaux. En effet, faisant référence à une étude de méta-analyses récentes il a été conclu que l'accès

retardé à l'alimentation et à l'eau entre 24.0 et 48.0 h n'affecte pas le poids relatif du sac vitellin et qu'après 72.0 h de retard, le poids du sac vitellin se résorbe de manière significative (**de Jong et al., 2017**). En outre, plusieurs autres paramètres peuvent influencer le poids du sac vitellin, en particulier, la durée de jeûne (**Bhanja et al., 2009**) et le stress physiologique lié aux conditions du transport (**Khosravinia 2015**). Selon cette dernière référence, le transport des poussins d'un jour sur une distance allant jusqu'à 800 km s'accompagne d'une diminution du poids du sac vitellin de manière linéaire à un taux de 0.063 g par 100 km. Cependant, la distance couvrir- site expérimental était d'environ 450 km ; fait expliquant en partie les controverses entre les études.

Faisant abstraction de la notion du poids relatif, on constate également à travers l'étude statistique que l'effet du facteur accès aliment-eau a entraîné une augmentation du poids réel des organes internes à l'âge de 7 jours, attribuable au meilleur taux de croissance et de poids vif plus élevé dans ces groupes. Cette constatation est similaire à celle rapportée par **El-Husseiny et al. (2008)** avec une alimentation précoce qui avait tendance à augmenter la croissance des organes internes (foie, cœur, pro-ventricule et gésier) par rapport à un accès limité à l'eau sans aliment. Des durées de jeûnes de 56 h chez des dindonneaux (**Corless et al., 1999**) et 48.0 et 72.0 h chez des poussins chair (**Maiorka et al., 2003**) ont entraîné une diminution du poids du pro-ventricule et du gésier. D'après la même citation, il semble que les poids du pro-ventricule et du gésier baissent négativement par un accès retardé à l'aliment et l'eau supérieur ou égal à 48.0 heures. En revanche, **Bhanja et al. (2009)** ont rapporté que l'accès précoce à l'aliment et l'eau pendant les 24 premières heures entraîne une augmentation du poids relatif du foie et du pancréas chez les poussins à la première semaine d'âge par rapport à ceux qui avaient un accès tardif à la nourriture (32.0 à 48.0 heures). Cependant, les poids relatifs du gésier et du pro-ventricule n'ont pas été affectés par la privation de nourriture jusqu'à 48.0 h, rapportent ces auteurs. Dans la présente étude, nous pouvons supposer que les retards de 32.5 h et 37.0 h à l'accès à l'aliment et l'eau pour les traitements (CD-) et (LD-) n'étaient pas assez importants pour entraîner des différences significatives dans le pro-ventricule, le foie de gésier, le cœur et le pancréas.

Tableau 12. Effets de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins sur les poids relatifs de la bourse de Fabricius et de la rate

Variables	B.F 7J		Rate 7J		B.F 42J		Rate 42J	
	g	%	g	%	g	%	g	%
CD	0.11	0.13	0.06	0.06	2.673	0.109	1.754	0.066
LD	0.12	0.13	0.06	0.06	2.923	0.099	2.060	0.074
AE-	0.08	0.11 ^b	0.04	0.05	2.999	0.114	2.039	0.074
AE+	0.15	0.15 ^a	0.07	0.07	2.597	0.094	1.775	0.065
CD-	0.078	0.108	0.041	0.056	2.821	0.108	1.774	0.069
CD+	0.148	0.149	0.074	0.072	2.526	0.090	1.735	0.064
LD-	0.081	0.108	0.043	0.048	3.178	0.120	2.305	0.080
LD+	0.155	0.147	0.069	0.064	2.669	0.099	1.815	0.068
Valeurs P								
D	-	0.932	-	0.3417	-	0.289	-	0.209
AE	-	0.002	-	0.063	-	0.059	-	0.145
D x AE	-	0.961	-	0.978	-	0.850	-	0.526

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus). (B.F): Bourse de Fabricius ; (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE) : effet interaction durée x accès aliment-eau.

Les résultats du tableau ci-dessus montrent que le développement des poids relatifs de la bourse de Fabricius et la rate n'a été impacté ni par la courte durée, ni par la longue durée de transport, tant à 7 jours ou à 42 jours. Cependant, l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour a eu un effet significatif ($P=0.002$) sur le poids relatif de la bourse de Fabricius et apporte une amélioration numérique à celui de la rate à l'âge de 7 jours. En outre, cet effet ne s'est pas manifesté à l'âge d'abattage ($P > 0.05$). Aucune interaction significative n'a été observée entre la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins.

Les résultats de la présente étude sont en accord avec ceux rapportés par **Dibner et al. (1998)**, selon lesquels le poids de la bourse de Fabricius était significativement augmenté à l'âge de 3 jours chez des poussins ayant eu un accès immédiat aux aliments après l'éclosion par rapport à leurs homologues soumis à une période de jeûne pendant 48.0 heures. De même, ce constat est comparable aux observations faites par **Bhanja et al. (2009)** et ceux de **Panda et al. (2010)**, qui ont rapporté qu'un accès prolongé à l'aliment et l'eau après l'éclosion affecte de manière significative le développement de la bourse de Fabricius et la rate. **Dibner et al. (1998)** ont expliqué que l'accès retardé aux aliments s'accompagne d'un retard d'apparition des IgA biliaires et des centres germinatifs, par conséquent une diminution de la

prolifération des lymphocytes. Aussi, selon **Bar-Shira et al. (2005)** un retard de maturité de la bourse de Fabricius pénalise la croissance des populations de cellules B et T.

6.4. Morphométrie de l'intestin grêle (longueur relative et densité)

Les résultats des modifications morphométriques des différents segments intestinaux de l'intestin grêle à l'âge de 07 et 42 jours sont consignés dans les tableaux 13 et 14.

Le tableau 13 montre les effets la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport de poussins d'un jour sur la longueur relative (% longueur intestin grêle) des différents segments intestinaux. Le tableau 14 montre les effets la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur la densité des différents segments intestinaux.

Tableau 13. Effets des traitements sur la longueur (% longueur intestin grêle) des différents segments intestinaux à l'âge de 7 et 42 jours.

Variables	Longueur 07 jours			Longueur 42 jours		
	Duodénum	Jéjunum	Iléon	Duodénum	Jéjunum	Iléon
CD	20.91	47.56	31.54	18.63	47.81	33.31
LD	21.14	48.28	30.58	17.77	48.53	32.81
AE-	20.43 ^b	48.04	31.53	18.21	48.60	32.26
AE+	21.62 ^a	47.79	30.59	18.19	47.74	33.86
CD-	20.49	47.59	31.92	18.55	48.32	32.57
CD+	21.32	47.52	31.16	18.72	47.31	34.06
LD-	20.36	48.50	31.15	17.88	48.88	31.96
LD+	21.93	48.06	30.01	17.66	48.17	33.65
Valeurs P						
D	0.674	0.276	0.212	0.103	0.209	0.555
AE	0.038	0.700	0.217	0.964	0.133	0.071
D x AE	0.506	0.782	0.805	0.711	0.789	0.905

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus). (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE) : effet interaction durée x accès aliment-eau.

Tableau 14. Effets la durée de transport et l'accès Aliment-Eau sur la densité (g/cm^2) des différents segments intestinaux à l'âge de 7 et 42 jours.

Variables	Densité 07 jours			Densité 42 jours		
	Duodénum	Jéjunum	Iléon	Duodénum	Jéjunum	Iléon
CD	0.106	0.08	0.06	0.188	0.136	0.118
LD	0.107	0.08	0.06	0.206	0.144	0.117
AE-	0.10 ^b	0.07 ^b	0.07	0.193	0.140	0.118
AE+	0.11 ^a	0.09 ^a	0.06	0.201	0.140	0.117
CD-	0.096	0.076	0.066	0.177	0.127	0.114
CD+	0.116	0.079	0.062	0.199	0.146	0.122
LD-	0.102	0.067	0.071	0.209	0.153	0.122
LD+	0.111	0.094	0.049	0.203	0.134	0.112
Valeurs de P						
D	0.985	0.689	0.581	0.181	0.649	0.938
AE	0.049	0.039	0.084	0.515	1.000	0.911
D x AE	0.411	0.092	0.220	0.280	0.262	0.426

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus). (CD): courte durée du transport ; (LD): longue durée du transport ; (AE-): absence Aliment-Eau pendant le transport ; (AE+): accès Aliment-Eau pendant le transport ; (CD-): courte durée de transport sans accès à l'aliment et l'eau ; (CD+): courte durée de transport avec accès à l'aliment et l'eau ; (LD-): longue durée sans accès à l'aliment et l'eau ; (LD+): longue durée avec accès à l'aliment et l'eau ; (D): effet durée du transport ; (AE): effet accès aliment-eau ; (D x AE) : effet interaction durée x accès aliment-eau.

Les résultats des tableaux 13 et 14 montrent que la durée du transport n'a pas d'effet significatif sur la morphométrie (longueur et densité) des trois segments intestinaux (duodénum, jéjunum et iléon) à l'âge de 7 et 42 jours. Cependant, à l'âge de 7 jours, l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins a eu un effet significatif sur la longueur du duodénum ($P=0.04$) et la densité du duodénum ($P=0.04$) et du jéjunum ($P < 0.05$). L'effet interaction durée du transport et accès à l'aliment-eau au cours du transport n'a pas été observé sur la densité et la longueur des trois segments intestinaux.

Dans la présente étude, les réponses significatives observées au niveau duodéanal et jéjunale à l'âge de 7 jours étaient en général en accord avec celles rapportées par **Ganjali et al. (2015)** qui ont relevé une meilleure longueur de l'intestin grêle chez des oiseaux soumis à un accès à l'alimentation 6 h après l'éclosion par rapport à un lot exposé à un retard d'alimentation (18 h après l'éclosion). Par ailleurs, ces observations vont en pair avec les résultats de **Kovaříková (2013)** qui avait rapporté un effet favorable de l'accès à l'alimentation pendant le transport des poussins sur le développement des villosités et des cryptes intestinales. En outre, selon différents auteurs, l'accès aux aliments et l'eau juste après l'éclosion est susceptible d'entraîner des effets positifs sur la morphologie intestinale, l'activité enzymatique digestive, stimule la croissance précoce du tractus digestif (**Uni et al., 1998 et 1999; Corless et Sell 1999; Geyra et al., 2001; Noy et al., 2001; Bigot et al., 2003**)

et que ce développement intestinal précoce participe à l'amélioration de l'efficacité digestive et les performances du poulet (**Batal et Parsons, 2002 ; Fairchild et al., 2006**).

Par ailleurs, selon **Yamauchi (2002)** et **Ariyadi et al. (2019)**, un accroissement de la longueur et de la densité de l'intestin grêle pourraient s'accompagner d'une augmentation de la surface de l'intestin grêle impliquée dans l'absorption des nutriments (surface des villosités et cryptes intestinales). En revanche, il semble que certaines parties du tractus gastro-intestinal des poussins, comme le duodénum et le jéjunum, sont plus sensibles à un accès précoce à l'aliment et l'eau par rapport à l'iléon au moyen de la prolifération cellulaire (**Geyra et al., 2001**).

7. Conclusion

Les résultats de cet essai montrent qu'indépendamment de la durée de transport, l'accès à l'aliment et l'eau pendant le transport des poussins permet d'améliorer les performances de démarrage et d'abattage des poulets. Cet effet semble être associé à un meilleur statut immunitaire, motivé par l'amélioration des poids relatifs de la bourse de Fabricius et de la rate des poussins à l'âge de 7j. Par ailleurs, l'estimation de la durée maximale précédant l'accès à l'aliment et l'eau dans les conditions de cette expérience (environ 37 h : depuis le début d'éclosion jusqu'à la mise en place en poussinière) coïncide avec la durée limite rapportée dans la littérature susceptible d'augmenter la mortalité et de dégrader les performances du poulet de chair.

References:

- Afnor., 1985. Association Française de Normalisation, Aliment des animaux. Méthodes d'analyses françaises et communautaires, 2^{ème} éd. Paris, France.
- Almeida J.G., Vieira S.L., Gallo B.B., Conde O.R.A., Olmos A.R., 2006. Period of incubation and posthatching holding time influence on broiler performance. *Braz. J. Poult. Sci.* 8(3):153-158.
<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2006000300003>
- Ariyadi B., Sudaryati S., Harimurti S., Wihandoyo., Sasongko H., Habibi M.F., Rahayu D., 2019. Effects of feed form on small intestine histomorphology of broilers. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 387:012047.
- Bar-Shira E., Sklan D., Friedman A., 2005. Impaired immune responses in broiler hatchling hindgut following delayed access to feed. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 105(1-2):33–45. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2004.12.011>

- Batal A.B., Parsons C.M., 2002. Effect of fasting versus feeding oasis after hatching on nutrient utilization in chicks. *Poult. Sci.* 81(6):853-859.
<https://doi.org/10.1093/ps/81.6.853>
- Bergoug H., Guinebretière M., Tong Q., Roulston N., Romanini C.E.B., Exadaktylos V., Berckmans D., Garain P., Demmers T.G.M., Mcgonnell I.M., Bahr C., Burel C., Eterradossi N., Michel V., 2013. Effect of transportation duration of 1-day-old chicks on postplacement production performances and padodermatitis of broilers up to slaughter age. *Poult. Sci.* 92(12):3300–3309.
<https://doi.org/10.3382/ps.2013-03118>
- Bhanja S.K., Anjali D.C., Panda A.K., Shyam S.G., 2009. Effect of post hatch feed deprivation on yolk-sac utilization and performance of young broiler chickens. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 22(8):1174-1179.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80528>
- Bigot K., Mignon-Grasteau S., Picard M., Tesseraud S., 2003. Effects of delayed feed intake on body, intestine, and muscle development in neonate broilers. *Poult. Sci.* 82(5):781–788.
<https://doi.org/10.1093/ps/82.5.781>
- Careghi C., Tona K., Onagbesan O., Buyse J., Decuypere E., Bruggeman V., 2005. The effects of the spread of hatch and interaction with delayed feed access after hatch on Broiler performance until seven days of age. *Poult. Sci.* 84(8):1314–1320.
[DOI: 10.1093/ps/84.8.1314](https://doi.org/10.1093/ps/84.8.1314)
- Chou C.C., Jiang D.D., Hung Y.P., 2004. Risk factors for cumulative mortality in broiler chicken flocks in the first week of life in Taiwan. *Br. Poult. Sci.* 45(5):573–577.
<http://dx.doi.org/10.1080/000716604000006248>.
- Corless A.B., Sell J.L., 1999. The effects of delayed access to feed and water on the physical and functional development of the digestive system of young turkeys. *Poult. Sci.* 78(8):1158–1169.
<https://doi.org/10.1093/ps/78.8.1158>
- de Jong I.C., van Riel J., Bracke M.B.M., van den Brand H., 2017. A 'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. *PLoS One.* 12(12): e0189350.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189350>
- Decuypere E., Tona K., Bruggeman V., Bamelis F., 2001. The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poult. Sci.J.* 57(2):127–138.

DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS20010010>

Dibner J.J., Knight C.D., Kitchell M.L., Atwell C.A., Downs A.C., Ivey F.J., 1998. Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 7(4):425–436.

<https://doi.org/10.1093/japr/7.4.425>

EL-Husseiny O.M., Abou El-Wafa S., El-Komy H.M.A., 2008. Influence of fasting or early feeding on broiler performance. *Int. J. Poult. Sci.* 7(3): 263-271.
DOI:10.3923/ijps.2008.263.271

Eratarlar S., Türkoğlu M., 2017. The Effects of Immediate Feeding in Delivery Boxes Posthatch on Growth Performance of Turkey Poults. *International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences.* 3 (1): 33-39.

DOI: 10.24180/ijaws.298456

European Union Council., 2005. Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December, 2004, on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97. *Off. J. Eur. Union L 3:1–44.*

Fairchild B.D., Northcutt J.K., Mauldin J.M., Buhr R.J., Richardson L.J., Cox N.A., 2006. Influence of water provision to chicks before placement and effects on performance and incidence of unabsorbed yolk sacs. *J. Appl. Poult. Res.* 15(4):538–543.

<https://doi.org/10.1093/japr/15.4.538>

Ganjali H., Raji A.R., Zarghi H., 2015. Effect of post hatch delayed access to feed on performance, GIT physical and histological development and yolk absorption in young broiler chicks. *Biomed. pharmacol. J.* 8(2):945-955. <https://dx.doi.org/10.13005/bpj/846>

Geyra A., Uni Z., Sklan D., 2001. The effect of fasting at different ages on growth and tissue dynamics in the small intestine of the young chick. *Br. J. Nutr.* 86(1):53-61.

<https://doi.org/10.1079/BJN2001368>

Gonzales E., Kondo N., Saldanha E.S., Loddy M.M., Care-ghi C., Decuypere E., 2003. Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. *Poult. Sci.* 82(8):1250–1256. <https://doi.org/10.1093/ps/82.8.1250>

Halevy O., Geyra A., Barak M., Uni Z., Sklan D., 2000. Early post-hatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *J. Nutr.* 130(4): 858-864. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.858>

- Holleman M.S., de Vries S., Lammers A., Clouard C., 2018. Effects of early nutrition and transport of 1-day-old chickens on production performance and fear response. *Poult. Sci.* 97(7):2534–2542.
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey106>
- Jacobs L., Delezie E., Duchateau L., Goethals K., Ampe B., Buyse J., Tuytens F.A.M., 2017. Impact of transportation duration on stress responses in day-old chicks from young and old breeders. *Res. Vet. Sci.* 112:172–176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.04.015>
- Jacobs L., Delezie E., Duchateau L., Goethals K., Ampe B., Lambrecht E., Gellynck X., Tuytens F.A.M., 2016. Effect of post-hatch transportation duration and parental age on broiler chicken quality, welfare, and productivity. *Poult. Sci.* 95(9):1973-1979.
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew155>
- Juul-Madsen H.R., Su G., Sørensen P., 2004. Influence of early or late start of first feeding on growth and immune phenotype of broilers. *Br. Poult. Sci.* 45(2):210–222.
<https://doi.org/10.1080/00071660410001715812>
- Khosravinia H., 2015. Physiological Responses of Newly Hatched Broiler Chicks to Increasing Journey Distance During Road Transportation. *Ital. J. Anim. Sci.* 14(3):3964.
<http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2015.3964>
- Kidd M.T., Taylor J.W., Page C.M., Lott B.D., Chamblee T.N., 2007. Hatchery Feeding of Starter Diets to Broiler Chicks. *J. Appl. Poult. Res.* 16(2):234–239.
<https://doi.org/10.1093/japr/16.2.234>
- Kovaříková L., 2013. The effect of feeding 0day chicken during transportation on intestinal development. *MendelNet: Proceedings of International PhD Students Conference*, 20-21 November 2013, Vol.20, Mendel University in Brno, Czech Republic, pp. 451-454.
https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2013/mnet_2013_full.pdf
- Larbier M., Leclercq B., 1992. *Nutrition et alimentation des volailles*. Editions Quae, 355p.
- Lilburn M.S., Loeffler S., 2015. Early intestinal growth and development in poultry. *Poult. Sci.* 94(7):1569–1576.
- Maiorka A., Santin E., Dahlke F., Boleli I.C., Furlan R.L., Macari M., 2003. Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. *J. Appl. Poult. Res.* 12(4):483-492.
<https://doi.org/10.1093/japr/12.4.483>
- Moore D.T., Ferket P.R., Mozdziak P.E., 2005. Early posthatch fasting induces satellite cell self-renewal. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 142(3):331–339.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2005.08.007>

- Noy Y., Geyra A., Sklan D., 2001. The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch poult. *Poult. Sci.* 80(7):912–919.
<https://doi.org/10.1093/ps/80.7.912>
- Noy Y., Sklan D., 1999. Energy utilization in newly hatched chicks. *Poult. Sci.* 78(12):1750–1756.
<https://doi.org/10.1093/ps/78.12.1750>
- Ouachem D., Meredef A., Kaboul N., 2015. The Marl and Kaolin in Broiler Diet: Effects on the Bone Weight and the Cutting Yield. The 6th International Seminar on Tropical Animal Production. October 20-22, 2015, Yogyakarta, Indonesia, pp 72-75.
- Özkan S., Takma Ç., Yahav S., Söğüt B., Türkmüt L., Erturun H., Cahaner A., 2010. The effects of feed restriction and ambient temperature on growth and as cites mortality of broilers reared at high altitude. *Poult. Sci.* 89(5):974–985.
<https://doi.org/10.3382/ps.2009-00293>
- Panda A.K., Bhanja S.K., Shyam Sunder G., 2015. Early post hatch nutrition on immune system development and function in broiler chickens. *World's Poult. Sci.J.* 71(2):285–296.
<https://doi.org/10.1017/S004393391500029X>
- Panda A.K., Raju M.V.L.N., Ramarao S.V., Shyamsunder G., Reddy M.R., 2010. Effect of Post hatch Feed Deprivation on Growth, Immune Organ Development and Immune Competence in Broiler Chickens. *Anim Nutr Feed Techn.* 10(1): 9-17.
- Plavnik I., Hurwitz S., 1985. The performance of broiler chicks during and following feed restriction at an early age. *Poult. Sci.* 64(2):348–355. <https://doi.org/10.3382/ps.0640348>
- Powell D.J., Velleman S.G., Cowieson A.J., Singh M., Muir W.I., 2016. Influence of chick hatch time and access to feed on broiler muscle development. *Poult. Sci.* 95(6):1433–1448.
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew047>
- SAS Institute Inc., 2002. JMPR Statistics and Graphics Guide. Version 5. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Shariatmadari F., 2012. Plans of feeding broiler chickens. *World's Poult. Sci.J.* 68(1):21-31.
<https://doi.org/10.1017/S0043933912000037>
- Sklan D., Noy Y., Hoyzman A., Rozenboim I., 2000. Decreasing Weight Loss in the Hatchery by Feeding Chicks and Poults in Hatching Trays. *J. Appl. Poult. Res.* 9(2):142-148.
<https://doi.org/10.1093/japr/9.2.142>

- Uni Z., Ganot S., Sklan D., 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poult. Sci.* 77(1):75–82.
<https://doi.org/10.1093/ps/77.1.75>
- Uni Z., Noy Y., Sklan D., 1999. Post hatch development of small intestinal function in the poult. *Poult. Sci.* 78(2):215–222.
<https://doi.org/10.1093/ps/78.2.215>
- Uni Z., Smirnov A., Sklan D., 2003. Pre- and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: Effect of delayed access to feed. *Poult. Sci.* 82(2):320–327.
<https://doi.org/10.1093/ps/82.2.320>
- Vargas F.S.C., Baratto T.R., Magalhães F.R., Maiorka A., Santin E., 2009. Influences of breeder age and fasting after hatching on the performance of broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 18(1):8–14.
<https://doi.org/10.3382/japr.2008-00029>
- Yamauchi K., 2002. Review on chicken intestinal villus histological alterations related with intestinal function. *J Poult Sci.* 39: 229-242. <https://doi.org/10.2141/jpsa.39.229>

Deuxième essai :

Effet de l'addition du sirop de menthe à l'eau de boisson au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur performances zootechniques du poulet de chair

1. Résumé

Cet essai a été initié dans le but d'étudier les effets de l'administration d'une eau de boisson additionnée de sirop de menthe au moment du transport des poussins et pendant leur phase de démarrage sur les performances de croissance à l'âge de 07, 14 et 42 jours. A l'éclosion, 256 poussins chair Cobb 500 ont été pesés, bagués et déposés dans des caisses de transport classiques sans dispositif d'abreuvement (témoin) ou dans des caisses expérimentales aménagées avec des tétines d'abreuvement adaptées à la taille des poussins. Le premier groupe a été transporté sans avoir accès au sirop de menthe au cours du transport (témoin : SM-). Le deuxième groupe a été transporté avec accès au sirop de menthe au cours du transport (SM+). Le sirop de menthe a été dilué à l'eau de boisson à raison de 100 ml par litre d'eau (10%). Les deux lots ont été soumis aux mêmes conditions de transport. A l'arrivée au bâtiment d'élevage, les poussins ont été installés à travers deux lots de 128 poussins (8 répétitions de 16 sujets). Pendant toute la durée de l'élevage, les deux groupes de poussins avaient un accès ad libitum à l'aliment et l'eau (avec sirop de menthe durant les 14 premiers jours de démarrage). Les résultats ont montré qu'à l'âge de 7 jours, le traitement expérimental augmente significativement le poids vif (+11.6% ; P=0.021), améliore la morphométrie de l'intestin grêle (poids, longueur et densité) et augmente le poids relatif de la bourse de Fabricius. A l'âge de 42 jours, par rapports au témoin, le poids vif des poulets SM+ a été amélioré significativement (+4.8% ; P=0.035). Néanmoins, on note l'absence d'effets sur le rendement de carcasse, les organes internes et la qualité de la viande. En conclusion, cet essai montre que l'utilisation du sirop de menthe au cours du transport et pendant la phase de démarrage peut être envisagée pour atténuer les effets du stress du transport, préserver la qualité du poussin et assurer le bon démarrage recherché.

2. Introduction

A l'éclosion, le poussin d'un jour est exposé à une série de stress en relation avec les diverses manipulations de tris et de mise en caisse, le délai d'attente au couvoir, les conditions de livraison et de transport et au moment du déchargement des caisses. A cela s'ajoute éventuellement d'autres facteurs de stress tels que la vaccination. L'ensemble de ces facteurs peut être à l'origine de dégradation de la qualité du poussin et d'augmentation de stress physiologiques du poulet (**Khosravinia, 2015**), de chute de performances de croissance au démarrage et à l'âge d'abattage (**Bergoug et al., 2013a ; Koch et al., 2015**). Vu la sensibilité du poussin et sa fragilité, il a été habituellement recommandé dans la plupart des élevages l'administration systématique d'antistress à la mise en place des poussins pour atténuer ces effets. Le recours à l'emploi de substances naturelles pour atteindre cet objectif reste toutefois très peu documenté.

En raison des propriétés médicinales de la menthe en tant que stimulateurs de croissance, anesthésique et sédatif (**Can et Sümer 2019**). Par ailleurs, la menthe se caractérise également par diverses autres activités antimicrobiennes, antifongiques, antioxydantes et anti-inflammatoires de (**Ali, 1999; Padurar et al., 2008**). En outre, de nombreuses études ont montré que l'utilisation de cette plante dans l'alimentation des poulets de chair contribue à faire baisser les taux de cortisol, de cholestérol, de glucose (**Akbari et Toriki 2014**), des triglycérides (**Escop 2003**), de l'acide urique (**Sharifi et al., 2010**) et la prévention du stress oxydatif (**Khodadust et al., 2015**). D'autre part, en conditions expérimentales utilisant plusieurs variétés de menthe, sous différentes formes (poudre, extrait ou infusion) et diverses concentrations à l'eau de boissons ou diluées dans l'alimentation, il a été rapporté une amélioration significative des performances de croissances du poulet de chair (**Durrani et al., 2007 ; Toghyani et al., 2010 ; Asadi et al., 2017 ; Abdel-Wareth et al., 2019**). La menthe a été et demeure cultivable pratiquement dans toutes les régions de l'Algérie et sa production est considérable au sud du pays.

Tenant compte de ces considérations et dans le but de diminuer le stress du transport et de préserver la qualité du poussin livré. On se propose dans le cadre de cette épreuve expérimentale d'étudier les effets de l'addition de sirop de menthe à l'eau de boisson au cours du transport et pendant la phase de démarrage sur les performances de croissances, la morphométrie de l'intestin grêle, le rendement de carcasse et la qualité du poulet de chair.

3. Matériels et méthodes

3.1. Déroulement de l'essai

Les effets de cette étude ont été appréciés à l'âge de 7, 14 et 42 jours sur 256 poussins chair Cobb 500 répartis en deux lots de 128 sujets. A l'éclosion, les poussins ont été pesés, bagués et répartis en deux lots expérimentaux. Le premier lot (SM+) a eu accès au sirop de menthe au moment du transport et pendant les 14 jours de la phase de démarrage, le deuxième lot (témoin : SM-) n'a pas eu d'accès au sirop de menthe. Les caisses expérimentales ont été équipées de tétines d'abreuvement adaptées à la taille des poussins (Figure 2). Le sirop de menthe a été dilué dans l'eau de boisson à raison de 100 ml par litre d'eau (10%). Les deux lots ont été transportés dans les mêmes conditions.

A leur l'arrivée au bâtiment d'élevage, les poussins de chaque lot étaient affectés à 8 parquets de 16 poussins, avec un accès ad libitum à l'aliment et l'eau (avec ou sans sirop de menthe) pendant la toute la durée de l'élevage. La composition chimique et la valeur nutritionnelle des aliments de démarrage et de croissance sont identiques à celles décrites dans la première expérience et sont représentés dans les tableaux 3 et 4. L'aliment démarrage a été présenté sous forme de miettes pendant les deux premières semaines d'élevage, et celui de croissance sous forme de granulé du 15^{ème} jour jusqu'à la fin d'élevage (42j). La température sous éleveuse était ajustée autour de 35°C à l'arrivée des poussins, puis elle a été graduellement baissée pour atteindre 20°C à l'âge d'abattage. La litière était composée de copeaux de bois.



Figure 2. Système d'abreuvement dans les caisses de transport des poussins

3.2. Paramètres mesurés

3.2.1. Performances de croissances

Le poids vif des animaux a été suivi individuellement à l'âge de 7, 14 et 42 jours. Le poids vif, l'ingéré alimentaire et l'indice de consommation (IC) ont été contrôlés hebdomadairement pour chaque parquet. Le nombre d'animaux morts a été enregistré quotidiennement.

3.2.2. Morphométrie des organes internes et lymphoïdes

Comme dans l'expérience précédente, les poids des organes internes (proventricule, foie, gésier, foie, cœur et pancréas) et les organes lymphoïdes (la bourse de Fabricius et la rate) ont également été mesurés à l'âge de 7 et 42 jours. A cet effet, 16 animaux par traitement (32 poulets au total) ont été choisis d'une façon aléatoire. Les poulets ont été abattus, saignés, échaudés, déplumés, effilés puis éviscérés. Les poids relatifs des organes ont été exprimés en pourcent du poids vif des animaux au moment de l'abattage.

3.2.3. Morphométrie de l'intestin grêle

De la même façon que dans la première expérimentation, l'ensemble du tube digestif a été prélevé (16 animaux/traitement). Les différentes parties anatomiques ont été différenciées: le duodénum, le jéjunum et l'iléon. La longueur, le poids et la densité de chaque partie de l'intestin ont été mesurés à l'âge de 7 et 42 jours. La densité de l'intestin grêle (g/cm^2) a été déterminée sur une portion de chaque segment. Des fragments de 5 cm de duodénum, de jéjunum et d'iléon ont été coupés, vidés, pesés, puis ouverts longitudinalement et étalés sur une surface plane pour mesurer leur largeur en cm. La densité exprimée en g/cm^2 est calculée par la relation classique :

$$\text{Densité (g/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Poids segment (g)}}{\text{Surface du segment (cm}^2\text{)}}$$

3.2.4. Rendement en découpe et gras abdominal :

De la même manière que dans la première expérience, le rendement en découpe a été exprimé en pourcent sur les 32 sujets abattus à partir du rapport entre le poids de chaque morceau (filet, cuisse et pilon) et le poids du poulet prêt à cuire (PAC) du sujet. Le pourcentage de gras abdominal a aussi été déterminé selon le protocole décrit par **Ouachem**

et al. (2015), après le refroidissement des carcasses pendant une nuit à une température de réfrigération. Les différents rendements ont été déterminés par l'expression :

$$\text{Rdt en découpe}(\%) = \frac{\text{Pds découpe (g)}}{\text{PAC (g)}} \times 100$$

Rdt : Rendement en découpe en % ;

Pds découpe : Poids du morceau en g ;

PAC : Poids du poulet prêt à cuire en g.

3.2.5. Qualité de la viande :

Les indicateurs de qualité de viande (pH et la couleur du filet) ont été évalués 24 heures après abattage. Le pH ultime a été mesuré par l'insertion directe d'une électrode de mesure de pH dans les muscles pectoraux alors que la mesure de couleur a été réalisée à l'aide d'un Miniscan Spectrocolorimètre (Color reader CR-10, konica minolta, Japan) selon le système trichromatique CIELAB comportant les valeurs de la luminosité (L^*), de l'intensité du rouge (a^*) et du jaune (b^*).

Afin d'évaluer les pertes en eau par exsudation, les filets ont été pesés puis ensachés dans un sac en plastique et maintenu suspendu par un crochet pendant 4 jours à 4°C. A la fin du ressuyage, les filets ont été retirés, essuyés et pesés de nouveau. La différence de poids correspond à la perte en eau.

4. Analyse statistique

Les données ont été analysées par l'utilisation du logiciel d'analyse statistique JMP (SAS Institute Inc., 2002) en incluant l'effet de la supplémentation d'eau en sirop de menthe.

Des comparaisons statistiques des données expérimentales ont été effectuées par ANOVA et la différence entre les moyennes est déterminée par le test de Student t. Le niveau de confiance statistique a été placé à $P < 0.05$, il n'est indiqué que lorsqu'il est significatif.

5. Résultats et discussion

Les résultats des performances de croissance réalisés par les sujets des deux lots à l'âge de 07, 14 et 42 jours sont représentés dans le tableau 15.

5.1. Performance de croissance

Tableau 15. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur les performances de croissance de poulets de chair.

Variables	J7	J 14	J 42
	Poids vif (g)		
SM-	132.39 ^b	341.46	2456.91 ^b
SM+	147.79 ^a	371.60	2574.56 ^a
Valeur de P	0.021	0.092	0.035
Consommation d'aliment (g)			
SM-	126.91	386.93	3944.91 ^b
SM+	135.85	440.08	4632.51 ^a
Valeur de P	0.233	0.0007	0.004
Indice de consommation			
SM-	1.44	1.30	1.66
SM+	1.29	1.35	1.76
Valeur de P	0.350	0.551	0.199

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus) ; (SM+): accès au sirop de menthe ; (SM-): sans accès au sirop de menthe.

Le tableau 15 montre l'effet du sirop de menthe au moment du transport et au démarrage sur les performances de croissance des poulets de chair. Les résultats du tableau 13 montrent que par rapport au témoin (SM-), l'addition du sirop de menthe à l'eau de boisson au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage entraîne une amélioration significative du poids vif à la première semaine d'élevage (+11.6% ; $P=0.021$) et que cette supériorité a été maintenue jusqu'à l'âge d'abattage (+4.8% ; $P=0.035$).

Ce résultat est en accord avec les gains de poids positifs observés par **Asadi et al. (2017)** chez le poulet de chair avec un aliment additionné de poudre de menthe poivrée, tant en croissance avec une dose de 4.5 g/kg qu'en finition avec les doses de 3, 4.5 et 6 g / kg. De même, ces résultats sont en conformité avec ceux rapportés récemment par **Abdel-Wareth et al. (2019)** qui ont constaté que des supplémentations avec de feuilles de menthe poivrée à des concentrations plus importantes (5, 10 et 15 g/ kg) ou d'extrait de menthol (à des concentrations de 26, 52 et 78 mg / kg) à l'alimentation des poulets de chair augmentaient considérablement le poids corporel et le gain de poids par rapport aux groupes témoins. Par ailleurs, cet effet est en agrément avec les résultats antérieurs de **Durrani et al. (2007)** qui ont constaté que l'utilisation de différents niveaux de menthe sauvage en infusion dans l'eau de

boisson à raison de 30, 40 et 50 ml/l a permis d'améliorer le poids vif des poulets par rapport au témoin. Cependant, la meilleure performance de poids a été observée avec la concentration 40 ml/l d'eau. En outre, **Toghyani et al. (2010)** ont signalé une amélioration du poids corporel à l'âge de 28 jours chez des poulets recevant des rations supplémentées par de faibles concentrations (4g/kg) de menthe poivrée, sans aucune différence significative à l'âge de 42 jours. De même, **Al-Ankari et al. (2004)** ont également rapporté une amélioration du poids corporel et de la prise alimentaire à un niveau d'incorporation de 150 g/kg d'aliment. Dans l'étude d'**Ocak et al. (2008)**, il a été signalé que l'emploi de la menthe poivrée entre 7 à 35 jours, augmente le poids moyen rapport au témoin. Par contre, selon **Nanekarani et al. (2012)**, l'administration dans l'eau de boisson de différentes concentrations (0.1, 0.2 et 0.3%) d'extrait éthanolique de menthe poivrée (*Menthapiperita*) n'a pas été accompagnée de réponses significatives.

Par ailleurs, **Gurbuz et Ismael (2016)** ont rapporté que l'ajout de la menthe poivrée à l'alimentation pourrait être une alternative à l'utilisation des antibiotiques comme stimulateur de croissance dans la production de volaille.

L'amélioration du poids vif s'explique par l'effet positif de sirop de menthe et les propriétés antiseptiques du menthol (**Lovkova et al., 2001**), ce qui limite l'apparition de bactéries indésirables dans le tube digestif se traduisant par une amélioration de la digestion et l'absorption des nutriments (**Asadi et al., 2017**). Cet effet sur les performances peut être aussi attribué aux propriétés antioxydantes de ce genre de plante qui a été expliqué par **Al-ankari et al. (2004)** par leur aptitude à stimuler la synthèse des protéines par le système enzymatique des oiseaux ainsi qu'aux composants antimicrobiens qui agissent comme promoteurs de croissance. De plus, l'extrait de menthe poivrée empêche la croissance de bactéries tels que *Shigella dysenteries*, *Bacillus cereus*, et *Salmonella typhi* (**Pattnaik et al., 1997**).

Les résultats du tableau 15, montrent aussi que l'addition du sirop de menthe à l'eau de boisson au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage, n'affecte pas la consommation d'aliment durant la phase démarrage ($p > 0.05$). En effet, les poulets du lot témoin (SM-) et ceux du lot expérimental avaient pratiquement la même quantité d'aliment ingérée. En revanche, sur l'ensemble de la période d'élevage, on constate une augmentation significative de la consommation d'aliment chez les sujets du lot (SM+) en comparaison avec ceux du lot témoin (SM-). Il semble que le sirop de menthe stimule l'appétit et augmente la consommation alimentaire des poulets. Cette augmentation peut être liée aux propriétés du

menthol en tant que substance apéritif (**Akbari et al., 2016**). Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par **Al-Ankari et al. (2004)**, qui ont remarqué qu'il y a des différences significatives considérables dans la consommation d'aliments chez les oiseaux recevant 1% de menthe par rapport au lot témoin. Aussi, ces résultats sont en accord avec les tendances décrites par **Spirling et Daniels (2001)** qui ont rapporté que la menthe a un effet positif sur la digestion et pourrait augmenter de façon significative la quantité d'aliment consommée. Des observations similaires ont été faites par **Durrani et al. (2007)** qui ont rapporté que l'utilisation d'infusion de menthe sauvage à raison de 50 ml/l d'eau, entraîne une augmentation significative de l'ingéré alimentaire. De plus, **Mimica-Dukic et al. (2003)** ont rapporté que les propriétés pharmacologiques de la menthe sauvage sont susceptibles d'augmenter la motilité intestinale, la sécrétion biliaire, le statut anti-oxydant hépatique et la consommation d'aliment. Par ailleurs, il semblerait que les herbes, les épices et divers extraits de plantes possèdent des propriétés qui stimulent l'appétit et la digestion ainsi que des effets antimicrobiens (**Kamel, 2001**). Par contre, **Ocak et al. (2008)** ont signalé qu'il n'y a pas eu de différence significative dans la consommation d'aliments chez des poulets nourris avec des aliments supplémentés avec de la menthe poivrée sèche.

Concernant l'efficacité alimentaire, les résultats de la présente étude montrent que la supplémentation d'eau en sirop de menthe n'a pas tendance à dégrader l'indice de consommation. En accord avec nos résultats, **Ocak et al. (2008)** ont rapporté qu'aucune différence significative n'a été observée pour l'indice de consommation entre les poulets nourris avec un régime supplémenté avec 0.2% de menthe poivrée par rapport aux poulets nourris avec un régime de base. Egalement, l'utilisation de la menthe verte n'a eu aucun effet significatif sur l'indice de consommation au cours des cinq premières semaines d'âge (**Amasaib et al., 2013**). Cependant, ce résultat n'est pas en accord avec **Durrani et al. (2007)** qui ont rapporté que l'utilisation de menthe sauvage en infusion (40 ml/l d'eau) a permis d'améliorer l'indice de consommation des poulets. En outre, **Toghyani et al. (2010)** ont rapporté avec des régimes complétés avec 4g/kg de menthe poivrée, une amélioration de l'indice de consommation ($P < 0.05$) au cours la période de 14 à 28 jours par rapport au groupe témoin.

De même, **Abdel-Wareth et al. (2019)** ont rapporté que la supplémentation du régime des poulets de chair par des feuilles de menthe poivrée (5, 10 ou 15 g/kg) s'accompagne d'améliorations linéaires ($P < 0.01$) des valeurs de l'indice de consommation de 21 à 35 jours et de 1 à 35 jours d'âge. Ces auteurs ont également rapporté que les niveaux de menthol

alimentaire (26, 52 ou 78 mg / kg) peuvent améliorer l'indice de consommation de manière linéaire ($P < 0.002$) pendant la période de 1 à 21 jours d'âge.

En définitif, au terme des performances de croissance, la supplémentation de l'eau de boisson en sirop de menthe augmente la prise alimentaire durant les différentes phases d'élevage sans incidences négatives sur l'indice de consommation. Ainsi, les animaux recevant le sirop de menthe ont un gain de poids élevé. Ces observations encouragent l'utilisation du sirop de menthe comme additif naturel en alimentation du poulet de chair

5.2. Modifications morphologique des organes internes

Les effets de l'addition de sirop de menthe sur le poids relatif des organes internes à l'âge de 7 et 42 jours sont présentés dans le tableau 16.

Tableau 16. Effet de la distribution d'une eau additionné de sirop de menthe au moment du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le poids relatif des organes internes à l'âge de 7 et 42 jours.

Traitements	7 jours					42 jours				
	Proventri-cule	Gésier	Foie	Cœur	Pancréas	Provent-ricule	Gésier	Foie	Cœur	Pancréas
SM-	1.17 ^a	4.30	4.53	0.96 ^a	0.53 ^a	0.40	1.06	2.13	0.44	0.19
SM+	0.93 ^b	4.02	4.47	0.82 ^b	0.44 ^b	0.41	1.09	2.25	0.42	0.18
Valeurs P	<0.0001	0.161	0.722	0.002	0.014	0.779	0.649	0.324	0.357	0.533

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus) ; **SM+**: accès au sirop de menthe ; **SM-**: sans accès au sirop de menthe.

Le régime expérimental a entraîné des diminutions significatives des poids relatifs du pro-ventricule ($P < 0.0001$), du cœur ($P = 0.002$) et du pancréas ($P = 0.014$) à la première semaine de vie des poussins ($p \leq 0.05$), sans que cet effet ne soit visible à l'âge d'abattage.

Le constat observé à l'âge d'abattage (42 jours) est cohérent avec l'étude d'**Ocak et al. (2008)** qui n'ont pas trouvé d'effets significatifs d'un régime contenant 0.2% de menthe poivrée sur les poids relatifs de l'intestin grêle, du pancréas et des organes internes à l'âge d'abattage du poulet de chair. Cette constatation est aussi en accord avec celle de **Toghyani et al. (2010)** qui ont signalé que l'utilisation de la menthe poivrée n'avait aucune influence significative sur le poids des organes internes du poulet de chair (cœur, gésier, foie, pancréas, caecum et intestin grêle). De même, selon **Durrani et al. (2007)**, l'utilisation de différents niveaux de menthe sauvage en infusion dans l'eau de boisson (30, 40 et 50 ml/l) n'a pas été accompagnée de modifications dans les poids relatifs des du foie, du cœur et du gésier à 42 jours

D'autre part, **Nanekarani et al. (2012)** ont constaté que l'utilisation de différentes concentrations (0.1, 0.2 et 0.3) d'extrait éthanolique de menthe poivrée (*Menthapiperita*) dans l'eau de boisson n'a pas affecté de manière significative les poids relatifs du gésier, du foie et du pancréas à l'âge de 42 jours.

En revanche, **Galib et Al-Kassie (2010)** ont observé cet effet sur le poids du foie avec une menthe poivrée. De plus, **Devi et al. (2017)** ont rapporté que l'addition de la variété de menthe (*Menthaarvensis*) sous forme de poudre à raison de 10 g/kg dans le régime de la poule pondeuse (Leghorn blanche), exerce un effet positif sur les activités rénales et hépatique. Cependant, **Taylor (1984)** a rapporté que la plupart des effets de la menthe poivrée sont liés à son effet sur le flux de la bile et la fonction hépatique. Ainsi que, **Ahsan et al. (2009)** ont rapporté que l'extrait de menthol de certaines plantes médicinales exerce une activité hépatoprotectrice.

5.3.Poids relatifs de la bourse de Fabricius et de la rate

Les effets de l'addition de sirop de menthe sur les poids relatifs de la bourse de Fabricius et de la rate des poulets de chair à l'âge de 7 et 42 jours sont consignés au tableau 17.

Tableau 17. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le poids relatif de la bourse de Fabricius et la rate à l'âge de 7 et 42 jours.

Traitements	7 jours		42 jours	
	B. F (%)	Rate (%)	B. F (%)	Rate (%)
SM-	0.105 ^b	0.05	0.124	0.080
SM+	0.134 ^a	0.06	0.105	0.071
valeurs de P	0.048	0.246	0.215	0.328

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus) ; (B.F): Bourse de Fabricius ; (SM+): accès au sirop de menthe ; (SM-): sans accès au sirop de menthe.

A l'âge de 7 jours, le poids relatif de la bourse de Fabricius a été amélioré significativement ($p \leq 0.05$) par l'accès au sirop de menthe. Cependant, aucune différence significative n'est observée sur le poids de la bourse de Fabricius ni sur la rate à la fin de la période d'élevage (42 jours).

A l'âge de 7 jours, le poids relatif de la bourse de Fabricius a été amélioré significativement ($p \leq 0.05$) chez les sujets du lot (SM+). Cependant, aucune différence significative n'a été observée sur le poids de la bourse de Fabricius ni sur la rate à la fin de la période d'élevage (42 jours).

Les plantes médicinales exercent des effets bénéfiques sur le système immunitaire des animaux principalement par des métabolites secondaires (**Hashemi et al., 2008**). Cependant, il a été démontré que la présence de substances flavonoïdes dans la menthe exerce des rôles biologiques importants en améliorant l'immunité et en réduisant le risque de maladie. De plus, une bonne teneur en menthol et en limonène contribue au soutien du système immunitaire des oiseaux (**Rad et al., 2011**). D'autre part, la richesse de la menthe en minéraux tels que Fe, Cu, Mg, Na, K et les vitamines A et C, contribue dans la préservation de la santé en général et augmente l'immunité cellulaire du corps (**Agarwal et al., 1999 ; NRC 1994 ; PDR for herbalmedicines 1998 ; British Pharmacopoeia 1993**).

L'amélioration du poids relatif de la bourse de Fabricius observée à l'âge de 7 jours chez les poussins SM+, semble être attribuable aux composants actifs de la menthe qui ont des activités antibactériennes, antifongiques, antioxydantes et anti-inflammatoires (**Ali, 1999 ; Padurar et al., 2008**). Par ailleurs, l'absence d'effet à 42 jours est en accord avec celui rapporté par **Toghyani et al. (2010)**, selon lesquels la menthe n'a pas eu d'effet sur le poids des organes lymphoïdes (bourse de Fabricius et rate) à l'âge de 42 jours.

D'autre part, **Al-Ankari et al. (2004)** ont rapporté que l'utilisation de la variété de menthe (*Mentha longifolia*) dans l'alimentation du poulet de chair augmente le taux des anticorps contre la maladie de Newcastle (NDV). Cela suggère que l'huile essentielle de la menthe peut stimuler le système immunitaire. Aussi, **Durrani et al. (2008)** ont observé un effet bénéfique sur la réponse immunitaire contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse suite à l'incorporation de 15 g de menthe/kg d'aliment.

5.4. Morphométrie de l'intestin grêle

Les effets des traitements sur le développement intestinal des poulets de chair à l'âge de 7 et 42 jours sont présentés dans le tableau 18.

Tableau 18. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le développement intestinal des poulets à l'âge de 7 et 42 jours.

Paramètre	Traitements	7 jours			42 jours		
		Duodénum	Jéjunum	Iléon	Duodénum	Jéjunum	Iléon
Poids (%)	SM-	1.48 ^b	2.80 ^b	1.61 ^b	0.53	1.60	1.02
	SM+	2.06 ^a	3.81 ^a	2.09 ^a	0.52	1.62	1.12
	Valeurs de P	0.0005	0.001	0.004	0.917	0.870	0.311
Longueur (%)	SM-	12.84 ^b	30.11	19.47	29.16	76.90	50.65
	SM+	14.84 ^a	30.71	19.55	28.38	73.18	55.43
	Valeurs de P	0.007	0.617	0.871	0.138	0.326	0.069
Densité (g/cm ²)	SM-	0.100 ^b	0.072 ^b	0.051 ^b	0.193	0.140	0.118
	SM+	0.125 ^a	0.089 ^a	0.072 ^a	0.190	0.130	0.112
	Valeurs de P	0.039	0.014	0.012	0.871	0.682	0.687

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus) ; **SM+**: accès au sirop de menthe ; **SM-**: SANS accès au sirop de menthe.

A l'âge de 7 jours, l'accès au sirop de menthe a eu un effet significatif sur le poids relatif des trois segments de l'intestin grêle (duodénum +39.2% ; du jéjunum +37.1% et l'iléon +29.8%) et a permis d'augmenter significativement la longueur du duodénum (+15.6% ; $P = 0.007$). Parallèlement, l'accès au sirop de menthe a entraîné une augmentation de la densité du duodénum (+25% ; $P = 0.039$), du jéjunum (+23.6% ; $P = 0.014$) et l'iléon (+41.2% ; $P = 0.012$). Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements à l'âge de 42 jours.

Globalement, notre étude a montré que l'accès au sirop de menthe a eu un effet significatif sur le développement intestinal (poids, longueur et densité) à la première semaine d'élevage. Cependant, cet effet n'a pas été maintenu à l'âge d'abattage (42 jours). Ces résultats peuvent soutenir l'idée que les principes actifs de la menthe peuvent probablement stimuler la sécrétion des enzymes digestives endogènes (**Williams et Losa, 2001; Bampidis et al., 2005**) et améliorer la digestibilité des aliments (**Ocak et al., 2008**), à un âge précoce de la vie de poulets de chair.

L'absence d'effet à l'âge de 42 jours a été rapportée par **Ocak et al. (2008)** avec 0.2% de menthe poivrée à l'alimentation de poulets. Bien que la différence ne soit significative, ces mêmes auteurs ont également rapporté que les groupes recevant la menthe poivrée présentaient un intestin entier moins long que les groupes témoin et recevant du thym. De même, à travers l'étude de **Durrani et al. (2007)**, il a également été mentionné que l'utilisation de différents niveaux d'infusion de menthe sauvage dans l'eau de boisson (30, 40 et 50 ml/l) n'affectait pas de manière significative le poids relatif de l'intestin.

5.5.Rendement de carcasse

Les résultats du tableau 19 représentent les effets de l'addition de sirop de menthe à l'eau de boisson au cours du transport et pendant la période de démarrage sur les rendements en découpe et le gras abdominal.

Tableau 19. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur le rendement de carcasse des poulets à l'âge de 42 jours.

Traitements	Poulet prêt à cuire (%)	Gras abdominal (%)	Cuisse (%)	Pilon (%)	Filet (%)
SM-	68.47	1.29	5.41	4.53	10.57
SM+	68.69	1.40	5.57	4.49	10.67
Valeur de P	0.856	0.459	0.475	0.848	0.801

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus) ; **SM+**: accès au sirop de menthe ; **SM-**: sans accès au sirop de menthe.

Les résultats du tableau 19 montrent l'absence d'effet du traitement sur le rendement du poulet à cuire et en découpe. Ce constat est en accord avec celui rapporté par **Ocak et al. (2008)** avec une supplémentation à 0.2% de menthe poivrée. Des effets similaires ont été enregistrés par **Toghyani et al. (2010)** qui n'ont trouvé aucune différence significative sur le rendement en découpe des poulets de chair nourris avec des différents régimes expérimentaux supplémentés avec de la menthe poivrée sèche. En outre, **Abdel-Wareth et al. (2019)** ont constaté que la supplémentation de l'aliment avec différentes concentrations (0, 5, 10 et 15 g/kg) de feuilles de menthe n'affecte pas le rendement de carcasse. Encore, le rendement carcasse n'a significativement pas été influencé par la supplémentation en menthol (0, 26, 52 et 78 mg/kg), avec cependant une diminution du gras abdominal à l'âge de 35 jours. Selon **Gurbuz et Ismael (2016)**, la carcasse, le rendement en découpe et le gras abdominal n'ont pas été affectés par la supplémentation de l'aliment avec 0.5, 1 et 1.5% de menthe poivrée.

Par contre, **Narimani-Rad et al. (2011)** ont rapporté qu'une supplémentation alimentaire de 0.5% de menthe poivrée a entraîné une augmentation de rendement de carcasse et une diminution du dépôt de graisse abdominale chez les poulets de chair. D'après l'étude **Durrani et al. (2007)**, le poids moyen des filets, des pilons et des cuisses a été augmenté significativement après une addition de deux niveaux d'infusion de menthe sauvage dans l'eau de boisson (30 et 40%) par rapport aux niveaux d'infusion de 50% et de 0% (témoin). Par ailleurs, selon la même référence, le gras abdominal n'a pas été affecté par l'utilisation de différents niveaux d'infusion de menthe sauvage dans l'eau de boisson. D'autre part, **Nanekarani et al. (2012)** ont montré que l'ajout de 0.3% d'extrait éthanolique de menthe

poivrée à l'eau de boisson a entraîné une amélioration des performances de croissance des poulets de chair via un meilleur rendement de carcasse et une diminution du dépôt du gras abdominal. De plus, **Nobakht et al. (2006)** ont enregistré des effets positifs sur le rendement de la carcasse des poulets de chair due à l'inclusion de *M. pulegium* séché à un niveau de concentration de 5 g / kg.

5.6. Evaluation de la qualité de la viande

Les effets de l'accès au sirop de menthe sur la qualité de la viande des poulets de chair à l'âge de 42 jours sont présentés dans le tableau 20.

Tableau 20. Effet de l'accès au sirop de menthe au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage sur la qualité de viande du poulet de chair

Traitements	L*	a*	b*	pH	Perte en eau (%)
	Avant la conservation				
SM-	53.86	1.55	20.82	5.12	-
SM+	54.40	1.24	21.47	5.11	-
valeurs P	0.40	0.212	0.106	0.896	-
Après la conservation					
SM-	54.39	0.509	20.39 ^b	5.19 ^a	3.66
SM+	55.61	0.250	21.24 ^a	5.09 ^b	3.58
valeurs P	0.234	0.207	0.016	0.005	0.858

Différentes lettres (a, b) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus) ; **SM+**: accès au sirop de menthe ; **SM-**: SANS accès au sirop de menthe.

Dans la présente étude, aucune différence significative n'a été observée pour les critères de qualité mesurés (pH ou la couleur de la viande) 24 heures après l'abattage. Cependant, après la conservation, nous avons observé une diminution significative des valeurs de pH et une augmentation des valeurs de la composante b* ($P \leq 0.05$). Aucune différence significative n'a été observée entre les groupes pour la perte en eau.

Ces résultats sont en conformité avec ceux rapportés par **Abdel-Wareth et al. (2019)** selon lesquels la supplémentation avec des feuilles de menthe poivrée (0, 5, 10 et 15 g / kg) ou en menthol (0, 26, 52 et 78 mg / kg) n'a eu aucun effet significatif sur les valeurs de pH des muscles pectoraux et de cuisse par rapport aux témoins. Dans la même publication, ces auteurs ont montré que les feuilles de menthe poivrée ou le menthol n'ont pas affectées de manière significative la perte en eau, mais ils ont entraîné une diminution du pourcentage de perte en eau après cuisson des muscles pectoraux et des cuisses de poulets de chair à l'âge de

35 jours, ce qui confirme les résultats non significatifs de la perte en eau de la présente expérience.

Dans cette étude, la composante (a^*) n'a pas été modifiée significativement par les traitements. Par contre, plusieurs études (**Petracci et Fletcher 2002; et Werner et al., 2009**) ont rapporté que les valeurs (a^*) avaient tendance à diminuer pendant la conservation de la viande après l'abattage du poulets de chair. Selon **Boulianne et King. (1995)** et **Clark et al. (1997)**, la diminution des valeurs (a^*) pendant la conservation des viandes est dépendante de la concentration totale en pigments, en myoglobine et en fer.

Les valeurs de pH et les composantes de couleur (L^* , a^* et b^*) n'ont pas été modifiés significativement avec le traitement (SM+). Cependant, les valeurs de pH et la composante b^* ont été impactés après la conservation. Il a été démontré que pendant la conservation des filets de poulet, les valeurs des composantes de couleur changent en raison de modifications du rapport des variantes de la myoglobine oxymyoglobine, désoxymyoglobine et Met-myoglobine (**Mancini et Hunt, 2005**).

Par ailleurs, la composante (b^*) a légèrement augmenté pendant la conservation. Cependant, la composante (L^*) n'a pas été modifiée dans la présente étude. Plusieurs études ont indiqué que les valeurs L^* et b^* augmentent pendant la conservation (**Berri et al., 2001; Petracci et Fletcher, 2002; Werner et al., 2009; Janisch et al., 2011**). Selon **Lindahl et al. (2001)**, la variation des valeurs (b^*) n'est affectée que par l'état redox, tandis que les valeurs (L^*) sont légèrement corrélées avec les teneurs en pigment héminique et en méthyoglobine. D'autre part, **Karaogla et al. (2004)** ont rapporté que, lorsque les valeurs a^* et b^* augmentent, la valeur L^* diminue et la couleur s'assombrit progressivement.

6. Conclusion

L'ajout du sirop de menthe dans l'eau de boisson au cours du transport des poussins et pendant les deux premières semaines du cycle d'élevage du poulet de chair permis de réduire les effets néfastes du stress du transport sur les performances de croissance, le développement intestinal et l'immunité du poulet de chair. Néanmoins aucun impact sur le rendement de carcasse, développement des organes internes et la qualité de la viande n'a été observé. Ceci nécessite d'autres investigations sous d'autres conditions expérimentales pour apporter plus de clarté et de précision.

References:

- Abdel-Wareth A.A., Kehraus S., Südekum K.H., 2019. Peppermint and its respective active component in diets of broiler chickens: growth performance, viability, economics, meat physicochemical properties, and carcass characteristics. *Poult. Sci.* 98(9):3850–3859. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez099>
- Agarwal R., Diwanay S., Patki P., Patwardhan B., 1999. Studies on immunomodulatory activity of *Withania somnifera* (Ashwagandha) extracts in experimental immune inflammation. *J. Ethnopharmacol.* 67(1): 27-35.
- Ahsan R., Islam K.M., Musaddik A., Haque E., 2009. Hepatoprotective activity of methanol extract of some medicinal plants against carbon tetrachloride induced hepatotoxicity in albino rats. *Glob. J. Pharmacol.* 3: 116-122.
- Akbari M., Torki M., 2014. Effects of dietary chromium picolinate and peppermint essential oil on growth performance and blood biochemical parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. *Int. J. Biometeorol.* 58: 1383-1391.
- Akbari M., Torki M., Kaviani K., 2016. Single and combined effects of peppermint and thyme essential oils on productive performance, egg quality traits, and blood parameters of laying hens reared under cold stress condition ($6.8 \pm 3^{\circ}\text{C}$). *Int. J. Biometeorol.* 60:447–454.
- Al-Ankari A.S., Zaki M.M., Al-Sultan S.I., 2004. Use of Habek Mint (*Mentha longifolia*) in Broiler Chicken Diets. *Int. J. Poult. Sci.* 3(10): 629-634.
- Ali M.A., 1999. Effect of probiotics addition to broiler rations on performance and some blood constituents. *Egypt Poult. Sci. J.* 19, 161-177.
- Amasaib E.O., Elrahman B.H.A., Abdelhameed A.A., Elmnan B.A., Mahala A.G., 2013. Effect of dietary levels of spearmint (*Mentha spicata*) on broiler chick's performance. *J. Anim Feed. Res.* 3(4): 193-196.
- Asadi N., Hussein S.D., Tohidian M.T., Abdali N., Mimandipoure A., Rafieian-Kopaei M., Bahmani M., 2017. Performance of Broilers Supplemented With Peppermint (*Mentha piperita* L.) Powder. *J. Evid Based Complementary Altern Med.* 22(4): 703-706.
- Bampidis V.A., Christodoulou V., Florou-Paneri P., Christaki E., Chatzopoulou P.S., Tsiligianni T., Spais A.B., 2005. Effect of dietary dried oregano leaves on growth performance, carcass characteristics and serum cholesterol of female early maturing turkeys. *Brit. Poult. Sci.* 46, 595–601.
- Bergoug H., Guinebretière M., Tong Q., Roulston N., Romanini C.E.B., Exadaktylos V., Berckmans D., Garain P., Demmers T.G.M., Mcgonnell I.M., Bahr C., Burel C., Eterradossi N., Michel V., 2013. Effect of transportation duration of 1-day-old chicks

- on postplacement production performances and padodermatitis of broilers up to slaughter age. *Poult. Sci.* 92(12):3300–3309. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03118>
- Berri C., Wacrenier N., Millet N., Le Bihan-Duval E., 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poult. Sci.* 80:833–838.
- Boulianne M., King A.J., 1995. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. *Poult. Sci.* 74:1693–1698.
- British Pharmacopoeia., 1993. Spearmint oil, Oxytocin, Vol.1, Her Majesty's Stationery Office, London, UK. (475 – 478,626).
- Can E., Sümer E., 2019. Anesthetic and sedative efficacy of peppermint (*Mentha piperita*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils in blue dolphin cichlid (*Cyrtocara moorii*). *Turk J Vet Anim Sci.* 43: 334-341. <https://doi:10.3906/vet-1809-22>
- Clark E.M., Mahoney A.W., Carpenter C.E., 1997. Heme and total iron in ready-to-eat chicken. *J. Agric. Food Chem.* 45:124–126.
- Devi K., Palod J., Singh D., Singh C., Dar A., Singh P., Singh V., 2017. Effect of Graded Levels of Pudina (*Mentha Arvensis*) Leaf Powder Supplementation on Certain Serum Biochemical Parameters in Laying Hens. *Int. J. Livest. Res.* 7(7): 206-216. <http://dx.doi.org/10.5455/ijlr.20170520042932>
- Durrani F.R., Sultan A., Marri M.L., Chand N., Durrani Z., 2007. Effect of wild mint (*Mentha longifolia*) infusion on the overall performance of broiler chicks. *Pak. J. Biol. Sci.* 10 (7):1130-1133.
- Durrani F.R., Abidullah N.C., Durrani Z., Akhtar S., 2008. Hematological, Biochemical, Immunomodulatory and growth promoting effect of feed added wild mint (*Mentha longifolia*) in broilers chicks. *Sarhad J. Agric.* 24(4): 260-264.
- Escop (European Scientific Cooperation on Phytotherapy), 2003. ESCOP Monographs. 2nd ed. The scientific foundation for medicinal products. Thieme, U.K. p. 554.
- Galib A.M., Al-Kassie M., 2010. The role of peppermint (*Mentha piperita*) on performance in broiler diets. *Agric. Biol. J. North Am.* 1(5): 1009-1013.
- Gurbuz Y., Ismael I.A., 2016. Effect of Peppermint and Basil as Feed Additive on Broiler Performance and Carcass Characteristics. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 6(1):123-126.
- Hashemi S.R., Zulkifli I., Hair Bejo M., Farida A., Somchit M.N., 2008. Acute toxicity study and phytochemical screening of selected herbal aqueous extract in broiler chickens. *Int J Pharmacol.* 4:352-360.

- Janisch S., Krischek C., Wicke M., 2011. Color values and other meat quality characteristics of breast muscles collected from 3 broiler genetic lines slaughtered at 2 ages. *Poult. Sci.* 90 :1774–1781. doi: [10.3382/ps.2010-01073](https://doi.org/10.3382/ps.2010-01073)
- Kamel C., 2001. Tracing modes of action and the roles of plant extracts in non-ruminants. Pp. 135-150 in *Recent Advances in Animal Nutrition*. P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, Eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Karaoglu M., Aksu M.I., Esenbuga N., Kaya M., Macit M., Durdag H., 2004. Effect of dietary probiotic on the pH and colour characteristics of carcasses, breast fillets and drumsticks of broilers. *Animal Science- Glasgow Then Penicuik.* 78(2): 253-259.
- Khodadust M.R., Asadi G.H., 2015. Effects of peppermint (*mentha piperita* l.) alcoholic extract on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in broiler chickens under heat stress condition. *Poult. Sci. J.* 3(1): 1-16.
- Khosravinia H., 2015. Physiological responses of newly hatched broiler chicks to increasing journey distance during road transportation. *Ital. J. Anim. Sci.*14:3964. doi:[10.4081/ijas.2015.3964](https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3964)
- Koch A., Leterrier C., Collin A., Mercierand F., Rat C., Delaveau J., Grimaud I., Ganier P., Constantin P., Crochet S., Cailleau-Audouin E., Guilloteau L., 2015. Effets durables d'une mise en élevage retardée des poussins sur leur santé et leurs performances. 11eme JRA-PFG. Tours (France). 25-26 Mars. 966-970.
- Lindahl G., Lundström K., Tornberg E., 2001. Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Science*, vol. 59, no. 2, p. 141-151. [http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740\(01\)00064-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740(01)00064-x)
- Lovkova M.Y., Buzuk G.N., Sokolova S.M., Kliment'eva N.I., 2001. Chemical features of medicinal plants (a review). *Appl. Biochem. Microbiol.* 37: 229–237.
- Mancini R.A., Hunt M.C., 2005. Current research in meat color. *Meat Sci.* 71:100–121.
- Mimica-Dukic N., Bozin B., Sokoviæ M., Mihajloviæand B., Matavulj M., 2003. Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils. *Plant. Med.* 69, 413- 419.
- Nanekarani S., Goodarzi M., Heidari M., Landy N., 2012. Efficiency of ethanolic extract of peppermint (*Mentha piperita*) as an antibiotic growth promoter substitution on performance, and carcass characteristics in broiler chickens. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* S1611-S1614.
- Narimani-Rad M., Nobakht A., Aghdam Shahryar H., Kamani J., Lotfi A., 2011. Influence of dietary supplemented medicinal plants mixture (*Ziziphora*, *Oregano* and *Peppermint*) on performance and carcass characterization of broiler chickens. *J. Med. Plants. Res.* 5: 5626-5629.

- Nobakht A., Shivazad M., Chamany M., Safameher A.R., 2006. The effects of dietary electrolyte balance on performance of laying hens exposed to heat-stress environment in late laying period. *Int. J. Poult. Sci.* 5:955–958.
- NRC., 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. Ed. National Academy Press., Washington DC., USA.
- Ocak N., Erener G., Burak A.k.F., Sungu M., Altop A., Ozmen A., 2008. Performance of broilers fed diets supplemented with dry peppermint (*Mentha piperita* L.) or thyme (*Thymus vulgaris* L.) leaves as growth promoter source. *Czech J. Anim. Sci.* 53 (4): 169–175.
- Ouachem D., Meredef A., Kaboul N., 2015. The Marl and Kaolin in Broiler Diet: Effects on the Bone Weight and the Cutting Yield. *The 6th International Seminar on Tropical Animal Production*. October 20-22, 2015, Yogyakarta, Indonesia, pp 72-75.
- Padurar I., Paduraru O., Miron A., 2008. Assessment of anti-oxidant activity of basilica herba aqueous extract in vitro studies. *Farmacia*. 160(4): 402-408.
- Pattnaik S., Subramanyam V.R., Bapaji M., Kole C.R., 1997. Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. *Microbes*. 89:39-46.
- PDR for Herbal Medicines. Montvale, N.J.: Medical Economics Co, 19982007.
- Petracci M., Fletcher D.L., 2002. Broiler skin and meat color changes during storage. *Poult. Sci.* 81:1589–1597.
- Rad M.N., Nobakht A., Aghdam H., Kamani J., Lotfi A., 2011. Influence of dietary supplemented medicinal plants mixture (*Ziziphora*, *Oregano* and *Peppermint*) on performance and carcass characterization of broiler chickens. *J. Med. Plant Res.* 5 (23): 5626-5629.
- SAS Institute Inc., 2002. *JMPR Statistics and Graphics Guide*. Version 5. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sharifi S.D., Tavazoe E., Khadem A.A., Brin A., Moslehi H., 2010. Effects of Flavomycin and protexin on growth performance and intestinal microflora population of broiler fed diets with different levels of soy oil. *Krmiva*. 52: 153-156.
- Spirling L.I., Daniels I.R., 2001. Botanical perspectives on health peppermint: more than just an after-dinner mint. *J. R. Soc. Promot. Health*. 121(1): 62-63.
- Taylor B., 1984. The mechanism of the inhibitory action of menthol on gut smooth muscle. *Br. J. Surg.* 71: 902-908.
- Toghyani M., Toghyani M., Gheisari A., Ghalamkari G., Mohammadrezaei M., 2010. Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different

levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*). *Livest. Sci.* 129: 173–178.

Werner C., Janisch S., Kuembet U., Wicke M., 2009. Comparative study of the quality of broiler and turkey meat. *Br. Poult. Sci.* 50:318–324.

Williams P., Losa R., 2001. The use of essential oils and their compounds in poultry nutrition. *Worlds Poult.* 17 : 14–15.

Troisième essai :

Effet de différents types de litières sur le bien-être et les performances zootechniques du poulet de chair

Les résultats de cet essai ont fait l'objet d'une publication dans la revue : International Journal of Poultry Science (catégorie B) intitulée :

Boussaada T., Ouachem D., 2019. Alternative bedding materials to improve growth performance and welfare of broilers. International Journal of Poultry Science, 18(9): 431-437.
[DOI: 10.3923/ijps.2019.431.437](https://doi.org/10.3923/ijps.2019.431.437)

1. Résumé

Cette étude a pour objectif de comparer l'efficacité de différents matériaux utilisés en litières sur les performances de croissance et certains indicateurs de bien-être (pododermatites, brûlures du tarse, ampoules de bréchet et propreté des plumes) du poulet de chair pendant la phase de démarrage et à la fin du cycle d'élevage coïncidant avec l'âge de 42 jours. Les effets de cinq types de litières composées de: copeau de bois (CB), sciure de bois (SB), paille de mauvaise qualité (P-), menue paille (MP) et paille standard (PS : témoin) ont été comparés. Six cent poussins chair Cobb700, âgés d'un jour, ont été affectés à cinq lots de 120 poussins (6 répétitions de 20 poussins) aménagés avec les cinq types de litières. Par rapport au témoin (PS), à l'âge de 7 jours, l'indice de consommation et le poids vif ont été améliorés significativement (-5%, $P=0.002$; + 9.5%, $P=0.015$), respectivement chez les sujets élevés sur sciure de bois (SB). Cet effet positif sur le poids vif et l'indice de consommation persiste jusqu'à l'âge d'abattage ($P=0.01$). En revanche, la paille de mauvaise qualité (P-) pénalise significativement le poids vif (-3.8% ; $P=0.01$) et l'indice de consommation à l'âge d'abattage (+13.7% ; $P=0.01$). Par ailleurs, les lésions des pododermatites apparaissent dès la première semaine d'âge dans tous les types de litières. La sévérité des pododermatites augmente significativement avec l'âge des poulets ($p < 0.05$). Les lésions sévères (score 4) observées à l'âge d'abattage (42j) étaient les plus importantes chez les lots de poulets élevés (60%) sur les litières composées de pailles (PS et P-). Par contre, le copeau de bois semble être le matériau qui permet de limiter l'apparition des dermatites de contact sévères (pododermatites et brûlures des tarse) et de maintenir l'état de propreté des plumes.

2. Introduction

En élevage de poulet de chair, les litières utilisées en élevages avicoles ont pour principales missions d'assurer le maximum de confort, l'isolation thermique, l'absorption de l'humidité, la prévention des pathologies et le bien-être des animaux. De plus, l'état de la litière est déterminant pour réaliser les performances de croissance recherchées, la qualité de la carcasse et la santé des poulets de chair (**Huang et al., 2009 ; Youssef et al., 2010 ; El-Deek et al., 2011 ; Garcês et al., 2013**).

Plusieurs facteurs peuvent détériorer la qualité de la litière au cours de l'élevage, tels que : la conception du bâtiment, le type et la quantité de litière utilisée, la composition de l'aliment, les techniques de gestion de la litière, les conditions d'ambiance, les types d'abreuvoirs, les pathologies notamment digestives, la densité d'élevage et l'âge d'abattage. (**Dozier et al., 2005; Grimes et al., 2006; Bilgili et al., 2009; Škrbić et al., 2010; Škrbić et al., 2012**). D'autre part, l'état de dégradation de la litière dans bâtiment varie fortement en fonction de la répartition des poulets par rapport aux lignes d'abreuvement et des chaînes d'alimentation en particulier.

Différents types de matériaux de litière sont utilisés dans le monde et nombre d'entre eux sont liés à des régions géographiques. En Algérie, les pailles de céréales sont le matériau le plus abondant et le plus utilisé comme litière dans la production de poulet de chair, mais ce type de litière contribue à la dégradation des performances de croissance, à la détérioration de la qualité des poulets et à l'apparition de problèmes de bien-être (pododermatites sévères, ampoules de bréchet, brûlures des tarse et la dégradation de l'état des plumes) (**Kaci, 2013 et Mourad, 2016**).

L'objet de ce travail consiste à étudier les effets de cinq types de litières sur les performances de démarrage du poussin (7 et 10 jours) et à l'âge d'abattage (42 jours). Les effets des litières étudiées seront également appréciés sur certains indicateurs de qualité et de bien-être, tels que les dermatites de contact, l'état des plumes et les défauts de carcasse.

3. Matériels et méthodes

L'expérimentation s'est déroulée au sein d'un bâtiment d'élevage avicole privé localisé dans la commune de Kaïs (Wilaya de Khenchela). L'objectif de cet essai étant de comparer les effets de cinq types de litières sur les performances de croissance et certains indicateurs de bien-être chez le poulet de chair pendant la phase de démarrage et à l'âge d'abattage (42 jours).

3.1. Animaux et traitements

Six-cent poussins d'un jour, de souche commerciale Cobb 700 ont été pesés et répartis au hasard à travers 05 lots de 120 sujets, répétés six fois (6 boxes de 2m² et 20 poussins par box). Les matériaux de litières testées (**Figure 3**) se composent de paille standard (PS : Lot témoin), de copeaux de bois (CB), de sciure de bois (SB), de paille de mauvaise qualité (P-) et de menue paille (MP). Pour chaque lot, un type de litière a été installé sur une épaisseur de cinq cm. Les différents lots ont été soumis aux mêmes conditions environnementales. Pendant toute la durée de l'élevage, les aliments et l'eau ont été distribués à volonté. L'aliment était distribué dans des nourrisseurs trémies circulaires suspendus et l'eau était distribuée par des lignes de pipettes avec récupérateur. Au premier jour, une température ambiante autour de 33°C a été assurée par des radiants à gaz réglables, puis réduite progressivement jusqu'à 20 °C à la fin de la période d'élevage. L'éclairage du bâtiment a été assuré en continu jusqu'au 42^{ème} jour d'âge.

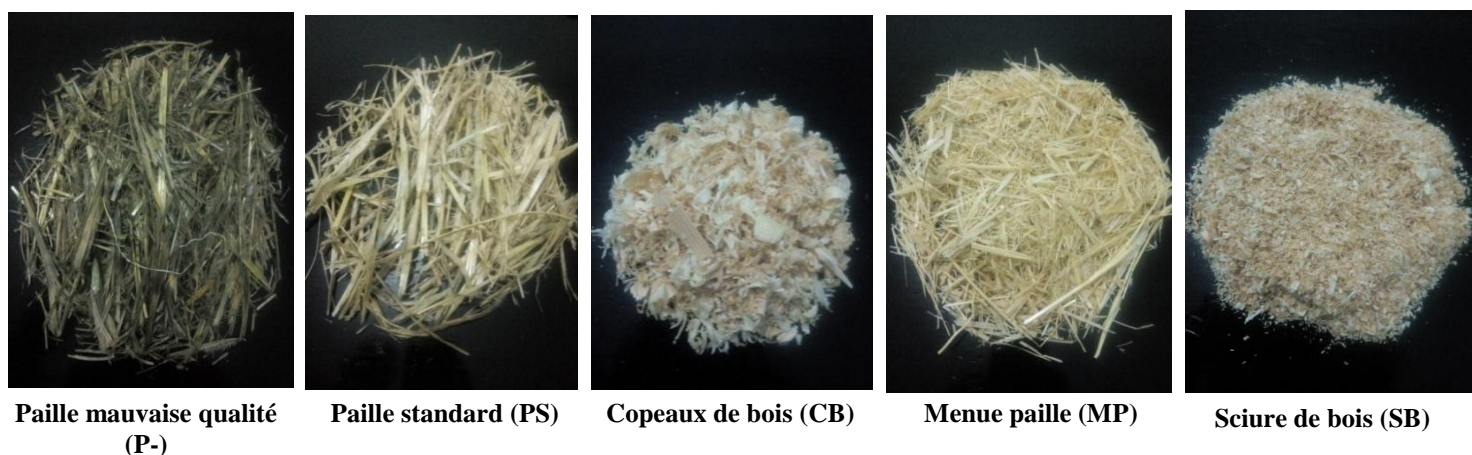


Figure 3. Différents types de litières utilisées dans l'expérimentation.

3.2. Aliments

Les quantités d'aliment distribué et non consommé (refus) ont été enregistrés quotidiennement et à la fin de chaque semaine afin d'apprécier les performances de croissance des sujets des différents au démarrage et à 42 jours. Du démarrage jusqu'au 15^{ème} jour, les animaux ont été nourris à partir d'un aliment démarrage (1-14 jours), puis avec un aliment de croissance (15-30 jours) et enfin un aliment finition (31-42 jours).

4. Paramètres mesurés

4.1. Performances de croissance

Les performances de croissance contrôlés habituellement chez le poulet de chair (Gain de Poids : GP, Indice de Consommation : IC) ont été mesurées à l'âge de 7, 10, 14 et 42 jours. Les poussins ont été pesés individuellement à l'aide d'une balance électronique (0.5g d'erreur). Les poids respectifs des animaux ont été enregistrés sur une fiche de pesée, l'indice de consommation (IC) a été calculé par le rapport de la quantité d'aliment consommée pendant une période sur le gain de poids réalisé sur cette même période. La mortalité a été enregistrée quotidiennement.

4.2. Pododermatites

Les pododermatites en élevage ont été mesurées chaque semaine, selon la grille de **Michel et al. (2012)** basée sur l'attribution de cinq scores allant de 1 à 5 selon l'état des pattes (**figure 4**). Le score 1 correspond à l'absence de lésion ou à une simple hyperkératose de l'épiderme, les scores 2 et 3 correspondent à la présence d'écailles marrons allongées sur moins de 50% de la surface du coussinet plantaire (score 2) ou sur plus de 50% (score 3), les scores 4 et 5, correspondent à des lésions ulcéreuses recouvrant moins de 50% du coussinet plantaire pour le score 4 et plus de 50% pour le score 5..

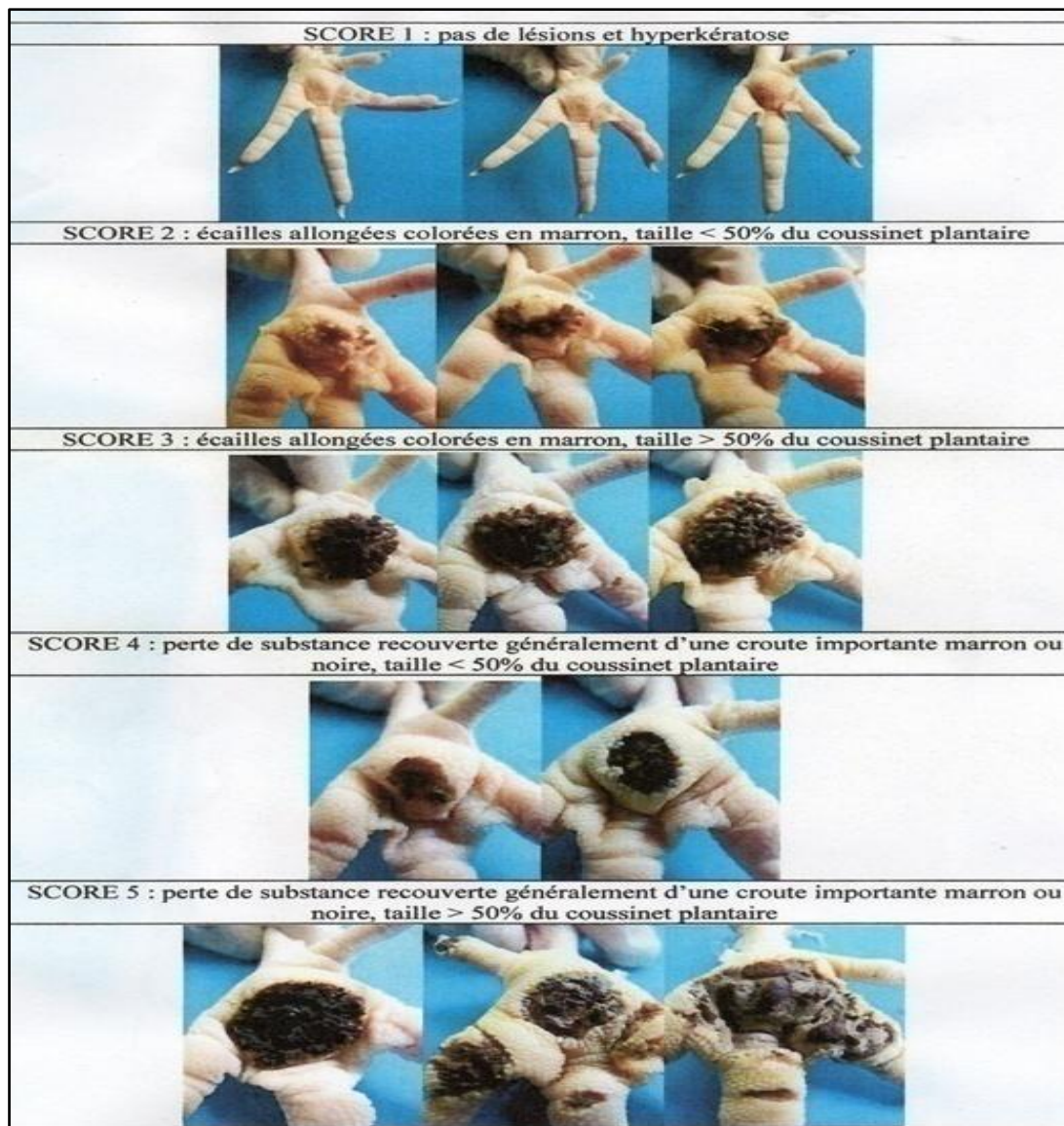


Figure 4. Scores des pododermatites (Michel et al., 2012).

4.3. Apparition des dermatites des tarse et du bréchet

Les brûlures des tarse et les ampoules de bréchet ont également été notées hebdomadairement pendant la période d'élevage. Les brûlures des tarse ont été appréciées selon la grille de **Bignon et al. (2015)** basée sur l'attribution de trois scores en fonction de la surface des lésions:

Note 01 : pas d'atteinte

Note 02 : moins de 50% du tarse atteint

Note 03 : plus de la moitié du tarse atteint

La notation des lésions observées en face ventrale est basée sur la présence ou l'absence d'ampoules de bréchets ou croûtes du bréchet. Selon **De Jong et al. (2011)**, la note est effectuée selon une échelle binaire composée d'un score de 0 (aucune ampoule ou croûte du bréchet) ou de 1 (présence d'ampoules ou croûtes au bréchet).

4.4. Etat de propreté des plumes

Le degré de souillure des plumes de la poitrine est a été apprécié à l'aide d'une échelle allant de 0 (plumage propre) à 3 (plumage très sale) selon la méthode décrite en 2009 par «welfare quality» rapportée par **De Jong et al. (2011)**. La méthode est illustrée dans la figure5.

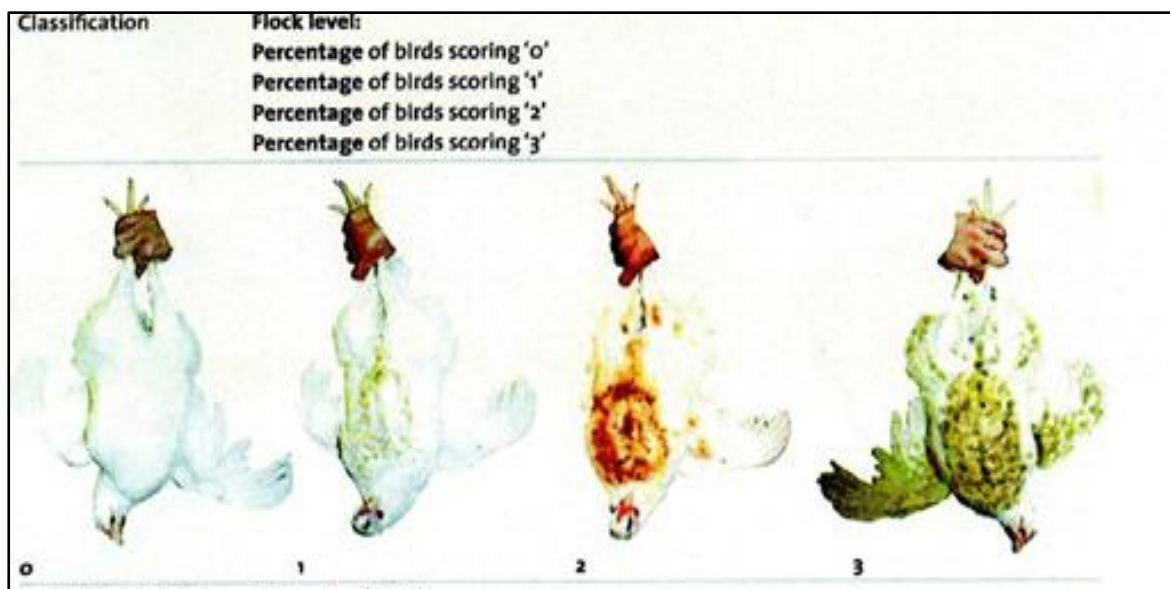


Figure 5. Scores de l'état des plumes (welfare quality 2009).

5. Analyse statistique

Les moyennes des différents paramètres expérimentaux étudiés étaient analysées par la procédure ANOVA, en cas de différence significative, les moyennes sont classées en groupes homogènes par le test de Tukey. Le niveau de confiance statistique a été fixé à $p < 0.05$ et il n'est indiqué que lorsqu'il est significatif.

6. Résultats et discussions

6.1. Performances de croissance

Les résultats des performances de croissance relevés durant la phase de démarrage (07 et 10 jours) et à l'âge d'abattage (42 jours) chez les sujets élevés sur les cinq types de litières sont résumés dans les tableaux 21 et 22.

Tableau 21. Effets des types de litières sur les performances de croissance au démarrage.

Variables	Types de litières					Valeur P
	PS	P-	MP	SB	CB	
Performances à 7 jours						
Poids vif (g)	167 ± 11 ^c	164 ± 11 ^c	176 ± 10 ^b	183 ± 04 ^a	170 ± 11 ^b	P = 0.015
Consommation (g)	165 ± 17	188 ± 19	173 ± 16	170 ± 14	166 ± 17	NS
IC	0.99 ± 0.09 ^{ab}	1.14 ± 0.05 ^b	0.98 ± 0.09 ^{ab}	0.94 ± 0.04 ^a	0.98 ± 0.11 ^{ab}	P = 0.002
Mortalité (%)	0.83 ± 2.04	4.17 ± 3.76	4.17 ± 5.85	0	0	NS
Performances à 10 jours						
Poids vif (g)	237 ± 47	228 ± 43	252 ± 33	261 ± 29	247 ± 43	NS
Consommation (g)	281 ± 35	320 ± 37	303 ± 29	302 ± 37	297 ± 27	NS
IC	1.21 ± 0.15 ^b	1.43 ± 0.11 ^c	1.21 ± 0.11 ^b	1.16 ± 0.08 ^a	1.22 ± 0.16 ^b	P = 0.012
Mortalité (%)	1.67 ± 2.58	5 ± 3.16	5 ± 7.75	0.83 ± 2.04	0.83 ± 2.04	NS

Différentes lettres (a, b, c) dans la même ligne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus).

Le tableau 22, montre les effets des différents types de litières sur les performances de croissance à l'âge d'abattage (42 jours) du poulet de chair.

Tableau 22. Effets des types de litières sur les performances de croissance à l'âge d'abattage.

Variables	Types de litières					valeur P
	PS	P-	MP	SB	CB	
1-42 jours						
Poids vif (g)	2321 ± 127 ^{ab}	2233 ± 36 ^b	2376 ± 96 ^{ab}	2436 ± 94 ^a	2387 ± 91 ^{ab}	P = 0.011
Consommation (g)	3732 ± 309	4081 ± 351	3881 ± 182	3960 ± 295	4048 ± 333	NS
IC	1.61 ± 0.10 ^a	1.83 ± 0.15 ^b	1.63 ± 0.03 ^a	1.63 ± 0.13 ^a	1.69 ± 0.11 ^{ab}	P = 0.013
Mortalité (%)	5 ± 5.48	7.5 ± 4.18	6.67 ± 7.53	5 ± 6.32	9.17 ± 5.85	NS

Différentes lettres (a, b) dans la même ligne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus).

En terme d'ingestion alimentaire, les résultats des tableaux 21 et 22 montrent que le type de litière n'a pas eu d'effet sur l'ingéré alimentaire et que la consommation d'aliment était statistiquement identique durant toutes les phases d'élevage ($P > 0.05$).

Globalement, le type de litière semble ne pas interférer de manière significative avec l'ingéré alimentaire des poulets de chair. Cette observation est similaire à celle décrite par **El-Sagheer et al. (2004)**, qui ont rapporté que le type de la litière ne modifie pas significativement la consommation d'aliment. Bien que les différences observées ne soient pas significatives, sur toute la période d'essai, les poulets élevés sur litière à base de paille de mauvaise qualité (P-), avaient tendance à consommer plus d'aliment que ceux élevés sur les autres types de litières. Par ailleurs, ce constat ne va pas en paire avec les résultats de **Hafeez et al. (2009)** qui ont rapporté que le type de litière impactait ce paramètre et que les poulets élevés sur une paille de blé consommaient moins d'aliments par rapport aux autres types de litière testés (sciure de bois et sable).

Les résultats du gain de poids montrent qu'à l'âge de 7 jours, les poids les plus performants étaient réalisés chez les poulets élevés sur sciure de bois (SB) et les poids les plus faibles sur paille de mauvaise qualité ($P = 0.015$). Le poids vif est significativement meilleur à cet âge avec un accroissement de (+7.78%), (+5.38%) et (+1.79%), respectivement pour les lots de poulets élevés sur sciure de bois (SB), menue paille (MP) et copeaux de bois (CB), par rapport à la paille standard. Cependant, aucune différence significative n'est observée sur le poids vif à l'âge de 10 jours. Alors que, à l'âge de 42 jours, il a été relevé chez les poulets élevés sur sciure de bois les poids d'abattage les plus élevés (2436g ; $P = 0.011$), alors que les moins performants poids d'abattage étaient observés chez les poulets élevés sur la litière à base de paille de mauvaise (2233g).

Plusieurs études ont suggéré que le type de litière est un paramètre fondamental pour assurer les performances recherchées en élevages avicoles (**Huang et al., 2009 ; Youssef et al., 2010 ; El-Deek et al., 2011 ; Kheravii et al., 2017**). Cependant, dans d'autres études, le type de litière ne modifie pas les performances de croissance (**Monira et al., 2003 ; Hafeez et al., 2009**). Paradoxalement, **Gimes et al. (2006)** et **Avila et al. (2008)** ont rapporté que le type de litière n'affecte pas le poids vif des poulets de chair.

L'effet significatif du type de litière sur les performances des animaux pendant la phase de démarrage (7 et 10 jours) observé dans la présente étude est en agrément avec le résultat

décrit par **Kheravii et al. (2017)**. De même, à l'âge d'abattage, cette même réponse a également été observée sur les performances de croissance. En effet, à l'âge de 42 jours, le poids vif réalisé par le lot des poulets élevés sur sciure de bois a été le plus performant statistiquement par rapport à ceux élevés sur paille. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Torok (2009)** selon lesquels le poids vif au 14^{ème} jour et à l'âge d'abattage ont été améliorés significativement selon le type de litière chez des poulets élevés sur différents types de litière (sciure de bois tendre et dur, copeaux de résineux, papier déchiqueté, paille hachée, coques de riz et copeaux de résineux réutilisés).

Au terme de la période d'élevage, on a constaté que la nature de la litière est susceptible d'influencer le poids vif et que les poulets élevés sur litière à base de sciure de bois évoluent pondéralement mieux. Ces effets peuvent être attribués à un éventuel état de confort et de bien-être motivé par la sciure de bois. En outre, la paille de mauvaise qualité a tendance à dégrader le poids vifs. Ceci peut être expliqué, en partie, par la qualité inférieure de ce type de litière, prédisposant aux pathologies, au retard de croissance et éventuellement aux mortalités. Selon les enquêtes de **Kaci (2013) et Mourad (2016)** sur l'élevage de poulet de chair dans la régions du centre d'Algérie et de Batna, il a été rapporté qu'une bonne partie de l'origine de la dégradation du poids d'abattage, de l'indice de consommation, des mortalités et de l'allongement du cycle d'élevage serait attribuable entre autres à la qualité du bâtiment et surtout à la nature de la litière ; souvent composée de pailles de céréales de qualité inférieure, et éventuellement de son état de dégradation qui favorise le développement des pathogènes et coccidies responsables de retard de croissance et de mortalités (**Sanni, 2014**).

Les résultats de l'indice de consommation des lots de poulets élevés sur sciure de bois ont été marqués par une amélioration significative de ce paramètre à l'âge de 7 jours (-5% ; $P=0.002$) et à 10 jours (-4.13% ; $P=0.012$) par rapport à ceux élevés sur paille standard. Cependant, à l'âge de 42 jours, cet écart n'était pas visible entre les lots de poulets élevés sur sciure de bois et menue paille, qui avaient enregistré plutôt un indice de consommation proche de celui des poulet paille standard ($IC = 1.63$).

Globalement, ce sont les poulets élevés sur la litière à base de paille de mauvaise qualité (P-) qui avaient l'indice de consommation cumulée le plus élevé et le meilleur chez ceux élevés sur litière à base de paille standard, suivi par ceux élevés sur la sciure de bois et menue paille.

Dans cette étude, l'indice de consommation des poulets a été amélioré par le type de litière durant la période du démarrage (7 et 10 jours). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Kheravii et al. (2017)**, qui ont remarqué que le type de litière modifie de manière significative l'indice de consommation à l'âge de 10 jours. Cependant, l'indice de consommation des oiseaux élevés sur la paille de blé granulée a été amélioré significativement par rapport à ceux élevés sur de la paille hachée ($P < 0.05$), alors qu'il n'a pas été observé de différence statistiquement significative par rapport aux oiseaux élevés sur des copeaux de bois, des balles de riz ou du papier déchiqueté. Par contre, **Torok et al. (2009)** ont constaté que le type de litière n'a pas d'effet sur l'indice de consommation des poulets.

Par ailleurs, les résultats de cet essai n'ont pas montré l'effet type de litière sur le taux de mortalité. Ceci est en accord avec les résultats rapportés par **Toghyani et al. (2010)** qui ont constaté que la mortalité des poulets élevés n'était pas très différente chez les poulets élevés sur différents types de litières.

6.2.Effet sur l'état des pattes (Pododermatites)

L'effet du type de litières sur les lésions des pattes et la prévalence des pododermatites a été apprécié hebdomadairement pendant tout le cycle d'élevage. Les résultats sont représentés dans les tableaux (23 et 24) et la figure 6.

Tableau 23. Scores des pododermatites à la phase de démarrage selon les types de litières.

Scores (%)	Types de litières					Signification
	PS	P-	MP	CB	SB	
	7 jours					
Score 1	63.3 ^b	63.3 ^b	56.7 ^c	100 ^a	100 ^a	$P < 0.001$
Score 2	36.7 ^b	36.7 ^b	43.3 ^a	0	0	$P < 0.001$
Score 3	0	0	0	0	0	NS
Score 4	0	0	0	0	0	NS
Score 5	0	0	0	0	0	NS
	14 jours					
Score 1	23 ^b	6.7 ^c	20 ^b	85 ^a	85 ^a	$P < 0.001$
Score 2	77 ^b	90 ^a	80 ^b	15 ^c	15 ^c	$P < 0.001$
Score 3	0	3.3	0	0	0	NS
Score 4	0	0	0	0	0	NS
Score 5	0	0	0	0	0	NS

Différentes lettres (a, b, c) dans la même ligne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus).

Tableau 24. Scores des pododermatites à la fin d'élevage selon les types de litières

Scores (%)	Types de litières					Signification
	PS	P-	MP	CB	SB	
35 jours						
Score 1	0	0	0	36.7 ^a	15 ^b	P < 0.001
Score 2	1.7 ^c	1.7 ^c	18.3 ^b	40 ^a	40 ^a	P = 0.005
Score 3	71.7 ^a	75 ^a	75 ^a	23.3 ^c	45 ^b	P = 0.034
Score 4	26.7	18.3	6.67	0	0	NS
Score 5	0	5	0	0	0	NS
42 jours						
Score 1	0	1.7 ^b	0	23.3 ^a	23.3 ^a	P = 0.006
Score 2	1.7 ^c	3.3 ^d	13.3 ^c	45 ^a	31.7 ^b	P < 0.001
Score 3	38.3	35	70	28.3	38.3	NS
Score 4	60 ^a	60 ^a	16.7 ^b	3.33 ^d	6.67 ^c	P = 0.001
Score 5	0	0	0	0	0	NS

Différentes lettres (a, b, c, d, e) dans la même ligne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus).

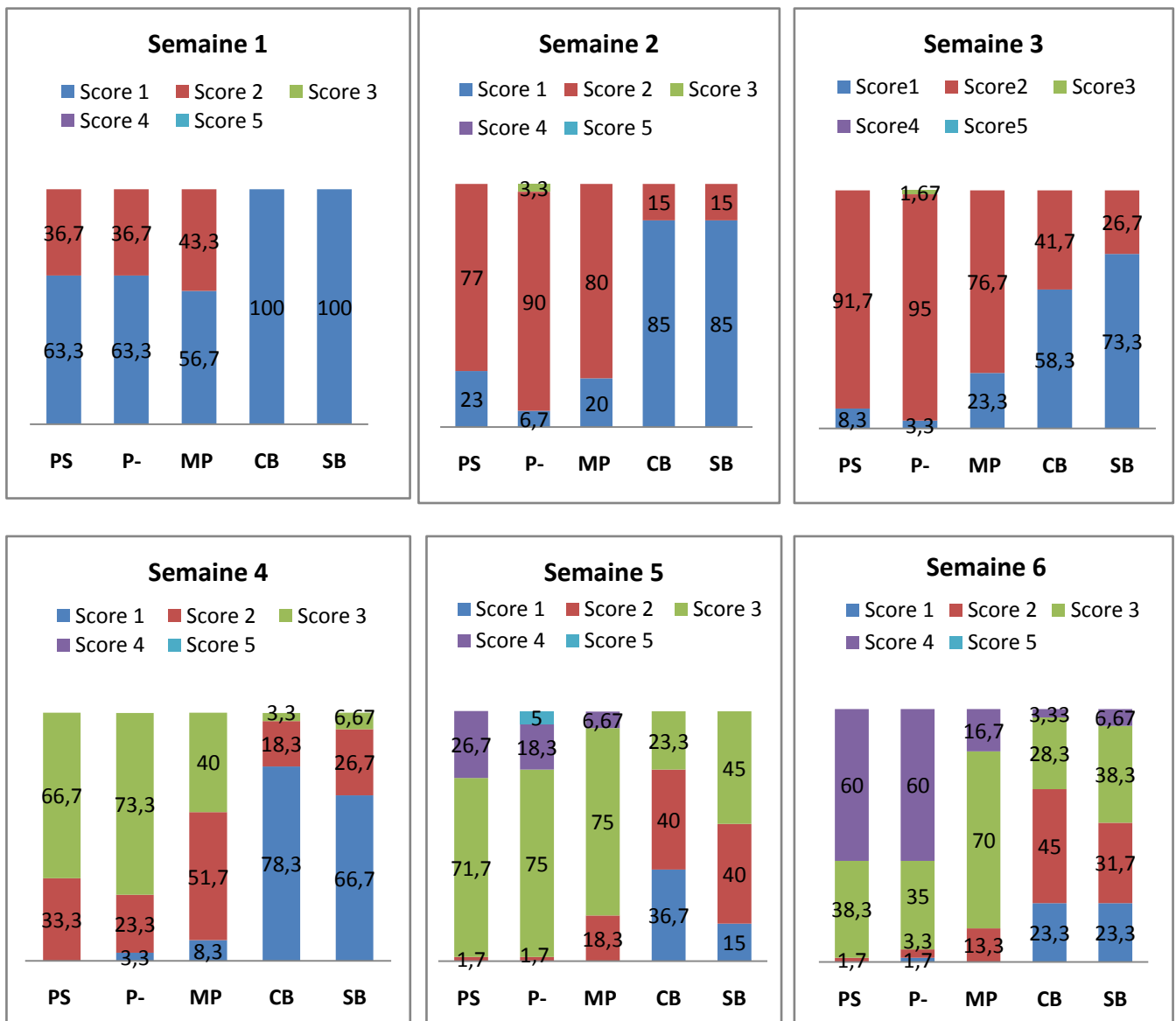


Figure 6. Représentation graphique hebdomadaire des scores des pododermatites selon le type de litière.

En général, les résultats de la figure 6 et des tableaux 23 et 24 montrent que les lésions des pododermatites commencent à être visibles dès la première semaine d'élevage, avec un fort score (Score 1) chez la totalité des animaux élevés sur copeau de bois et sciure de bois (100%), alors que le score 2 a été observé chez les animaux élevés sur PS (36.7 %), P- (36.7 %) et MP (43.3%). L'apparition précoce des pododermatites constitue une alerte et un facteur préjudiciable au bon démarrage recherché en élevage du poulet de chair.

Dès la deuxième semaine, début d'apparition (3.3%) du score 3 correspondant à des lésions intermédiaires chez les poussins P-. Ce score apparaît d'avantage à partir de la

quatrième semaine, pratiquement chez tous les lots, et de manière accentuée chez les tandis que ces taux ont tendance à augmenter de façon importante chez les sujets élevés sur P- (75%), suivi du groupe PS (66.7 %). La prévalence des lésions de 4^{ème} degré devient importante et significative avec vers la fin du cycle d'élevage ($P < 0.05$).

Au cours de la dernière semaine, les examens ont montré que le pourcentage le plus élevé (60%) correspondant à un état critique des pododermatites (Score 4) était enregistré chez les poulets P- et PS. En revanche, le taux le plus bas a été observé chez les animaux MP (16.7%), suivis de SB (6.6%) et CB (3.3%). Cependant, les lésions très sévères (score 5) n'ont pas été observées dans tous les types de litières.

Ces résultats sont assez proches de ceux obtenus par **Bilgili et al. (2009)** et **Taira et al. (2014)** qui ont rapporté que les premières lésions au niveau des coussinets plantaires apparaissent dès la deuxième semaine d'âge des animaux. Cependant, les premiers signes de pododermatites ont été observés dans la troisième semaine d'âge des poulets élevés sur paille de blé hachée et la quatrième semaine chez les poulets élevés sur paille granulée (**Avdalovic et al., 2017**).

Plusieurs études ont comparé les effets de différents types de litières sur la sévérité des pododermatites chez le poulet de chair (**Bilgili et al., 2009 ; Nowaczewski et al., 2011 ; Avdalovic et al., 2017**). Les résultats de ces études ont montré que les poulets élevés sur litière de paille présentent plus de pododermatites graves que ceux élevés sur d'autres types de litières. En outre, la litière de copeaux de bois a eu une incidence plus faible sur les pododermatites par rapport à la litière de paille (**Meluzzi et al., 2008 ; Škrbić et al., 2015**). Par ailleurs, **Bignon et al. (2009)**, confirment aussi que les poulets élevés sur paille présentent plus de pododermatites graves (scores 4 et 5) et plus de brûlures aux tarse que ceux élevés sur copeaux de bois. Ces résultats confirment ce qui a été observé dans la présente expérience. De plus, les poulets élevés sur la paille hachée présentent un taux des pododermatites inférieur à ceux élevés sur la paille non hachée (**Zikic et al., 2017**) et un taux supérieur à ceux élevés sur la paille granulée (**Martrenchar et al., 2002**). En revanche, **Kheravii et al. (2017)** ont rapporté que les animaux élevés sur la paille granulée présentaient un taux d'incidence des pododermatites plus faible par rapport à ceux élevés sur la paille hachée et le papier déchiqueté. D'autres part, les mauvaises conditions d'ambiance affectent également de façon remarquable la qualité de la litière et favorisent l'apparition des pododermatites. **Ekstrand et al. (1998)** ont rapporté qu'il y a une relation entre la limitation

de la ventilation et du chauffage au démarrage et la prévalence des pododermatites. Il est donc conseillé aux aviculteurs de bien chauffer les bâtiments avant l'arrivée des poussins et de ventiler dès leur arrivée, ce qui nécessite une ventilation adaptée pour le jeune âge. L'humidité du bâtiment est également un facteur essentiel de la maîtrise de la qualité de la litière.

Additivement, la qualité de la litière apparaît comme le paramètre le plus déterminant dans l'apparition des dermatites de contact (pododermatites et torses) chez le poulet de chair (**Çavuşoğlu et al., 2018**). En effet, l'humidité de la litière est un facteur de risque favorable à l'apparition des dermatites de contact (**Mayne, 2005 ; Škrbić et al., 2015**). De plus, il a été indiqué par **Olivère et al. (2011)**, qu'il existe une corrélation positive entre l'humidité de la litière et la sévérité des pododermatites. Bien plus, les poulets élevés sur une litière d'une épaisseur inférieure à 5 cm étaient plus exposés à l'apparition des pododermatites que ceux élevés sur une litière d'une épaisseur supérieure à 5 cm (**Ekstrand et al., 1998**). Il est cependant important de rappeler qu'il existe autant d'autres paramètres qui peuvent être impliqués dans l'apparition des pododermatites, tels que l'âge d'abattage, le poids vif et les conditions d'élevage (**Shepherd and Fairchild, 2010 ; Dawkins et al., 2017**).

D'autre part, la densité de l'élevage est également un autre facteur favorable à l'apparition des pododermatites. En effet, les dermatites de contact ont une relation avec le surpeuplement et la baisse d'activité du poulet (**Scahaw, 2000**). Par ailleurs, au cours d'une étude réalisée par **Meluzzi et al. (2008)**, l'incidence et la sévérité des pododermatites a été améliorée dans un élevage moins intensifs (11 sujets/m², sur copeaux de bois, 4.5 kg/m², 16h de lumière et 8h d'obscurité) par rapport à un élevage plus intensif (14 poulets/m², litière de 3 kg/m², 23h de lumière et 1h d'obscurité). Dans cette étude, les auteurs ont attribué la diminution d'incidence et de sévérité des pododermatites à l'effet combiné des trois paramètres étudiés.

Par ailleurs, la teneur de l'aliment en protéines brutes peut également être une cause principale de dégradation de l'état de la litière et la prévalence des dermatites de contact. Dans l'étude de **Nagaraj (2006)**, il a été observé une augmentation significative des pododermatites graves avec un taux de protéines brutes de l'aliment (20.2 vs 16.4%). Cet effet s'explique par le fait que les teneurs élevées de protéines dans l'aliment incitent l'animal à boire plus d'eau pour excréter l'excès de l'azote, en conséquence, la litière s'humidifie et se concentre en azote avec émission d'ammoniac qui exerce un effet irritant au niveau des coussinets plantaires et

prédispose les poulets aux pododermatites (Nagaraj, 2006). De même, l'augmentation de la teneur en lipides des aliments entraîne plus d'excrétion de lipides dans les fientes et rendent celles-ci plus gluantes. Dans ce cas, les fientes vont non seulement augmenter l'humidité de la litière mais aussi se coller plus fortement aux coussinets plantaires et les irriter induisant ainsi l'apparition de pododermatites (Mirza, 2011). De plus, certains éléments minéraux incitent à la surconsommation d'eau chez les volailles et par conséquent sur la qualité de la litière. A titre indicatif, les teneurs élevées en sodium ou en potassium dans l'aliment ou l'eau de boisson ont tendance à augmenter la consommation d'eau et favorisent l'humidité des fientes. Cela peut stimuler indirectement la prévalence des pododermatites (Smith et al., 2000).

6.3.Effet sur les dermatites des tarses et du bréchet

Les prévalences des brûlures des tarses et d'ampoules ou croûte de bréchet ont été appréciées à l'âge d'abattage et sont consignées dans les tableaux 25 et 26.

Tableau 25. Scores des brûlures des tarses à l'âge d'abattage selon les types de litières.

Types de litières	Scores des brûlures des tarses (%)		
	1	2	3
PS	0	26.7	73.3
P-	0	36.7	63.3
MP	0	38.3	61.7
CB	25	35	40
SB	0	40	60
Signification	NS	NS	NS

Tableau 26. Scores des ampoules de bréchet à l'âge d'abattage selon les types de litières.

Types de litières	Scores (%)	
	Score 0	Score 1
PS	0	100
P-	0	100
MP	0	100
CB	0	100
SB	0	100
Signification	NS	NS

Dans la présente étude, les lésions au niveau des tarses et du bréchet n'ont pas été influencées par le type de litière ($p > 0.05$). Cependant, l'apparition des lésions tarsiennes sévères (score 3) était plus faible chez les poulets élevés sur CB (40%) par rapport à ceux élevés sur SB (60%), MP (61.67%), P- (63.33%) et PS (73.33%).

Les scores relevés dans la présente étude se comparent avec à ceux observés par **Sorbara et al. (2000)**, qui ont rapporté que les brûlures de tarses et les lésions du bréchet n'étaient pas affectées par le type de litière. De même, dans un autre contexte expérimental comparant une nouvelle litière avec une litière réutilisée, **Traldi et al. (2007)** n'ont observé aucune différence entre les lésions du bréchet des poulets expérimentés.

En élevage du poulet de chair, la présence de pododermatites au niveau des coussinets plantaires ou des tarses et la présence de lésions au niveau du bréchet sont considérées comme des indicateurs de manque de confort et de bien-être animal et des conditions d'élevage inappropriées. En effet, il a été rapporté dans ce genre de situations des lésions de pododermatites plus fréquentes que les brûlures de tarses avec cependant une prévalence des brûlures du bréchets moins accentuée chez le poulet de chair (**Haslam et al., 2007 ; Allain et al., 2009**).

Plusieurs études montrent une chronologie dans l'apparition des dermatites de contact, avec une précocité pour les pododermatites et attardé pour les dermatites du tarse et de celles du bréchet (**Mirabito et al., 2007**). Ce ci peut s'expliquer par le fait que les poulets passent la majorité de leur temps couchés quand ils grandissent. Cette inactivité qui augmente avec l'âge des animaux favorise le développement de lésions aux tarses (**Harms and Simpson, 1975**) et au bréchet (**Allain et al., 2009**) qui sont en contact avec la litière lorsque les poulet sont couchés. De plus, **Bignon et al. (2009)** ont montré que la présence de pododermatites prédispose aussi le poulet à l'apparition d'autres dermatites de contact comme les ampoules de bréchet.

6.4. Etat des plumes

Les scores relatifs à la propreté du plumage ont été relevés à la fin de la période d'élevage (42j) et sont présenté dans le tableau 27.

Tableau 27. Scores de l'état des plumes à l'âge d'abattage selon les types de litières.

Types de litières	Scores de l'état des plumes (%)			
	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3
PS	0	0	8.3 ^c	91.7 ^a
P-	0	0	5 ^d	95 ^a
MP	0	0	11.7 ^b	88.3 ^b
CB	0	0	33.3 ^a	66.7 ^d
SB	0	0	30 ^a	70 ^c
Signification	NS	NS	P=0.037	P=0.037

Différentes lettres (a, b, c, d) dans la même colonne montrent des différences significatives entre les groupes ($p < 0.05$ ou plus).

En général, les scores relatifs à l'état de propreté des plumes de la poitrine varient d'un lot à l'autre. Ainsi, on constate que le plumage est globalement moins propre dans tous les types de litières. On note encore chez tous les lots, l'absence totale des scores (0) et (1) correspondant au plumage propre. L'incidence du score 2 (plumage sale) diffère d'une manière significative ($P=0.037$) entre les différents lots. Le taux le plus élevé (33.3%) a été enregistré chez les sujets du lot CB alors que ceux du lot P- avaient le taux le plus bas (5%). En revanche, le score 3 (plumage très sale) était marquant chez les sujets des lots élevés sur pailles (P- : 95% ; PS : 91.7% et MP : 88.3) et de degré accentué chez les lots CB (66.7%) et SB (70%).

Les résultats de la présente expérience montrent l'importance du facteur type de litière sur l'état du plumage et la qualité du poulet livré à l'abattoir. En effet, ce sont les poulets élevés sur un matériau de litière à base de bois qui présentaient le meilleur état de plumage à l'âge d'abattage. Ceci pourrait être lié à leur effet absorbant de l'humidité des fientes. L'étude de **Kadi et al. (2015)**, illustre cette idée et montre que les plumes des poulets de chair sont plus propres au niveau des bâtiments où la litière est complètement sèche. Selon **Baltazart (2010)**, les poulets vivants dans des zones humides ou exposés à l'humidité, présentent souvent un plumage sale et humide, un bréchet dégarni de plumes et souvent mouillé.

Par ailleurs, la dégradation de la propreté du plumage peut être attribués à d'autres facteurs comme l'âge, la saison, le climat, la maîtrise des facteurs d'ambiance, l'aliment distribué ou encore les troubles pathologiques (**Bignon et al., 2009 ; Karcher et al., 2013**). En effet, la propreté du plumage est le plus souvent associée aux élevages caractérisés notamment par des mauvaises conditions d'ambiance et à des équipements non adaptés ou insuffisants (**Allain et al., 2009**).

7. Conclusion

En conclusion, le type de litière a eu un effet sur les performances de démarrage et d'abattage du poulet de chair. Cependant, les oiseaux élevés sur la sciure de bois présentaient les meilleures performances de croissance (poids vif et indice de consommation) par rapport aux autres types de litières. D'autre part, les copeaux de bois paraissent être le meilleur matériau capable d'assurer un certain niveau de bien-être favorable à l'obtention d'un poulet propre et exempt de défauts.

References:

- Allain V., Mirabito L., Arnould C., Colas M., Le Bouquin S., Lupo C., Michel V., 2009. Skin lesions in broiler chickens measured at the slaughterhouse: relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. *Br. Poult. Sci.* 50: 407–417.
- Avdalovic V., Vucinic M., Resanovic R., Avdalovic J., Maslic-Strizak D., Vucicevic M., 2017. Effect of Pelleted and Chopped Wheat Straw on the Footpad Dermatitis in Broilers. *Pakistan J. Zool.* 49 (5):1639-1646.
- Avila V. S., Oliveira U., Figueiredo E. A. P., Costa C. A. F., Abreu V. M. N., Rosa P. S., 2008. Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. *Braz. J. Anim. Sci.* 37:273–277.
- Baltazart A., 2010. Propriétés physiques, chimiques, biologiques et nutritives des litières en élevage de volailles. Thèse de doctorat en Vétérinaire .Ecole Nationale Vétérinaire D'Alfort. France. 173p.
- Bignon L., Chevalier D., Conan S., Dezat E., Mirabito L., 2009. Litières alternatives à la paille : solution aux problèmes de bien-être en poulet de chair ? 8èmes JRA, St Malo. 25 et 26 mars : 213-217.
- Bignon L., Mika A., Dupin M., Dusart L., Travel A., Narcy A., Bournazel M., Bourin M., Mercierand F., Naciri M., Magnin M., Garet J., Bouvarel I., 2015. Améliorer le bien-être du poulet de chair grâce à l'apport de fibres alimentaires et l'utilisation d'une litière à base de menue paille. Les 11èmes JRA-PFG, Tours, France, pp. 887-892.
- Bilgili S.F., Hess J.B., Blake J.P., Macklin K.S., Saenmahayak B., Sibley J.L., 2009. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. *Appl. Poult. Res.* 18: 583-589. <http://doi.org/10.3382/japr.2009-00023>

- Çavuşoğlu E., Petek M., Abdourhamane İ. M., Akkoc A., Topal E., 2018. Effects of different floor housing systems on the welfare of fast-growing broilers with an extended fattening period. *Arch. Anim. Breed.* 61:9-16. <https://doi.org/10.5194/aab-61-9-2018>, 2018.
- Dawkins M. S., Roberts S. J., Cain R. J., Nickson T., Donnelly C. A., 2017. Early warning of footpad dermatitis and hock burn in broiler chicken flocks using optical flow, bodyweight and water consumption. *Vet. Rec.* 11: 1–5.
- De Jong I. C., Moya T. P., Gunnink H., Van den Heuvel H., Hindle V. A., Mul M., Van Reenen K., 2011. Simplifying the Welfare Quality assessment protocol for broilers. Wageningen UR Livestock Research. Partner in livestock innovations. 61p.
- Dozier W.A., Thaxton J.P., Branton S.L., Morgan G.W., Miles D.M., Roush W.B., Lott B.D., Vizzier Y.T., 2005. Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. *Poult. Sci.* 84: 1332–1338.
- Ekstrand C., Carpenter T. E., Andersson I., Algers B., 1998. Prevalence and control of footpad dermatitis in broilers in Sweden. *Br. Poult. Sci.* 39 (3): 318-324.
- El-Deek A., Al-Harathi M., Khalifah M., Elbanoby M., Alharby T., 2011. Impact of newspaper as bedding material in arid land on broiler performance. *Egypt. Poult. Sci.* 31:715-725.
- El-Sagheer M., M.N. Makled and M.A. Mohamed. 2004. Effect of type of litter on broiler performance. *Egypt. J. Anim. Prod.* 41: 411-422.
- Garcês A., Afonso S. M. S., Chilundo A., Jairoce C. T. S., 2013. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. *J. Appl. Poult. Res.* 22:168-176.
- Grimes J.L., Carter T.A., Godwin J.L., 2006. Use of a litter material made from cotton waste, gypsum, and old newsprint for rearing broiler chickens. *Poult. Sci.* 85: 563–568.
- Hafeez A., Suhail S.M., Durrani F.R., Jan D., Ahmad I., Rehman A., 2009. Effect of different types of locally available litter materials on the performance of broiler chicks. *Sarhad J. Agric.* 25(4): 581-586.
- Harms R.H., Simpson C.F., 1975. Biotin deficiency as a possible cause of swelling and ulceration of foot pads. *Poult. Sci.* 54:1711-1713.
- Haslam S. M., Knowles T. G., Brown S. N., Wilkins L. J., Kestin S. C., Warriss P. D., Nicol C. J., 2007. Factors affecting the prevalence of foot pad dermatitis, hock burn and breast burn in broiler chicken. *Br. Poult. Sci.* 48: 264–275.
- Huang Y., Yoo J., Kim H., Wang Y., Chen Y., Cho J., Kim I., 2009. Effect of bedding types and different nutrient densities on growth performance, visceral organ weight, and blood characteristics in broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 18:1–7.

- Kaci A., 2013. La pratique d'élevage du poulet de chair dans la région du centre d'Algérie : diagnostic et perspectives. 10ème JRA-PFG. La Rochelle (France), 26 & 28 mars 2013, 62-67.
- Kadi S.A., Bouchem A., Mouhous A., 2015. Evaluation du bien être des poulets de chair en élevage industriel en Algérie. 11èmes JRA- PFG. Tours (France), 26 & 27 mars 2015, 989-993.
- Karcher D.M., Makagon M.M., Fraley G.S., Fraley S.M., Lilburn M.S., 2013. Influence of raised plastic floors compared with pine shaving litter on environment and Pekin duck condition. *Poult. Sci.* 92 (3): 583-590.
- Kheravii S.K Swick., R.A., Choct M., Wu S.B., 2017. Potential of pelleted wheat straw as an alternative bedding material for broilers. *Poult. Sci.* 0: 1–7. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew473>
- Martrenchar A., Boilletot E., Huonnic D., Pol F., 2002. Risk factors for foot-pad dermatitis in chicken and turkey broilers in France. *Prev. Vet. Med.* 52: 213-226. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(01\)00259-8](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(01)00259-8)
- Mayne R.K., 2005. A review of the aetiology and possible causative factors of foot pad dermatitis in growing turkeys and broilers. *World's Poult. Sci.* 61(2) : 256-267.
- Meluzzi A., Fabbri C., Folgatti E., Sirri F., 2008. Survey of chicken rearing conditions in Italy: effects of litter quality and stocking density on productivity, foot dermatitis and carcass injuries. *Br. Poult. Sci.* 49(3): 257-264.
- Michel V., Prampart E., Mirabito L., Allain V., Arnould C., Huonnic D., Le Bouquin S., Albaric O., 2012. Histologically-validated footpad dermatitis scoring system for use in chicken processing plants. *Br. Poult. Sci.* 53(3): 275-281.
- Mirabito L., Ziemniak L., Chevalier D., 2007. Cinétique des pododermatites chez les poulets de chair élevés sur paille ou copeaux en élevage commercial. In : 7^{ème} JRA. (en-ligne), Tours (Fr) : ITAVI, Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire. http://journées-de-la-recherche-foie-gras.org/JRA/Contenu/Archives/7_JRA/Environnement/B74-MIRABITO-version-def.pdf
- Mirza W.M., 2011. Improvement in litter quality and leg health by nutritional modification in growing turkeys. Ph. D.thesis. University of Glasgow. Scotland. 241p.
- Monira K., Islam M., Alam M., Wahid M., 2003. Effect of litter materials on broiler performance and evaluation of manure value of used litter in late autumn. *Asian. Australas. J. Anim. Sci.* 16:555–557.

- Mourad., 2016. Indicateurs technico-économiques de la production du poulet de chair dans la région d'Ain touta. Mémoire de magister. Université Batna 1.
- Nagaraj M., 2006. Evaluation of nutrition and management factors in the aetiology of pododermatitis in broiler chickens. Master of Science thesis. Auburn university. USA. 98p.
- Nowaczewski S., Rosinski A., Markiewicz M., Kontecka H., 2011. Performance, foot-pad dermatitis and haemoglobin saturation in broiler chickens kept on different types of litter. *Arch. Geflügelk.* 75: 132-139.
- Olivère P., Arnould C., Bignon L., 2011. Caractéristiques physico-chimiques de la litière en avec la sévérité des dermatites de contact en poulet de chair. 9èmes JRA, Tours. 29 et 30 mars: 513-517.
- Sanni J.Y., 2014. Effets d'une litière à base d'attapulgite calcinée, sur les performances de croissance du poulet de chair. Thèse docteur en médecine vétérinaire. Université Cheikh Anta Diop Dakar. 73p.
- SCAHAW 2000 (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare)., 2000. European commission. 150p.
- Shepherd, E.M., Fairchild B.D., 2010. Footpad dermatitis in poultry. *Poult. Sci.* 89: 2043–2051.
- Škrbić Z., Pavlovski Z., Lukić M., Petričević V., 2010. Assessment of broiler welfare in different stocking densities. Proceedings of XIII European Poultry Conference, Tours, France, August 23–27, 2010, pp. 908.
- Škrbić Z., Pavlovski Z., Lukić M., Petričević V., 2015. Incidence of footpad dermatitis and hock burns in broilers as affected by genotype, lighting program and litter type. *Annls. Anim. Sci.* 15: 433-445.
- Škrbić Z., Pavlovski Z., Lukić M., Petričević V., Miljković B., Marinkov G., 2012. The effect of the diet on incidence of footpad lesions and productivity of broilers. *Biotech. Anim. Husb.* 28: 353–360.
- Smith A., Rose S.P., Wells R.G., Pirgozliev V., 2000. Effect of excess dietary sodium, potassium, calcium and phosphorus on excreta moisture of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 41(5): 598-607.
- Sorbara J., Rizzo M.F., Laurentiz A.C., 2000. Avaliação da polpa peletizada como material para cama de frangos de corte. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 2(3):1-13.

- Taira K., Nagai T., Obi T., Takase K., 2014. Effect of litter moisture on the development of footpad dermatitis in broiler chickens. *J. Vet. Med. Sci.* 76: 583-586. <https://doi.org/10.1292/jvms.13-0321>
- Toghyani M., Gheisari A., Modaresi M., Tabeidian S.A, Toghyani M., 2010. Effect of different litter material on performance and behavior of broiler chickens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 122:48–52.
- Torok V.A., Hughes R.J., Ophel-Keller K., Ali M., Macalpine R., 2009. Influence of different litter materials on cecal microbiota colonization in broiler chickens. *Poult Sci.* 88(12): 2474-2481.
- Traldi C.O.M., Duarte K.F., Moraes V.M., 2007. Avaliação de probióticos na dieta de frangos de corte criados em cama nova ou reutilizada. *Rev. Bras. de Zootec.* 36(3):660-665.
- Youssef I.M.I., Beineke A., Rohn K., Kamphues J., 2010. Experimental study on effects of litter material and its quality on foot pad dermatitis in growing turkeys. *Int. J. Poult. Sci.* 9: 1125–1135
- Zikic D., Djukic-Stojcic M., Bjedov S., Peric L., Stojanovic S., Uscebrka G., 2017. Effect of Litter on Development and Severity of Foot-Pad Dermatitis and Behavior of Broiler Chickens. *Brzl. J. Poult. Sci.* 19(2): 247-254. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0396>

Conclusion générale

Cette recherche a démontré l'importance de l'amélioration des conditions de démarrage en élevage du poulet de chair. En effet, un bon départ dans la vie du poussin est décisif pour la suite de son cycle vital.

Les résultats de la première expérience montrent que l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins permet d'améliorer les performances de démarrage et d'abattage, le développement du tube digestif et le poids relatif des organes immunitaire des poulets.

Dans la deuxième expérience, l'utilisation du sirop de menthe au cours du transport et pendant la phase de démarrage permis de réduire les effets néfastes du stress du transport sur la qualité du poussin, les performances de croissance, le développement intestinal et l'immunité du poulet de chair.

En fin, les résultats de la troisième expérience mettent en évidence l'effet primordiale du type de litière sur le bien être et les performances de croissance du poulet de chair au cours des différentes phases étudiées.

En conclusion, les résultats de notre étude est très intéressants et montre qu'avec l'amélioration des conditions de démarrage il est possible d'assurer les performances recherché en élevages du poulet de chair.

Annexes

Article 1:





Boussaada T., Ouachem D., Shah T., Özkan S. 2020. Effect of transport duration, access to feed and water during transportation on growth performance and organ development of broilers. *Hayvansal Üretim*, 61 (2): 109-120. [DOI: 10.29185/hayuretim.777084](https://doi.org/10.29185/hayuretim.777084)

Research Article
(Araştırma Makalesi)



J. Anim. Prod., 2020, 61 (2): 109-120

<https://doi.org/10.219185/hayuretim.777084>

Tarek BOUSSAADA^{1,2}  0000-0002-1437-9272
Derradji OUACHEM²  0000-0002-8116-6867
Tahir SHAH³  0000-0002-4748-2364
Sezen ÖZKAN³  0000-0002-9637-882X

¹ Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA), Biophysical Station, Touggourt, Algeria

² Food Sciences Laboratory, Institute of Veterinary and Agronomic Sciences, Batna1 University 05000, Algeria

³ Ege University Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Izmir, Turkey

Corresponding author: sezen.ozkan@ege.edu.tr

Keywords:

Broiler, day-old chicks, post-hatch transportation, access to feed and water during transportation, performance.

Anahtar Kelimeler:

Broiler, günlük civciv, çıkış sonrası taşıma, taşıma sırasında yem ve suya ulaşım, performans.

Effect of transport duration, access to feed and water during transportation on growth performance and organ development of broilers

Günlük yaştaki etlik civcivlerde taşıma süresi ve taşıma sırasında yem ve suya ulaşımın gelişme performansı ve organ gelişimine etkileri

Alınış (Received): 05.08.2020

Kabul tarihi (Accepted): 10.11.2020

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to assess the effect of transport duration and access to feed and water during the transportation of broiler chicks on growth performance, yolk sac weight, development of intestine and immune organs, and carcass yields of broilers.

Material and methods: A total of 256 Cobb broiler chicks were obtained from a commercial hatchery. Depending on the treatment, chicks were divided into 4 groups and subjected to either 1.5 h (DS) or 6.0 h (DL) transportation with (AFW) or without access to feed and water (NFW) during the transportation. Chicks from each subgroup were assigned to 4 floor pens (16 pens in total) and reared until 42 d.

Results: Our results confirmed that AFW improved body weight, breast fillet, food consumption, yolk sac weight at day 2, and development of immune and intestinal at day 42, (7 d) as compared with the NFW. Our study also indicated that DL group attempted to compensate their growth retardation by increasing their feed intake during the first week of their lives as compared to DS group. However, DL group broilers did not catch up with the broilers from DS group at slaughter age and had worse FCR.

Conclusion: This study shows that there is a positive effect on broiler performance by providing feed and water during the transportation.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı bir günlük etlik civcivlerde taşıma süresi ve taşıma sırasında yem ve su verilmesinin büyüme performansı, sarı kese ağırlığı, sindirim ve bağışıklık organlarının gelişmesi ve karkas verimine etkisini belirlemektir.

Materyal ve Metot: Ticari bir kuluçkahaneden 256 adet Cobb etlik civciv temin edilmiştir. Civcivler rasgele 4 gruba ayrılmış ve 1.5 saat (DS) veya 6.0 saat (DL) boyunca yem ve su sağlanmış (AFW) ya da sağlanmamış (NFW) olarak taşımaya maruz bırakılmışlardır. Taşımadan sonra her grup 4 adet yer bölmesine yerleştirilmiş (toplam 16 bölme) ve 42. güne kadar büyütülmüştür.

Bulgular: Sonuçlar AFW uygulamasının NFW'e kıyasla 42. gün canlı ağırlığı iyileştirdiğini, göğüs eti, yem tüketimi ve 2. gün sarı kese ağırlığını artırdığını, erken yaşta (7 gün) bağışıklık ve sindirim organlarının gelişimini iyileştirdiğini göstermiştir. Çalışma aynı zamanda DL uygulamasının DS'e göre çıkış günü canlı ağırlığı düşürdüğünü ve DL grubunun DS'e kıyasla ilk hafta yem tüketimini artırarak telafi edici büyüme çabası içinde olduğuna işaret etmektedir. Ancak, DL grubu kesim yaşında DS grubunun canlı ağırlığına ulaşamamış ve daha kötü FCR elde edilmiştir.

Sonuç: Çalışma, taşıma süresinden bağımsız olarak günlük civcivlere taşıma sırasında yem ve su sağlanmasının etlik piliç performansını olumlu etkilediğini göstermiştir.



INTRODUCTION

Poultry, including broiler chicks, are commonly transported at the first day of life and this period between hatching and placement at the farm is considered one of the most critical stages in grow-out period. There are several factors contributing to stress in day old chicks before placement including holding time at hatchery with handling, crowding, noise, thermal micro-environment in transport vehicle and transportation duration accompanied by food and water deprivation during the transportation resulting in reduced production performance and welfare of broilers (Abeyesinghe et al., 2001; Kettlewell and Mitchell, 2001; Mitchell and Kettlewell, 2009; Bergoug et al., 2013; Jacobs et al., 2016).

Various studies suggest that long transport duration of one-day-old chick may have negative effects on the development and performance of chicks later in life (Bergoug et al., 2013; Jacobs et al., 2016) and results in stress related physiological responses (Khosravinia, 2015) including higher corticosterone response (Jacobs et al. 2017) indicating higher stress level in chicks. European Union legislation advises a maximum chicks transport duration of 24.0 h and deprivation of feed and water for at most, 72.0 h post-hatch (European Union Council, 2005). Bergoug et al (2013) reported that body weight of chicks subjected to 4.0 or 10.0 h of transport duration significantly reduced as compared with those not transported and this effect was persistent by 21 d old age. Jacobs et al. (2016) observed that there was significant reduction in body weight and yolk sac weight of broiler chicks after 11.0 h transportation in comparison to 1.5 h transportation at one d old age. Furthermore, the increased distance of transportation from 50 to 300 km, resulted in an increased mortality within first 7 day from 1.22 to 1.36% (Chou et al., 2004). However, during transportation, chicks are also being deprived of feed and water and it is not clear whether the observed effects were caused by transport duration or delayed access to feed and water. The longer deprivation of feed and water (fasting/holding time) has been proven to negatively affect growth performance of broiler chicks (Noy and Sklan, 1999; Decuyper et al., 2001; Noy et al., 2001; Gonzales et al., 2003; Uni et al., 2003), intestinal development (Lilburn and Loeffler, 2015) skeletal muscle growth through satellite cell proliferation (Halevy et al. 2000) and immunity of broilers (Juul-Madsen et al., 2004; Panda et al., 2015). Therefore, early feeding of broiler chicks at post hatch by supplying feed directly at hatching baskets (Sklan

et al., 2000; Hollemans et al. 2018), in the chick transport boxes using regular feed (Kidd et al., 2007; Kovaříková 2013) or special designed commercial products (Batal and Parsons. 2002; Shivazad et al., 2007; Henderson et al., 2008) or using in ovo feeding method (Uni and Ferket, 2004; Uni et al., 2005; Kornasio et al., 2011) have been suggested as a tool to improve broiler performance. However, providing feed and water to chicks in transportation boxes has not been studied in large scale. Kidd et al. (2007) reported that significantly higher BW at 7 d old when chicks were provided with a moisturized starter feed at the hatchery and during the transportation (in total 5.0 h) before placement at the farm. However there was no effect on performance parameters at slaughter age of 35. Although many of the researches reported that early feeding improves only initial BW and performance; it might be beneficial especially under critical conditions such as disease and/or stress due to suboptimal rearing conditions (Shariatmadari, 2012).

Therefore the aim of the current study was to examine the effects of transport duration of one-day-old-chick and access to regular starter feed and water during transportation, as well as their interaction, on growth performance, internal organs, development of intestine and immune organs, carcass and carcass part yields of broilers.

MATERIALS and METHODS

The experiment has been approved by the Institute of Veterinary and Agronomic Sciences, Batna 1 University (Algeria) and all experimental procedures were complied with the European Union Directive on Legislation for the protection of animals used for scientific purposes, 2010-63-EU.

Experimental Design and Treatments

Effects of transport duration and access to food and water supply to 1-day-old mixed-sex chicks during the transportation were tested in a 2 × 2 factorial arrangement. A total of 256 Cobb 500 broiler chicks were obtained from a commercial hatchery immediately after release from hatcher. Experimental chicks were individually weighed, identified with leg bands and randomly distributed into 4 transportation boxes with 4 replications of 16 chicks per group. Depending on the treatment, transportation boxes were provided with a commercial starter feed on the box floor and 4 nipple drinkers attached to boxes (access to feed and water during the transportation, AFW) or left empty (no access to feed and water during the transportation, NFW). The stocking density



was 21 cm²/chick. Chicks were transported for either 1.5 h (Short duration, DS) or 6.0 h (Long duration, DL), which respectively correspond to mean and maximum transport durations in Algeria. This resulted in 4 subgroups: DS x NFW; DS x AFW; DL x NFW; DL x AFW. Transportation of chicks from hatchery to experimental farm was conducted under the same commercial conditions, using a van with air conditioning set at 28 to 30°C and 36 to 38% relative humidity.

Housing

After transportation, chicks from each subgroup were immediately weighed and randomly distributed to 4 replicate pens (16 chicks/pen) in a single broiler housing unit (experimental farm). Each pen was covered with wood shavings, and was equipped with feeder and nipple drinkers. Diets were formulated to meet NRC recommendation. A two-phase feeding schedule was applied to broilers including a starter diet with 21% CP and 3000 kcal/kg ME from 0 to 15 d of age, and a grower diet with 20% CP and 3100 ME/kg from 16 to 42 d of age. Feed and water were available ad libitum throughout the experiment. Ambient temperature in the experimental farm was 35°C on day one and was gradually reduced to 20°C at slaughter age (42 d). The lighting regimen was 23L:1D throughout the experiment.

Measurements

Performance

The chicks were weighed individually and identified with leg-bands immediately before transportation from hatchery to the experimental farm. After transportation, all chicks were weighed again at farm. Change in body weight (BW) of chicks after transportation was calculated as a percentage (%) of BW before transportation using following formula: [(BW after transportation, g) - (BW before transportation, g)/BW before transportation, g] × 100. During the production period average body weight (BW) was evaluated per pen at 7, 14, 21, 28, 37 and 42 d. On the same days, feed consumption (FC) was measured and feed conversion ratio (FCR) was calculated per pen as the ratio of cumulative feed intake (g) to body weight gain (g). Mortality was recorded after transportation and then daily until the end of the experiment.

Yolk sac, internal organs and development of small intestine segments

At 48.0 h post hatch, two birds from each replicate (8 per subgroup) were randomly selected, weighed, killed by decapitation and then the yolk sac was

removed from the abdomen and weighed individually. The precision of scale was 0.001g. At day 7, eight birds were selected randomly from each subgroup (two from each replicate), weighed, killed by decapitation for measurements on internal organs including proventriculus, gizzard, pancreas, liver, heart, bursa fabricus, and spleen. Relative weights were calculated as a percentage of the BW. Growth of small intestine segments, duodenum, jejunum and ileum, was evaluated on the basis of their lengths and density. The lengths of the duodenum (pancreatic loop), jejunum (from the pancreatic loop to Meckel's diverticulum) and ileum (from Meckel's diverticulum to 1 cm above the ileo-caecal junction) were recorded and expressed as percentages (%) of the small intestine length (duodenum, jejunum and ileum). The intestinal weight per unit of surface area of each segment (g/cm²) was defined as the "intestinal density". Fragments of 5 cm for duodenum, jejunum and ileum were cut, emptied, weighed, then opened longitudinally and spread out on a flat surface to measure their length and width in cm and the area was calculated. The density expressed in g/cm² is calculated by the relation:

$$\text{Density (g/cm}^2\text{)} = \frac{\text{segment weight (g)}}{\text{segment area (cm}^2\text{)}}$$

Carcass and carcass parts yield

At d 42, two male birds from each replicate were randomly selected, giving a total of 8 chicks for each subgroup. Those chicks were weighed, culled and let to bleed out by neck cut (head was removed after slaughtering), de-feathered and eviscerated. The carcass were weighed and dissected in order to measure the thigh, drumstick, breast fillet and abdominal fat. Relative weight of carcass and cut up parts (%) in relation to live weight was calculated.

Statistical Analyses

All data from the experiment were subjected to ANOVA using the general linear model procedure of the JMP statistics package (SAS Institute Inc., 2002). Statistical model included two main effects of transport duration (short (DS)/ long (DL)) and access to feed and water (FW) during transportation (access (AFW)/ no access (NFW)) and their interaction. Pen was considered as experimental unit for BW, gain, feed consumption, and FCR traits. Individual chick was considered as experimental unit for the body weight at hatching day, yolk sac, carcass, internal organs, length and density of small intestine segments. Relative yolk sac weight data were subjected to log transformation prior to the analysis. LS-means were



separated using Student t-test when ANOVA indicated significant effect ($P \leq 0.05$).

RESULTS

Growth and Production Performance

The effects of treatments on BW of birds are presented in Table 1. Immediately after transportation, the body weights of chicks were significantly reduced by DL ($P \leq 0.05$) and positively affected by early access to feed and water ($P \leq 0.05$). Chicks from DL lost 6.12 % of their BW during the transportation. However, DS group gained weight. BW loss was highest in DL×NFW and the lowest in DS

×NFW group. Although interaction effect was not significant for the change in BW after transportation, access to feed and water at DS condition resulted in a weight gain of 4.92 ± 1.12 % in the chicks. BW loss of chicks in other subgroups were 8.14 ± 1.12 , 4.17 ± 1.12 , 1.11 ± 1.12 % for DL×NFW, DL×AFW, and DS×NFW subgroups, respectively (means not tabulated). The negative effect of DL on BW of birds was found to be significant at d 28 and d 42 ($P \leq 0.05$). However, BW was positively affected by FW during the complete production phase (Table 1). No interaction effect between transport duration and early access to feed and water was observed.

Table 1. Effect of Transport Duration and Access to Feed and Water During Transportation on Body Weight (g) of Broilers and Change in BW After Transportation (%).

Çizelge 1. Taşıma Süresi ve Taşıma Sırasında Yeme ve Suya Ulaşımın Etlik Piliçlerin Canlı Ağırlığına (g) ve Taşıma Sonrası Canlı Ağırlık Değişimine Etkisi (%).

Treatments/ Age	BWBT	BWAT	Change in BWAT (%)	d7	d 14	d 21	d 28	d 42
Transport duration								
DS (1.5 h)	43.38	44.21 ^a	+1.90	144.5	357.5	786.5	1355.5 ^a	2580.7 ^a
DL (6.0 h)	43.55	40.86 ^b	-6.12	138.3	340.3	757.6	1276.7 ^b	2474.2 ^b
SEM	0.46	1.49	0.78	15.8	27.75	52	78.25	104.9
Access to feed and water								
NFW	43.52	41.50 ^b	-4.63	130.3 ^b	330.1 ^b	737.8 ^b	1272.0 ^b	2468.7 ^b
AFW	43.41	43.57 ^a	+0.37	152.6 ^a	367.7 ^a	806.3 ^a	1360.3 ^a	2586.2 ^a
SEM	0.46	2.04	0.78	10.7	21.5	40.15	74.95	101.7
P values								
D	0.523	<0.001	<0.001	0.290	0.129	0.1716	0.037	0.036
FW	0.651	0.002	<0.001	0.001	0.004	0.005	0.022	0.023
D × FW	0.709	0.322	0.369	0.810	0.846	0.731	0.763	0.552

^{a,b}Means in the columns within same treatment with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

BWBT: Body weight before transportation;

BWAT: Body weight after transportation;

Change in BWAT, %: [(BWAT,g) - (BWBT, g)/BWBT, g] × 100.

NFW: No feed and water during the transportation;

AFW: Access to feed and water during the transportation;

D: Transport duration;

FW: Feed and water during the transportation;

SEM: Standard error of the mean.

Transport duration had a significant effect ($P \leq 0.05$) on feed consumption (FC) in the first week of the production phase (Table 2) Chicks subjected to DS had lower feed consumption than those subjected to DL. However, no significant effect was found at later ages. Access to feed and water during the Transport significantly increased FC from the second week until slaughter ($P \leq 0.05$). Interaction between D and FW was significant at 7 day post hatch ($P = 0.017$). The interaction effect was presented by similar FC levels of birds from DL and DS (128.8 and 130.9 ± 11.4 g, respectively) when feed and water was available. However, FC significantly differed between DL and DS

groups with being greater in broiler chicks from DL (142.9 ± 11.4 g) than the DS (110.9 ± 11.4 g) when access to feed and water was not available during the transport (data not tabulated).

The shorter transport duration improved FCR (Table 3) in the first 2 weeks and at the end of the production period ($P \leq 0.05$). However, access to feed and water had a positive effect on FCR in the first week only ($P \leq 0.05$). No interaction between transport duration and access to feed and water during the transport was found on FCR.

There was no mortality during the transportation and only 4 birds died in the production period. All



deaths occurred within the first 3 weeks of the experiment. The numbers of dead birds were 1, 0, 2, and 1 for DS×NFW, DS×AFW, DL×NFW, DL×AFW groups, respectively. No effect of treatments and interaction were observed on cumulative mortality of broilers (data not tabulated).

Table 2. Effect of Transport Duration and Access to Feed and Water During Transportation on Feed Consumption of Broilers (g/birds)

Çizelge 2. Taşıma Süresi ve Taşıma Sırasında Yeme ve Suya Ulaşımın Etlik Piliçlerin Yem Tüketimine Etkisi (g/piliç)

Treatments/Age	D 07	D 14	D 21	D 28	D 42
Transport duration					
DS (1.5 h)					
DL (6.0 h)	120.9 ^b	398.5	994.7	1841.5	3997.5
	135.9 ^a	405.8	987.6	1842.6	4073.3
SEM	14.6	28.9	77.8	117	176.1
Access to feed and water					
NFW	126.9	386.9 ^b	938.4 ^b	1762.3 ^b	3944.9 ^b
AFW	129.9	417.3 ^a	1044.0 ^a	1921.9 ^a	4125.9 ^a
SEM	15.3	24.4	54	81.5	152.25
P values					
D	0.031	0.580	0.811	0.981	0.349
FW	0.639	0.036	0.003	0.004	0.038
D × FW	0.017	0.578	0.867	0.991	0.387

^{a,b}Means in the columns within same treatment with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

NFW: No feed and water during the transportation;

AFW: Access to feed and water during the transportation;

D: Transport duration;

FW: Feed and water during the transportation;

SEM: Standard error of the mean.

Table 3. Effect of Transport Duration and Access to Feed and Water During Transportation on Feed Conversion Ratio of Broilers

Çizelge 3. Taşıma Süresi ve Taşıma Sırasında Yeme ve Suya Ulaşımın Etlik Piliçlerin Yemden Yararlanma Oranı Üzerine Etkisi (g/g)

Treatments/Age	D 07	D 14	D 21	D 28	D 42
Transport duration					
DS (1.5 h)					
DL (6.0 h)	1.18 ^a	1.26 ^a	1.33	1.40	1.57 ^a
	1.45 ^b	1.36 ^b	1.38	1.50	1.68 ^b
SEM	0.24	0.07	0.06	0.09	0.05
Access to feed and water					
NFW	1.46 ^b	1.34	1.35	1.43	1.63
AFW	1.17 ^a	1.28	1.37	1.46	1.62
SEM	0.24	0.09	0.06	0.10	0.08
P values					
D	0.036	0.018	0.144	0.103	0.004
FW	0.029	0.110	0.491	0.567	0.895
D × FW	0.101	0.309	0.386	0.780	0.826

^{a,b}Means in the columns within same treatment with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

NFW: No feed and water during the transportation;

AFW: Access to feed and water during the transportation;

D: Transport duration;

FW: Feed and water during the transportation;

SEM: Standard error of the mean.

Yolk Sac and Internal Organs

The impact of the transport duration and access to feed and water during transportation on yolk sac utilization (d 2) and internal organ growth (at d 7) are shown in Table 4. There was no effect of transport duration on yolk sac and internal organ weights. Early access to feed and water increased the actual weight of internal organs but relative weights to body weight

of broilers were lower. No interaction effect was observed for these traits.

Development of Bursa, Spleen and Small Intestine Segments

No effect of transport duration was found on actual and relative weight of bursa and spleen at 7 days (Table 5). However, AFW increased actual and



relative weights of bursa and actual weight of spleen at 7 days ($P \leq 0.05$).

There was no effect of transport duration on intestinal length and intestinal density of broiler chicks at 7 days (Table 5). However, AFW increased the

relative length of duodenum (+1.19%), and densities of duodenum (+0.014%), and jejunum (+0.015%) significantly ($P \leq 0.05$). For any of the traits measured, the interaction effect was not significant ($P > 0.05$).

Table 4. Effect of Transport Duration and Access to Feed and Water During Transportation on Yolk Sac Weight (at d 2) and Internal Organ Weights of Broilers at d 7

Çizelge 4. Taşıma Süresi ve Taşıma Sırasında Yeme ve Suyu Ulaşımın Etlik Piliçlerin 2 Günlük Yaşta Sarı Kese ve 7 Günlük Yaşta İç Organ Ağırlıklarına Etkisi

Treatments/Age	2 days				7 days							
	Yolk sac		Proventriculus		Gizzard		Liver		Heart		Pancreas	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Transport duration												
DS (1.5 h)												
DL (6.0 h)	1.17	2.45	0.89	1.03	3.67	4.24	3.76	4.33	0.76	0.89	0.41	0.47
	1.37	2.71	0.91	1.01	3.68	4.19	3.84	4.24	0.81	0.91	0.43	0.49
SEM	0.54	0.63	0.16	0.16	0.65	0.39	0.94	0.60	0.14	0.10	0.07	0.08
Access to feed and water												
NFW	0.93 ^b	2.37	0.83 ^b	1.12 ^a	3.15 ^b	4.26	3.35 ^b	4.53 ^b	0.71 ^b	0.95 ^a	0.39 ^b	0.53 ^a
AFW	1.61 ^a	2.79	0.96 ^a	0.93 ^b	4.20 ^a	4.16	4.25 ^a	4.04 ^a	0.86 ^a	0.84 ^b	0.45 ^a	0.44 ^b
SEM	0.41	0.60	0.14	0.12	0.38	0.40	0.78	0.56	0.12	0.08	0.07	0.06
P values												
D	0.178	0.261	0.669	0.658	0.900	0.684	0.784	0.652	0.31	0.501	0.324	0.33
FW	<0000	0.076	0.019	0.000	<0000	0.516	0.005	0.021	0.001	0.001	0.03	0.000
D × FW	0.154	0.674	0.635	0.525	0.156	0.245	0.518	0.320	0.906	0.799	0.979	0.908

^{a,b}Means in the columns within same treatment with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

NFW: No feed and water during the transportation;

AFW: Access to feed and water during the transportation;

D: Transport duration;

FW: Feed and water during the transportation;

SEM: Standard error of the mean.

Table 5. Effect of Transport Duration and Access to Feed and Water During Transportation on Actual (g) and Relative Weights of Immune Organs (%), Intestinal Length (%), and Intestinal Density (g/cm^2) of Broilers at 7 Days

Çizelge 5. Taşıma Süresi ve Taşıma Sırasında Yeme ve Suyu Ulaşımın Etlik Piliçlerin 7 Günlük Yaşta Gerçek (g) ve Oransal İmmün Organ Ağırlıklarına (%), Barsak Uzunluğuna, (%) ve Barsak Yoğunluğuna (g/cm^2) Etkisi

Treatments	Bursa		Spleen		Intestinal length			Intestinal density		
	g	%	g	%	Duodenum	Jejunum	Ileum	Duodenum	Jejunum	Ileum
	Transportation duration									
DS (1.5 h)	0.11	0.13	0.06	0.06	20.91	47.56	31.54	0.106	0.08	0.06
DL (6.0 h)	0.12	0.13	0.06	0.06	21.14	48.28	30.58	0.107	0.08	0.06
SEM	0.05	0.04	0.02	0.02	1.63	1.79	2.09	0.021	0.02	0.02
Access to feed and water										
NFW	0.08 ^b	0.11 ^b	0.04 ^b	0.05	20.43 ^b	48.04	31.53	0.10 ^b	0.07 ^b	0.07
AFW	0.15 ^a	0.15 ^a	0.07 ^a	0.07	21.62 ^a	47.79	30.59	0.11 ^a	0.09 ^a	0.06
SEM	0.03	0.03	0.02	0.02	1.49	1.81	2.09	0.02	0.02	0.02
P values										
D	0.552	0.932	0.784	0.3417	0.674	0.276	0.212	0.985	0.689	0.581
FW	<0.000	0.002	0.000	0.063	0.038	0.700	0.217	0.049	0.039	0.084
D × FW	0.843	0.961	0.649	0.978	0.506	0.782	0.805	0.4108	0.092	0.220

^{a,b}Means in the columns within same treatment with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

NFW: No feed and water during the transportation;

AFW: Access to feed and water during the transportation;

D: Transport duration;

FW: Feed and water during the transportation;

SEM: Standard error of the mean.

Carcass and Carcass Parts Yield:

There were no overall significant differences in carcass yield at market age were found between birds subjected to the DL and DS (Table 6). However, AFW significantly increased relative weight of abdominal fat and breast fillet ($P \leq 0.05$) as compared with the

NFW chicks. No interaction effect was observed in any of the parameters investigated.

At 42 d of age, all measurements for internal organs, bursa, spleen and intestinal development were repeated. However, results indicated that there were no effect of treatments on any of the traits measured. Therefore data were not presented here.

Table 6. Effect of Transportation Duration and Access to Feed and Water During Transportation on Yield of Carcass and Carcass Parts (%) of Broilers at 42Days

Çizelge 6. Taşıma Süresi ve Taşıma Sırasında Yeme ve Suyu Ulaşımın 42 Günlük Yaşta Etlik Piliçlerin Karkas ve Karkas Parçalarının Verimine (%) Etkisi

Treatments	Carcass	Abdominal fat	Thigh	Drumstick	Breast Fillet
Transportation duration					
DS (1.5 h)					
DL (6.0 h)	69.01	1.36	5.37	4.61	11.30
	67.46	1.54	5.24	4.58	10.70
SEM	2.49	0.33	0.41	0.38	1.04
Access to feed and water					
NFW					
AFW	68.47	1.29 ^b	5.41	4.53	10.57 ^b
	68.00	1.61 ^a	5.19	4.67	11.43 ^a
SEM	2.62	0.30	0.40	0.37	1.00
P values					
D	0.099	0.089	0.342	0.803	0.086
FW	0.609	0.004	0.123	0.324	0.017
D × FW	0.521	0.278	0.223	0.056	0.356

^{a,b}Means in the columns within same treatment with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

NFW: No feed and water during the transportation;

AFW: Access to feed and water during the transportation;

D: Transport duration;

FW: Feed and water during the transportation;

SEM: Standard error of the mean.

DISCUSSION**Growth and Production Performance**

Earlier reports on the effects of transport duration and the moment of access to feed and water on growth performance are conflicting. In this experiment, the longer transportation (6.0 h) of one day-old-chicks negatively affected early and later life body weights at different time points having a statistical significance at d 1, 28 and 42 as compared with DS (1.5 h). Previous experiments with newly hatched broiler chicks subjected to different transport durations showed a negative effect of transportation on the performance in early life, but not in later life (Bergoug et al., 2013; Jacobs et al., 2016). Bergoug et al. (2013) reported significantly higher body weight, by 21 d of age, in broilers not subjected to transportation (0 h) as compared with those subjected to the short (4.0 h) or long (10.0 h) transportation. However, they did not find any effect of transportation duration on BW of broilers at slaughter age of 35 d. Jacobs et al. (2016), compared the BW of day-old chicks those transported for 1.5 or 11.0 h

without access to feed and water and found significantly lower BWs in 11.0 h group as compared with the 1.5 h group. However, the negative effect of transportation on BW disappeared from d 7 and the authors concluded that transportation duration did not raise a significant impact for productivity and welfare of broiler chicks. In our experiment, two factors were studied; namely duration of transport and access to feed and water. Therefore, the overall mean weight gain observed in the DS group after transportation was not independent from the feed and water availability. Increased weight gain observed in DS × AFW group was due to feed/water consumption during the transportation. Access to feed and water during the transportation prevented BW loss after transportation and even increased weight gain in chicks from DS group. However, BW loss in chicks subjected to DL was partly alleviated by feed and water availability. Although we did not measure stress related parameters in this experiment it could be possible that longer transport duration increased birds demand for energy due to stress and



this could not be fully alleviated by feed and water availability during transportation.

Our results showed that access to feed and water during the transportation increased the body weight of broilers in all production phase. This positive effect was observed even just after transportation. These findings seem to be contradictory to some earlier studies. Hollemans et al. (2018) found that delayed access to feed and water impaired the weight gain of the broilers in the first two weeks of grow-out period, but did not change the final weight or feed efficiency at the end of the grow-out period. In contrary to our findings, Kidd et al (2007) provided starter feed and water to the chicks 5.0 h before placement, from pull out time at the hatchery until the placement at farm, and observed no advantage of earlier feeding at the slaughter age. In the same line, allowing turkey poults accessing to feed in transportation boxes resulted in higher BWs during the first two weeks with no effect on later life performance (Eratalar and Türkoğlu, 2017). However, it should be counted that duration of fasting that was experienced by chicks are always longer than transport duration when considering biological age reported by Careghi et al. (2005). Indeed, hatch window contributes to the magnitude of the effect of post-hatch holding/transportation time on chicks. It has been reported that early hatched chicks (0 by 22.0 h) are more benefited from early feeding than those hatched later (22.0 - 48.0 h) within the hatch window (Sklan et al., 2000). In our study, considering biological age as reported by Careghi et al. (2005) and Powell et al (2016) we may estimate a hatch window of 28.0 h (from hatchery records), a handling time of 3.0 h at the hatchery, and adding by 1.5 h (DS) and 6.0 h (DL) transport durations, chick subjected to DS and DL treatments were delayed in feed and water (NFW) for 32.5 h and 37.0 h, respectively. DL treatment in this study was just beyond the threshold (36.0 h) for to observe long lasting negative effect on body weight and mortality (de Jong et al. 2017). Therefore, differences among studies might partly be related with actual fasting duration of chicks as a result of hatch window differences among the hatcheries or small changes in transport conditions other than transport durations.

DL increased feed consumption at d 7 and significant interaction effect between transport duration and access to feed and water during the transportation was indicated by a significant increase in feed consumption in broiler chicks subjected to DL×NFW. Therefore, we may speculate that availability of feed and water during long transportation had a

more pronounced effect on FC of birds at first week. Negative effects of longer transportation would partly alleviated by availability of food and water during the transport. This interaction effect may further suggests that longer transportation, accompanied by NFW probably resulted in an increased feed consumption in chick's early life to compensate longer deprivation of food thereafter in favor of compensatory growth phenomena (Plavnik and Hurwitz. 1985; Özkan et al., 2010). However, this increased feed consumption did not last at later ages and, although there was an attempt of DL chicks for compensatory growth at early ages (7, 14, and 21 d), they did not catch up with the broilers from DS group at slaughter age.

Higher FC observed in FW broilers was in line with the report of Vargas et al. (2009) who found that feed consumption was significantly higher in birds having early access to feed than those delayed access to feed. A better FCR observed with birds from the DS group was contrary to the findings of Bergoug et al. (2013) and Jacobs et al. (2016) who reported that the FCR was not affect by different transport durations. We also demonstrated that the earlier access to feed and water during the transportation had significant positive effect on FCR, only in the first week of life, which is consistent with prior research (Gonzales et al., 2003). The positive effects of AFW found in this study at 7 d, would partly related with the increase in relative length and density of duodenum and density of jejunum. Early gut development, resulting in efficient energy utilization and higher weight gain in broilers have been reported in the earlier reports (Batal and Parsons. 2002; Fairchild et al., 2006).

In this study, mortality was not affected by any of the treatments. In line with our finding, no significant difference between transport durations of 1.5 and 11.0 h was reported by Jacobs et al. (2017). Bergoug et al. (2013) found no clear effect of transport duration on mortality among the groups of 0.0, 4.0, 10.0 h transportation. Almeida et al. (2006) reported that total mortality were not different between the broilers those had fasting periods of 12.0 and 24.0 h after hatching. On the other hand, Chou et al. (2004) suggested that each 1 km increase in transportation distance resulted in 0.05% increase in first week mortality in broilers. Our results may probably be related that we used a moderate transportation duration and optimum vehicle conditions during the transportation. Recent meta-analyses study also concluded that reduced body weight and increased total mortality up to six week were observed only after



36.0 h delay in feed and water access (de Jong et al., 2017).

Yolk Sac and Internal Organs

In our study, yolk sac utilization of chicks at two d of age did not vary with any of the treatments. This may be because of transport durations that were rather close to each other in this study. We compared a short (1.5 h) and moderately longer (6.0 h) transport durations with optimum conditions in transportation vehicle. In line with our finding, recent meta-analyses study also concluded that delayed access to feed and water between 24.0–48.0 h did not result in a significant reduction in relative yolk sac weight; but after 72.0 h delay, yolk sac weight was reduced (de Jong et al., 2017). Several factors may influence the yolk sac weight of chicks during the post-hatch transportation, particularly fasting period (Bhanja et al 2009) and physiological stress based on the transportation condition (Khosravinia 2015). Khosravinia (2015) who reported that the transportation of one day-old-chicks for distance up to 800 km decreased yolk sac weights of chicks linearly in rate of 0.063g per 100 km. However, max transportation distance in our study was about 450 km and may partly explain the differences between the studies.

We also found that actual weight of internal organs increased with the early access to feed at 7 days of age. However, in the contrary to actual weights, relative organ weights to body weight of broilers were lower. This clearly was due to the higher body weights of birds in AFW group (Table 1). Early access to feed and water resulted in faster growth rate thus higher body weight in these groups. However, this may not be accompanied by the same rate of growth for internal organs therefore resulting in reduced relative weight to BW. Our results are in accordance with the results of El-Husseiny et al. (2008) who showed that early feeding increased growth of internal organs (liver, heart, proventriculus and gizzard) compared with delayed access to feed with access to water. Fasting duration of 56 h in poults (Corless et al., 1999) 48.0 and 72.0 h in broiler chicks (Maiorka et al., 2003) resulted in reduced proventriculus and gizzard weights. It seems that proventriculus and gizzard weights are negatively affected by delayed access to feed and water if the delay is at around or longer than 48.0 h. Bhanja et al. (2009) reported that early access to feed and water during the initial 24.0 h period resulted in higher relative weights of liver and pancreas in broiler chicks at first week as compared to those had a late access to

feed (32.0– 48.0 hours). However, relative weights of gizzard and proventriculus were not affected by feed deprivation up to 48.0 h. In our study, we may speculate that 32.5 h and 37.0 h delays in feed and water access for DS and DL treatments were not large enough to yield significant changes in proventriculus, gizzard liver, heart, and pancreas.

Development of Bursa, Spleen and Small Intestine Segments

We observed improved actual and relative weight of bursa but only actual weight of spleen in AFW group at d 7. These results are similar to those reported by Dibner et al. (1998) who found significantly higher bursa weights on the 3rd day of chicks had an immediate accessed to feed after hatch as compared to those subjected to a fasting period for 48.0 hours. They reported that the delayed access to feed after hatch induced a delayed appearance of biliary IgA and germinal centers, after which decreased lymphocyte proliferation. Consequently, less mature of the bursa and delayed increase of B and T cell populations (Bar-Shira et al., 2005). In line with our findings, other studies reported that if chicks were subjected to a fasting period up to 24.0 h after hatch, the development of bursa and spleen were impaired (Bhanja et al., 2009 and Panda et al., 2010).

Increased duodenum length and density, and jejunum density in AFW group reported in this study are in accordance with the results of Ganjali et al. (2015) who found that the highest small intestine length were observed in birds had early access to feed (6.0h after hatching) as compared to the those delayed in feeding (18.0 h after hatching).

It has been well documented that delayed access to feed and water after hatching resulted in adverse effects on intestinal morphology and digestive enzymes thus delays growth of the intestinal tract (Uni et al., 1998, 1999; Corless and Sell 1999; Noy et al., 2001; Geyra et al., 2001; Bigot et al., 2003). Although we did not measure in this study, development of intestinal villi and crypts are improved by the early nutrition of 1-d-old chicks during transportation from hatchery to farm (Kovářiková 2013). The increase in weight and length of the small intestine might be accompanied by the increase in surface area of the small intestine (Yamauchi 2002). Increased duodenum length and densities of duodenum and jejunum found in this study probably are related with the increased surface area of small intestine, in which, affected by the length and width of the intestinal villi. The surface area of the small intestine can influence the ability of digestion and absorption of nutrients,



thus an increase in growth performance of broiler could be associated with the increase in absorption activity in the small intestine (Ariyadi et al. 2019). It seems that some parts of the gastro-intestinal tract of chicks, such as the duodenum and jejunum, are more sensitive for early access to feed and water compared with the ileum by means of affected cellular proliferation (Geyra et al., 2001) and these finding were confirmed by our data.

Carcass and Carcass Parts Yield

Most profound effect of AFW treatment has been observed on the relative weight of breast fillets confirming the positive effects of earlier access to feed and water on breast muscle in earlier studies (Powell et al., 2016).

Within line with our results, Schivazad et al. (2007) concluded that immediate access to feed after hatch improved breast meat yield at 42 day compared to chicks that receive feed immediately at arrival to farm and those held an additional 12.0 h without feed. This finding might be explained by increased proliferation of satellite cell due to earlier access to feed and water which results in a higher muscle development reported by earlier studies (Halevy et al., 2000; Moore et al., 2005).

The relative weight of abdominal fat significantly increased by AFW during the transportation. This observation did not agree with the report from El-Husseiny et al. (2008) who did not find any effect of moment of first nutrition (ranging between one to 7 days after hatch) on abdominal fat in broiler chickens. In this study, early access to feed and water resulted in higher live weight and higher FC at the slaughter age of 42 d. Therefore, higher breast fillet, and higher abdominal fat probably associated with increased

feed intake in this group. Although FCR was not improved and abdominal fat increased with early access to feed and water during the transportation, higher breast meat production would still be an advantage of AFW treatment.

CONCLUSION

Our results indicated the magnitude of earlier feeding in broiler chicks to reduce delay in feed and water access even at a narrow ranges between 32.5 h and 37.0 h (estimated under this study conditions) for DS and DL groups, respectively. These times for delay in feed and water are commonly practiced in commercial conditions. Results from this study also suggests that, regardless of the transport duration, allowing chicks accessing to feed and water during the transportation is a promising management tool for the broiler producers as consider with the apparent advantage of higher BWs by 42 d of age and higher breast yield at d 42. Improved actual and relative weights of bursa and actual weight of spleen in broiler chicks at 7 days were further advantages of AFW as associated with better immune status.

ACKNOWLEDGEMENT

Presented data was a part of PhD study of Tarek Boussaada and has been prepared for publication during his internship at Ege University. The authors would like to thank the Institute of Veterinary Sciences and Agricultural Sciences - Batna University (1) for the experimental work. The authors would like also to thank the Agriculture Faculty of Ege University for hosting Tarek Boussaada and collaboration to finalize this work.

REFERENCES

- Abeyesinghe SM, Wathes CM, Nicol CJ, Randall JM. 2001. The aversion of broiler chickens to concurrent vibrational and thermal stressors. *Applied Animal Behaviour Science* 73(3):199-215. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00142-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00142-3)
- Almeida JG, Vieira SL, Gallo BB, Conde ORA, Olmos AR. 2006. Period of incubation and posthatching holding time influence on broiler performance. *Brazilian Journal of Poultry Science* 8(3):153-158. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2006000300003>
- Ariyadi B, Sudaryati S, Harimurti S, Wihandoyo, Sasongko H, Habibi M F, Rahayu D. 2019. Effects of feed form on smallintestinehistomorphology of broilers. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 387:012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/387/1/012047>
- Bar-Shira E, Sklan D, Friedman A. 2005. Impaired immune responses in broiler hatchling hindgut following delayed access to feed. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 105(1-2):33-45. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2004.12.011>
- Batal AB, Parsons CM. 2002. Effect of fasting versus feeding oasis after hatching on nutrient utilization in chicks. *Poultry Science* 81(6):853-859. <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.853>
- Bergoug H, Guinebretière M, Tong Q, Roulston N, Romanini CEB, Exadakylos V, Berckmans D, Garain P, Demmers TGM, McGonnell IM, Bahr C, Burel C, Etteradossi N, Michel V. 2013. Effect of transportation duration of 1-day-old chicks on postplacement production performances and padodermatitis of broilers up to slaughter age. *Poultry Science* 92(12):3300-3309. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03118>
- Bhanja SK, Anjali DC, Panda AK, Shyam SG. 2009. Effect of post hatch feed deprivation on yolk-sac utilization and performance of young broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22(8):1174-1179. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80528>
- Bigot K, Mignon-Grasteau S, Picard M, Tesseraud S. 2003. Effects of delayed feed intake on body, intestine, and muscle development in neonate broilers. *Poultry Science* 82(5):781-788. <https://doi.org/10.1093/ps/82.5.781>



- Careghi C, Tona K, Onagbesan O, Buysse J, Decuyper E, Bruggeman V. 2005. The effects of the spread of hatch and interaction with delayed feed access after hatch on Broiler performance until seven days of age. *Poultry Science* 84(8):1314-1320. DOI: [10.1093/ps/84.8.1314](https://doi.org/10.1093/ps/84.8.1314)
- Chou CC, Jiang DD, Hung YP. 2004. Risk factors for cumulative mortality in broiler chicken flocks in the first week of life in Taiwan. *British Poultry Science* 45(5):573-577. <https://dx.doi.org/10.1080/000716604000006248>.
- Corless AB, Sell JL. 1999. The effects of delayed access to feed and water on the physical and functional development of the digestive system of young turkeys. *Poultry Science* 78(8):1158-1169. <https://doi.org/10.1093/ps/78.8.1158>
- de Jong IC, van Riel J, Bracke MBM, van den Brand H. 2017. A 'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. *PLOS ONE* 12(12): e0189350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189350>
- Decuyper E, Tona K, Bruggeman V, Bamelis F. 2001. The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poultry Science Journal* 57(2):127-138. DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS20010010>
- Dibner JJ, Knight, CD, Kitchell ML, Atwell CA, Downs AC, Ivey FJ, 1998. Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry. *Journal of Applied Poultry Research* 7(4):425-436. <https://doi.org/10.1093/japr/7.4.425>
- EL-Husseiny OM, Abou El-Wafa S, El-Komy HMA. 2008. Influence of fasting or early feeding on broiler performance. *International journal of poultry science* 7(3): 263-271. DOI: [10.3923/ijps.2008.263.271](https://doi.org/10.3923/ijps.2008.263.271)
- Eratarar S, Türkoğlu M. 2017. The Effects of Immediate Feeding in Delivery Boxes Posthatch on Growth Performance of Turkey Poults. *International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences* 3 (1): 33-39. DOI: [10.24180/ijaws.298456](https://doi.org/10.24180/ijaws.298456)
- European Union Council. 2005. Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December, 2004, on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97. *Off. J. Eur. Union L* 3:1-44.
- Fairchild BD, Northcutt JK, Mauldin JM, Buhr RJ, Richardson LJ, Cox NA. 2006. Influence of water provision to chicks before placement and effects on performance and incidence of unabsorbed yolk sacs. *Journal of Applied Poultry Research* 15(4):538-543. <https://doi.org/10.1093/japr/15.4.538>
- Ganjali H, Raji AR, Zarghi H. 2015. Effect of post hatch delayed access to feed on performance, GIT physical and histological development and yolk absorption in young broiler chicks. *Biomedical Pharmacology Journal* 8(2):945-955. <https://dx.doi.org/10.13005/bpj/846>
- Geyra A, Uni Z, Sklan D. 2001. The effect of fasting at different ages on growth and tissue dynamics in the small intestine of the young chick. *British Journal of Nutrition* 86(1):53-61. <https://doi.org/10.1079/BJN2001368>
- Gonzales E, Kondo N, Saldanha ES, Loddy MM, Careghi C, Decuyper E. 2003. Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. *Poultry Science* 82(8):1250-1256. <https://doi.org/10.1093/ps/82.8.1250>
- Halevy O, Geyra A, Barak M, Uni Z, Sklan D. 2000. Early post-hatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *The Journal of Nutrition* 130(4): 858-864. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.858>
- Henderson SN, Vicente JL, Pixley CM, Hargis BM, Tellez G. 2008. Effect of an early nutritional supplement on broiler performance. *International Journal of Poultry Science* 7(3):211-214. DOI: [10.3923/ijps.2008.211.214](https://doi.org/10.3923/ijps.2008.211.214)
- Holleman MS., de Vries S, Lammers A, Clouard C. 2018. Effects of early nutrition and transport of 1-day-old chickens on production performance and fear response. *Poultry Science* 97(7):2534-2542. <https://dx.doi.org/10.3382/ps/pey106>
- Jacobs L, Delezie E, Duchateau L, Goethals K, Ampe B, Buysse J, Tuytens FAM. 2017. Impact of transportation duration on stress responses in day-old chicks from young and old breeders. *Research in Veterinary Science* 112:172-176. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.04.015>
- Jacobs L, Delezie E, Duchateau L, Goethals K, Ampe B, Lambrecht E, Gellynck X, Tuytens FAM. 2016. Effect of post-hatch transportation duration and parental age on broiler chicken quality, welfare, and productivity. *Poultry Science* 95(9):1973-1979. <https://dx.doi.org/10.3382/ps/pew155>
- Juul-Madsen HR, Su G, Sørensen P. 2004. Influence of early or late start of first feeding on growth and immune phenotype of broilers. *British Poultry Science* 45(2):210-222. <https://doi.org/10.1080/00071660410001715812>
- Kettlewell PJ, Mitchell MA. 2001. Mechanical ventilation: improving the welfare of broiler chickens in transit. *Journal of the Royal Agricultural Society of England* 162:175-184.
- Khosravania H. 2015. Physiological Responses of Newly Hatched Broiler Chicks to Increasing Journey Distance During Road Transportation. *Italian Journal of Animal Science* 14(3):3964. <https://dx.doi.org/10.4081/ijas.2015.3964>
- Kidd MT, Taylor JW, Page CM, Lott BD, Chamblee TN. 2007. Hatchery Feeding of Starter Diets to Broiler Chicks. *Journal of Applied Poultry Research* 16(2):234-239. <https://doi.org/10.1093/japr/16.2.234>
- Kornasio R, Halevy O, Kedar O, Uni Z. 2011. Effect of in ovo feeding and its interaction with timing of first feed on glycogen reserves, muscle growth, and body weight. *Poultry Science* 90(7):1467-1477. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01080>
- Kovářiková L. 2013. The effect of feeding 0day chicken during transportation on intestinal development. *MendelNet: Proceedings of International PhD Students Conference, 20-21 November 2013, Vol.20, Mendel University in Brno, Czech Republic, pp. 451-454. https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2013/mnet_2013_full.pdf*
- Lilburn MS, Loeffler S. 2015. Early intestinal growth and development in poultry. *Poultry Science* 94(7):1569-1576.
- Maiorka A, Santin E, Dahlke F, Boleli IC, Furlan RL, Macari M. 2003. Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. *Journal of Applied Poultry Research* 12(4):483-492. <https://doi.org/10.1093/japr/12.4.483>
- Mitchell MA, Kettlewell PJ. 2009. Welfare of poultry during transport - a review, in: *Proceedings of the 8th European Symposium on Poultry Welfare, 18-22 May 2009, Cervia, RA, Italy, pp.90-100.*
- Moore DT, Ferket PR, Mozdziaik PE. 2005. Early posthatch fasting induces satellite cell self-renewal. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 142(3):331-339. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2005.08.007>
- Noy Y, Geyra A, Sklan D. 2001. The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch poult. *Poultry Science* 80(7):912-919. <https://doi.org/10.1093/ps/80.7.912>
- Noy Y, Sklan D. 1999. Energy utilization in newly hatched chicks. *Poultry Science* 78(12):1750-1756. <https://doi.org/10.1093/ps/78.12.1750>
- Özkan S, Takma Ç, Yahav S, Söğüt B, Türkmüt L, Erturur H, Cahaner A. 2010. The effects of feed restriction and ambient temperature on growth and as cites mortality of broilers reared at high altitude. *Poultry Science* 89(5):974-985. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00293>



- Panda AK, Bhanja SK, Shyam Sunder G. 2015. Early post hatch nutrition on immune system development and function in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* 71(2):285-296. <https://doi.org/10.1017/S004393391500029X>
- Panda AK, Raju MVLN, RamaraoSV, Shyamsunder G, Reddy MR. 2010. Effect of Post hatch Feed Deprivation on Growth, Immune Organ Development and Immune Competence in Broiler Chickens. *Animal Nutrition and Feed Technology* 10(1): 9-17.
- Plavnik I, Hurwitz S. 1985. The performance of broiler chicks during and following feed restriction at an early age. *Poultry Science* 64(2):348-355. <https://doi.org/10.3382/ps.0640348>
- Powell DJ, Velleman SG, Cowieson AJ, Singh M, Muir WI. 2016. Influence of chick hatch time and access to feed on broiler muscle development. *Poultry Science* 95(6):1433-1448. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew047>
- Shariatmadari F. 2012. Plans of feeding broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* 68(1):21-31. <https://doi.org/10.1017/S0043933912000037>
- Shivazad M, Bejaei M, Taherkhani R, ZaghariM, Kiaei MM. 2007. Effects of glucose injection and feeding oasis on broiler chick's subsequent performance. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(11):1860-1864. DOI: 10.3923/pjbs.2007.1860.1864
- Sklan D, Noy Y, HoyzmanA, Rozenboim I. 2000. Decreasing Weight Loss in the Hatchery by Feeding Chicks and Poults in Hatching Trays. *Journal of Applied Poultry Research* 9(2):142-148. <https://doi.org/10.1093/japr/9.2.142>
- Uni Z, Ferket PR, Tako E, Kedar O. 2005. In ovo feeding improves energy status of late term chicken embryos. *Poultry Science* 84(5):764-770. <https://doi.org/10.1093/ps/84.5.764>
- UniZ, Ferket RP. 2004. Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal* 60(1): 101-111. <https://doi.org/10.1079/WPS20038>
- Uni Z, Ganot S, Sklan D. 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *PoultryScience* 77(1):75-82. <https://doi.org/10.1093/ps/77.1.75>
- Uni Z, Noy Y, Sklan D. 1999. Post hatch development of small intestinal function in the poult. *Poultry Science* 78(2):215-222. <https://doi.org/10.1093/ps/78.2.215>
- Uni Z, Smirnov A, Sklan D. 2003. Pre- and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: Effect of delayed access to feed. *Poultry Science* 82(2):320-327. <https://doi.org/10.1093/ps/82.2.320>
- Vargas FSC, Baratto TR, Magalhães FR, Maiorka A, Santin E. 2009. Influences of breeder age and fasting after hatching on the performance of broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 18(1):8-14. <https://doi.org/10.3382/japr.2008-00029>
- Yamauchi K. 2002. Review on chicken intestinal villus histological alterations related with intestinal function. *Journal of Poultry Science* 39: 229-242. <https://doi.org/10.2141/jpsa.39.229>

Article 2:

Boussaada T., Ouachem D., 2019. Alternative bedding materials to improve growth performance and welfare of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 18(9): 431-437.

[DOI: 10.3923/ijps.2019.431.437](https://doi.org/10.3923/ijps.2019.431.437)

ISSN 1682-8356
ansinet.org/ijps



INTERNATIONAL JOURNAL OF
POULTRY SCIENCE

ANSI*net*

308 Lasani Town, Sargodha Road, Faisalabad - Pakistan
Mob: +92 300 3008585, Fax: +92 41 8815544
E-mail: editorijps@gmail.com



Research Article

Alternative Bedding Materials to Improve Growth Performance and Welfare of Broilers

^{1,2}Tarek Boussaada and ²Derradji Ouachem

¹Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA), Biophysical Station, Touggourt, Algeria

²Food Sciences Laboratory, Institute of Veterinary and Agronomic Sciences, Batna1 University 05000, Algeria

Abstract

Objective: The aim of this study was to evaluate the effects of five litter types on the growth performance and some welfare indicators (pododermatitis, hock burns, breast blister and feather cleanliness) in broilers over rearing cycle of 42 days.

Materials and Methods: The used litter types were wood shaving, sawdust, standard quality straw, low quality straw and crop residues. A total of six hundred one day-old male broilers (Cobb 700) were randomly allocated to 5 treatments with 6 replicates of 20 chicks each.

Results: Results showed that at the age of 7 day, the FCR and body weight were significantly improved (-5%, $p = 0.002$; +9.5%, $p = 0.015$ respectively) in broilers reared on sawdust. Furthermore, the heavier BW observed in broiler reared on sawdust at an early age persist at the slaughter age (+4.95%; $p = 0.01$). In contrast, low quality straw resulted in lower ($p = 0.01$) final body weight and feed conversion ratio. On the other hand, pododermatitis lesions appear from the first week in all litter types. The rate of severity of foot pad dermatitis increased significantly with the age of the birds ($p < 0.05$). At the last week, results indicated that the highest rate of chickens with severe lesions (score 4) was recorded in the birds reared on both straw types (60%). In contrast, the lowest rate was found in the group reared on wood shaving (3.3%). However, hock burns and breast blisters were very low ($p > 0.05$). **Conclusion:** It is concluded that the birds reared on sawdust showed the best BW and FCR. However, broilers kept on wood shaving had the best score of plumage and hock burn. The presence of scratches was not observed in any treatment.

Key words: Animal welfare, broiler, growth performance, litter type, pododermatitis

Received: January 28, 2019

Accepted: April 02, 2019

Published: August 15, 2019

Citation: Tarek Boussaada and Derradji Ouachem, 2019. Alternative bedding materials to improve growth performance and welfare of broilers. Int. J. Poultry Sci., 18: 431-437.

Corresponding Author: Tarek Boussaada, Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA), Biophysical Station, Touggourt, Algeria
Food Sciences Laboratory, Institute of Veterinary and Agronomic Sciences, Batna1 University 05000, Algeria

Copyright: © 2019 Tarek Boussaada *et al.* This is an open access article distributed under the terms of the creative commons attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Competing Interest: The authors have declared that no competing interest exists.

Data Availability: All relevant data are within the paper and its supporting information files.

INTRODUCTION

In broiler production, chickens were usually reared on litter from one day old to slaughter age. They spend most of their life in interaction with the litter material. The litter material must ensure a good in house environment and suitable for the broilers to grow without developing lesions, since it can largely influence on animal welfare, including hock, footpad lesions and breast blister¹⁻³. Furthermore, many studies have shown that litter quality can affect broilers growth performance⁴⁻⁶. On the other hand, litter quality can be affected by many factors, such as the type and amount of litter material, feed composition, litter management techniques, housing type, ambient conditions, drinker management, health status, stocking density and slaughter age^{2,7-10}. Various types of litter materials are worldwide used and many of these are linked to geographical regions. In Algeria, cereal straw is the most common material used as litter in broiler production but this litter type contributing at the degradation of performances, deterioration of broiler quality and emergence

of welfare problems. Therefore, it is important to find an alternative bedding material. For this purpose, the main objective of this study was to evaluate the effects of five litter types (wood shaving, sawdust, standard quality straw, low quality straw and crop residues) on growth performances, carcass defects, carcass condemnation and some welfare parameters in broiler chickens.

MATERIALS AND METHODS

Design and husbandry: Six hundred one-day-old male broiler chicks (Cobb 700) were randomly allocated to five treatments with 6 replicates pens of 20 birds (10 birds/m²). The treatments were consisted of five different bedding types (Fig. 1): wood shaving (WS), sawdust (S), standard quality straw (SQS), low quality straw (LQS) and crop residues (CR). All types of litters were to a depth of approximately 5 cm. Each pen measured 2 m² and was equipped with feeders and nipple drinkers. Feed and water were available ad libitum. Broilers were reared to 42 days of age on a 3 phase commercial feeding program



Fig. 1(a-e):Types of litter used in trial; (a) Low quality straw (LQS), (b) Standard quality straw (SQS), (c) Wood shaving (WS), (d) Crop residues (CR) and (e) Sawdust

consisting of starter (1-15 days), grower (16-30 days) and finisher (31-42 days). All diets were formulated to meet NRC¹¹ recommendation.

Measurements:

- **Growth performance:** Broiler growth performance (body weight, feed consumption and feed conversion) was measured at 07, 10 and 42 days. Mortality was recorded daily
- **Welfare parameters:** Contact dermatitis (pododermatitis, hock buns, breast blister) and plumage cleanliness were measured weekly. The incidence and severity of FPD were measured by the method described by Michel *et al.*¹², a subjective score of 1-5 was used, with 1 representing no lesion and 5 representing depressed lesion. The evaluation was performed on both feet. Hock burns was evaluated according to the method of Bignon *et al.*¹³, there were three scoring categories, as follows: 01 = none lesions, 02 = less than 25% hock area, 03 = more than 50% of the hock area. Score of breast blister and breast burn were based on the presence or absence of scratches and lesions. Feather cleanliness of birds was scored visually from 0 (very clean) to 3 (very dirty) as reported by De Jong *et al.*¹⁴

Statistical analysis: All statistical analyses were analyzed by one-way ANOVA followed by LSD post hoc test using software (SPSS Statistics 22). Differences were considered significant at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

- **Growth performance:** Results of body weight (BW), feed intake (FI), feed conversion ratio (FCR) and mortality are shown in Table 1 and 2

Effect of litter type on the growth performance is presented in Table 1 and 2. At the age of one week, it was found that broilers reared on Sawdust gained the highest body weight ($p = 0.015$). The increase in body weights at one week of age was 7.78, 5.38 and 1.79% for group of sawdust, CR and WS, respectively, as compared to their control (Straw). However, birds reared on LQS had significantly ($p < 0.05$) lower body weights than those reared on SQS. The reduction in body weights was 1.79% as compared to their control. Feed intake was statistically similar ($p > 0.05$) on 5 L treatment groups. FCR of birds reared on sawdust was improved compared to those reared on SQS ($p = 0.002$), whereas it was not different in birds reared on WS and CR.

The heavier BW observed in broiler reared on sawdust at an early age persist at the end of the experiment (+4.95%; $p = 0.01$). Also, at the last week, birds reared on LQS showed the poorer FCR compared with other types of litter ($p = 0.013$). While birds reared on sawdust and CR had an equal FCR. Feed intake and percentage of bird's mortality were not affected ($p > 0.05$) by the used litter types.

Several studies have suggested that type of litter would affect growth performance of broilers^{4-6,15}. However, other

Table 1: Effect of litter types on the growth performance at the start period

Parameters	Litter types					p-value
	SQS	LQS	CR	S	WS	
1-7 days						
Body weight (g)	167.00±11	164.00±11	176.00±10	183.00±04	170.00±11	p = 0.015
Feed intake (g)	165.00±17	188.00±19	173.00±16	170.00±14	166.00±17	NS
FCR	0.99±0.09	1.14±0.05	0.98±0.09	0.94±0.04	0.98±0.11	P = 0.002
Mortality (%)	0.83±2.04	4.17±3.76	4.17±5.85	0.00	0.00	NS
1-10 days						
Body weight (g)	237.00±47	228.00±43	252.00±33	261.00±29	247.00±43	NS
Feed intake (g)	281.00±35	320.00±37	303.00±29	302.00±37	297.00±27	NS
FCR	1.21±0.15	1.43±0.11	1.21±0.11	1.16±0.08	1.22±0.16	p = 0.012
Mortality (%)	1.67±2.58	5.00±3.16	5.00±7.75	0.83±2.04	0.83±2.04	NS

Table 2: Effect of litter types on the growth performance at 42 days

Parameters	SQS	LQS	CR	S	WS	p-value
Body weight (g)	2321.00±127	2233.00±36	2376.00±96	2436.00±94	2387.00±91	p = 0.011
Feed intake (g)	3732.00±309	4081.00±351	3881.00±182	3960.00±295	4048.00±333	NS
FCR	1.61±0.10	1.83±0.15	1.63±0.03	1.63±0.13	1.69±0.11	p = 0.013
Mortality (%)	5.00±5.48	7.50±4.18	6.67±7.53	5.00±6.32	9.17±5.85	NS

studies showed that type of litter had no effect on growth performance^{16,17}.

Our study showed that litter type had an impact on growth performance at an early age of the birds. These findings are confirmed by Kheravii *et al.*¹⁵. The effect of litter types on growth performance was also observed at the end of the experiment. Results indicated that, at 6th week, birds reared on sawdust had significantly higher BW, compared to birds reared on straw. These results do not agree with the findings of Grimes *et al.*⁸ and De Avila *et al.*¹⁸ who reported that the body weight was not affected by different bedding types.

Feed consumption was similar in all treatment groups ($p>0.05$). This is in agreement with those reported by El-Sagheer *et al.*¹⁹ However, the feed consumption tended to increase on low quality straw treatment group. These results do not agree with the findings of Hafeez *et al.*¹⁷ who reported that the birds reared on wheat straw consumed less feed quantity compared to other types of litter used.

In this study, FCR of birds was improved by litter type at the start of the rearing period. These results are similar to those reported by Kheravii *et al.*¹⁵ who concluded that FCR of broilers was affected by litter type at the age of 10 days. But in contrast Torok *et al.*²⁰ reported that the types of litter material did not affect feed conversion ratio. The result of the mortality of all litter types used was identical ($p>0.05$). Similar results were reported by Toghyani *et al.*²¹ who concluded that the types of litter did not affect the mortality of birds.

- **Pododermatitis:** The severity scores of FPD are presented in Fig. 2. The lesions of pododermatitis appeared from the first week with low lesions (score 1) in all birds reared on sawdust and wood shaving (100%). While, the birds with moderate lesions (score 2) was found in the group reared on standard quality straw (36.7%), low quality straw (36.7%) and crop residues (43.3%)

As of the second week appear some birds (3.3%) with intermediate lesions (score 3) in group reared on low quality straw was observed. The rate of birds with intermediate lesions (score 3) increase from the fourth week in all the treatment groups but these rate tended to increase more on low quality straw treatment group (75%) followed by the standard quality straw group (66.7%). The rate of severity of FPD increases significantly with the age of the birds ($p<0.05$).

At the last week, results indicated that the highest rate of chickens with severe lesions (score 4) was recorded in the birds reared on low quality straw (60%) and standard quality

straw (60%). In contrast, the lowest rate of birds with severe lesions (score 4) was found in the group of wood shaving (3,3%) and sawdust (6,6%) followed by the Crop residues group (16,7%). However, the total absence of severe lesions (score 5) in all types of litter.

Many scientists have studied the effect of types of bedding materials on severity of FDP in broilers²²⁻²⁷. All of them obtained the higher severity of FPD in broilers reared on straw litter comparing with other types of bedding materials. However, in another research, the litter made of wood shavings showed the lower incidence of footpad compared to straw litter^{26,28}. In the present study, the results confirmed previous findings of those authors. Further, broilers reared on chopped straw showed lower rates of FPD compared to broilers raised on un-chopped straw²⁹ and higher than those of the pelleted straw³⁰. In contrast, Kheravii *et al.*¹⁵ reported that the birds reared on pelleted straw showed the lowest incidence of footpad dermatitis compared to those placed on chopped straw and shredded paper. The poor litter quality was reported to be the main factor contributing to the appearance of the lesions on the footpad or hock in broilers³¹. This effect may be associated with the ammonia emission²⁹ and litter moisture²⁵. It means that the severity of FPD increase with higher litter moisture content and lower ammonia emission. Additionally, the lesions of pododermatitis were affected by slaughter age, body weight and housing conditions^{32,33}.

Considering the time of FPD occurrence, our results is close to that obtained by Bilgili *et al.*² and Taira *et al.*²⁵ who reported that the first lesions on footpad might occur earlier in the second week of broiler age. However, the first signs of FPD were observed in the third week of broiler reared on chopped wheat straw and forth week in chickens on pelleted straw²⁷.

- **Contact dermatitis (Hock burns, breast blister) and plumage cleanliness:** In the present study, the breast burn and the hock burn appear at the 5th week of broiler age in all the examined bedding materials. The presence of scratches were not observed in any treatment. The hock burn and the breast burn were not influenced by the litter material ($p>0.05$). However, the appearance of hock burn with severe lesion (score 3) was lower in birds reared on wood shaving (40%) compared to those placed on sawdust (60%), crop residues (61.67%), low quality straw (63.33%) and standard quality straw (73.33%) as shown in Table 3.

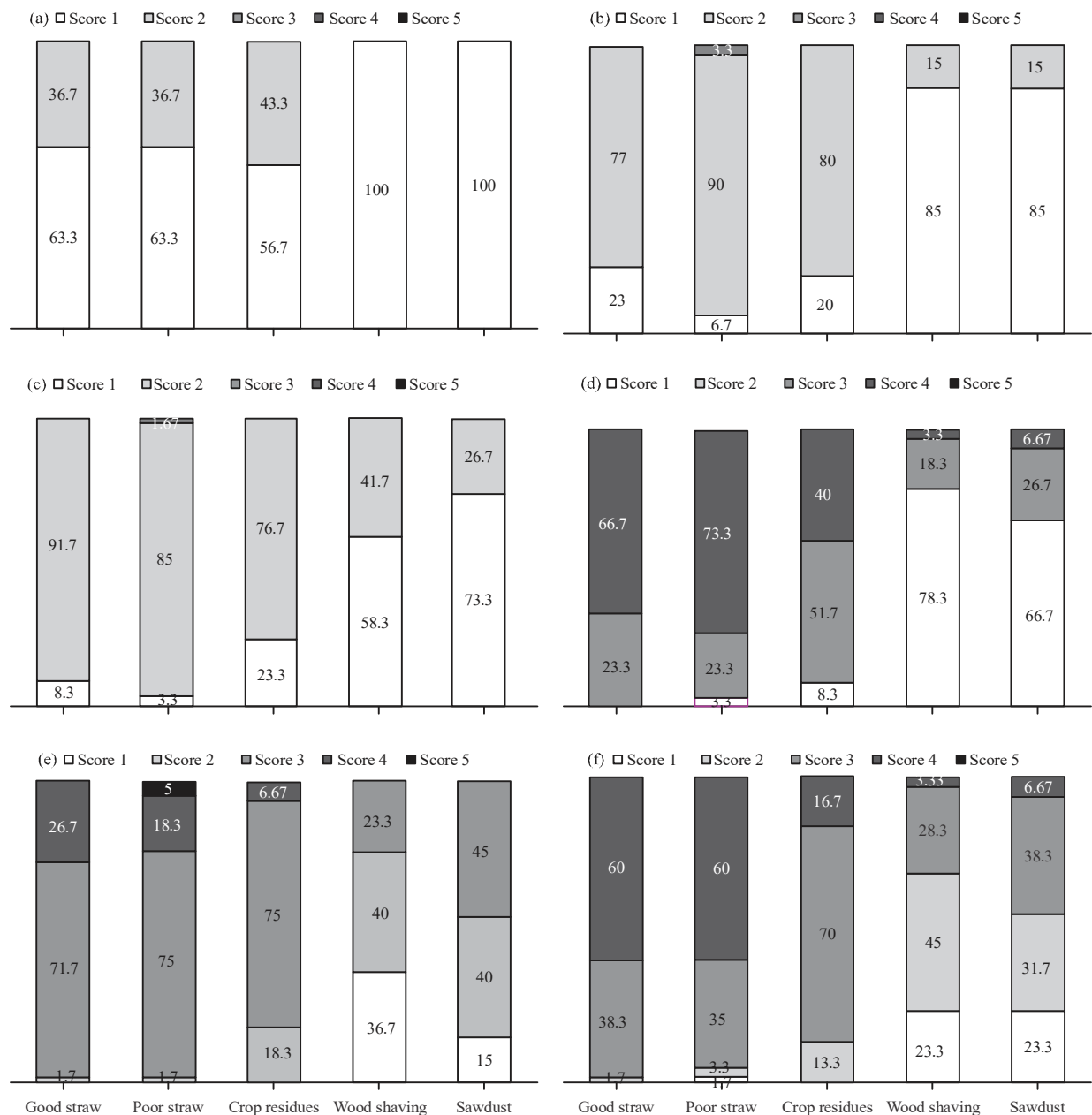


Fig. 2(a-f): Effect of the litter treatment on foot pad dermatitis in broilers; (a) Week 1, (b) Week 2, (c) Week 3, (d) Week 4, (e) Week 5 and (f) Week 6

Table 3: Contact dermatitis and plumage cleanliness

Litter types	Hock burn			Plumage cleanliness			
	1	2	3	0	1	2	3
standard quality straw	0	26.7	73.3	0	0	8.3	91.7
low quality straw	0	36.7	63.3	0	0	5	95
crop residues	0	38.3	61.7	0	0	11.7	88.3
wood shaving	25	35	40	0	0	33.3	66.7
sawdust	0	40	60	0	0	30	70
p-value	NS	NS	NS	NS	NS	p = 0.037	p = 0.037

In broiler production, the pododermatitis, hock burns and breast blister are indicators of housing conditions and the general welfare of the birds. The lesion of FPD is more prevalent than hock burn. The prevalence of breast burn in broiler is very low^{34,35}. Table 3 shows that broilers kept on wood shaving had the best score of plumage and hock burn. This could be related to the litter moisture. Also other factors such as; farm management and housing factors during the rearing period³⁵.

In agreement with the results of the current study, Sorbara *et al.*³⁶ reported that the hock burn and the breast blister are not affected by different bedding types. Moreover, Traldi *et al.*³⁷ observed no differences in breast lesions when compared with the carcass lesions in broilers reared on new or reused litter.

CONCLUSION

In conclusion, litter type had an effect on growth performance of broiler at an early age and at the end of the rearing period. However, birds reared on sawdust showed the best BW and FCR compared with other types of litter. Better score of footpads, hock burns, breast blisters and plumage cleanliness were obtained when wood shaving was used as bedding.

SIGNIFICANCE STATEMENT

This study discovered the effect of litter types that have not been studied before in the East of Algeria, a region where there is the highest density of broiler production. This study proposed an alternative for litter material usually used in this country to improve the growth performance and the welfare of broilers.

REFERENCES

1. Haslam, S.M., S.N. Brown, L.J. Wilkins, S.C. Kestin, P.D. Warriss and C.J. Nicol, 2006. Preliminary study to examine the utility of using foot burn or hock burn to assess aspects of housing conditions for broiler chicken. *Br. Poult. Sci.*, 47: 13-18.
2. Bilgili, S.F., J.B. Hess, J.P. Blake, K.S. Macklin, B. Saenmahayak and J.L. Sibley, 2009. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. *J. Applied Poult. Res.*, 18: 583-589.
3. Garces, A., S.M.S. Afonso, A. Chilundo and C.T.S. Jairoce, 2013. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. *J. Applied Poult. Res.*, 22: 168-176.
4. Huang, Y., J.S. Yoo, H.J. Kim, Y. Wang, Y.J. Chen, J.H. Cho and I.H. Kim, 2009. Effect of bedding types and different nutrient densities on growth performance, visceral organ weight and blood characteristics in broiler chickens. *J. Applied Poult. Res.*, 18: 1-7.
5. Youssef, I.M.I., A. Beineke, K. Rohn and J. Kamphues, 2010. Experimental study on effects of litter material and its quality on foot pad dermatitis in growing turkeys. *Int. J. Poult. Sci.*, 9: 1125-1135.
6. El-Deek, A.A., M.A. Al-Harhi, M.M. Khalifah, M.M. Elbanoby and T. Alharby, 2011. Impact of newspaper as bedding material in arid land on broiler performance. *Egypt. Poult. Sci.*, 31: 715-725.
7. Dozier, W.A., J.P. Thaxton, S.L. Branton, G.W. Morgan and D.M. Miles *et al.*, 2005. Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. *Poult. Sci.*, 84: 1332-1338.
8. Grimes, J.L., T.A. Carter and J.L. Godwin, 2006. Use of a litter material made from cotton waste, gypsum and old newsprint for rearing broiler chickens. *Poult. Sci.*, 85: 563-568.
9. Skrbic, Z., Z. Pavlovski, M. Lukic and V. Petricevic, 2010. Assessment of broiler welfare in different stocking densities. Proceedings of the 13th European Poultry Conference, August 23-27, 2010, Tours, France, pp: 908.
10. Skrbic, Z., Z. Pavlovski, M. Lukic, V. Petricevic, B. Miljkovic and G. Marinkov, 2012. The effect of the diet on incidence of footpad lesions and productivity of broilers. *Biotechnol. Anim. Husb.*, 28: 353-360.
11. NRC., 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th Rev. Edn., National Academy Press, Washington, DC., USA., ISBN-13: 978-0309048927, Pages: 176.
12. Michel, V., E. Prampart, L. Mirabito, V. Allain and C. Arnould *et al.*, 2012. Histologically-validated footpad dermatitis scoring system for use in chicken processing plants. *Br. Poult. Sci.*, 53: 275-281.
13. Bignon, L., A. Mika, M. Dupin, L. Dusart and A. Travel *et al.*, 2015. [Use fiber in feed and wheat crop residues as litter to improve broiler welfare]. Actes des 11emes Journees de la Recherche Avicole et Palmipedes a Foie Gras, Mars 25-26, 2015, Tours, France, pp: 887-892, (In French).
14. De Jong, I.C., T.P. Moya, H. Gunnink, H. van den Heuvel, V.A. Hindle, M. Mul and K. van Reenen, 2011. Simplifying the welfare quality assessment protocol for broilers. Report No. 533, November 2011, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Netherlands, pp: 1-61.
15. Kheravii, S.K., R.A. Swick, M. Choct and S.B. Wu, 2017. Potential of pelleted wheat straw as an alternative bedding material for broilers. *Poult. Sci.*, 96: 1641-1647.
16. Monira, K.N., M.A. Islam, M.J. Alam and M.A. Wahid, 2003. Effect of litter materials on broiler performance and evaluation of manure value of used litter in late autumn. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 16: 555-557.

17. Hafeez, A., S.M. Suhail, F.R. Durrani, D. Jan, I. Ahmad, N. Chand and A. Rehman, 2009. Effect of different types of locally available litter materials on the performance of broiler chicks. *Sarhad J. Agric.*, 4: 581-586.
18. De Avila, V.S., U. de Oliveira, E.A.P. de Figueiredo, C.A.F. Costa, V.M.N. Abreu and P.S. Rosa, 2008. [Alternative material to replace wood shavings as broiler litter]. *Braz. J. Anim. Sci.*, 37: 273-277, (In Portuguese).
19. El-Sagheer, M., M.N. Makled and M.A. Mohamed, 2004. Effect of type litter on broiler performance. *Egypt. J. Anim. Prod.*, 41: 411-422.
20. Torok, V.A., R.J. Hughes, K. Ophel-Keller, M. Ali and R. MacAlpine, 2009. Influence of different litter materials on cecal microbiota colonization in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 88: 2474-2481.
21. Toghyani, M., A. Gheisari, M. Modaresi, S.A. Tabeidian and M. Toghyani, 2010. Effect of different litter material on performance and behavior of broiler chickens. *Applied Anim. Behav. Sci.*, 122: 48-52.
22. Nowaczewski, S., A. Rosinski, M. Markiewicz and H. Kontecka, 2011. Performance, foot-pad dermatitis and haemoglobin saturation in broiler chickens kept on different types of litter. *Arch. Geflugelk.*, 75: 132-139.
23. Mihai, C.S., I. Van and G. Ciurescu, 2013. Influence of litter on footpad dermatitis and body weight in broilers. *Agron. Ser. Scient. Res.*, 56: 145-148.
24. Musilova, A., M. Lichovnikova, D. Hampel and A. Przywarova, 2013. The effect of the season on incidence of footpad dermatitis and its effect on broilers performance. *Acta Univ. Agric. Silvicult. Mendel. Brun.*, 61: 1793-1798.
25. Taira, K., T. Nagai, T. Obi and K. Takase, 2013. Effect of litter moisture on the development of footpad dermatitis in broiler chickens. *J. Vet. Med. Sci.*, 76: 583-586.
26. Skrbic, Z., Z. Pavlovski, M. Lukic and V. Petricevic, 2015. Incidence of footpad dermatitis and hock burns in broilers as affected by genotype, lighting program and litter type. *Ann. Anim. Sci.*, 15: 433-445.
27. Avdalovic, V., M. Vucinic, R. Resanovic, J. Avdalovic, D. Maslic-Strizak and M. Vucicevic, 2017. Effect of pelleted and chopped wheat straw on the footpad dermatitis in broilers. *Pak. J. Zool.*, 49: 1639-1646.
28. Meluzzi, A., C. Fabbri, E. Folegatti and F. Sirri, 2008. Survey of chicken rearing conditions in Italy: Effects of litter quality and stocking density on productivity, foot dermatitis and carcass injuries. *Br. Poult. Sci.*, 49: 257-264.
29. Zikic, D., M. Djukic-Stojcic, S. Bjedov, L. Peric, S. Stojanovic and G. Uscebrka, 2017. Effect of litter on development and severity of foot-pad dermatitis and behavior of broiler chickens. *Braz. J. Poult. Sci.*, 19: 247-254.
30. Martrenchar, A., E. Boilletot, D. Huonnic and F. Pol, 2002. Risk factors for foot-pad dermatitis in chicken and turkey broilers in France. *Prev. Vet. Med.*, 52: 213-226.
31. Cavusoglu, E., M. Petek, I.M. Abdourhamane, A. Akkoc and E. Topal, 2018. Effects of different floor housing systems on the welfare of fast-growing broilers with an extended fattening period. *Arch. Anim. Breed.*, 61: 9-16.
32. Shepherd, E.M. and B.D. Fairchild, 2010. Footpad dermatitis in poultry. *Poult. Sci.*, 89: 2043-2051.
33. Dawkins, M., S.J. Roberts, R. Cain, T. Nickson and C. Donnelly, 2017. Early warning of footpad dermatitis and hockburn in broiler chicken flocks using optical flow, body weight and water consumption. *Vet. Rec.*, Vol. 180, No. 20. 10.1136/vr.104066
34. Haslam, S.M., T.G. Knowles, S.N. Brown, L.J. Wilkins, S.C. Kestin, P.D. Warriss and C.J. Nicol, 2007. Factors affecting the prevalence of foot pad dermatitis, hock burn and breast burn in broiler chicken. *Br. Poult. Sci.*, 48: 264-275.
35. Allain, V., L. Mirabito, C. Arnould, M. Colas, S. Le Bouquin, C. Lupo and V. Michel, 2009. Skin lesions in broiler chickens measured at the slaughterhouse: Relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. *Br. Poult. Sci.*, 50: 407-417.
36. Sorbara, J.O.B., M.F. Rizzo, A.C. Laurentiz, R.P. Schocken-Iturrino, T.T. Berchielli and V.M.B. Moraes, 2000. [Evaluation of citrus pulp pellet as a broiler litter]. *Braz. J. Poult. Sci.*, 2: 1-13, (In Portuguese).
37. Traldi, A.B., M.C. de Oliveira, K.F. Duarte and V.M.B. de Moraes, 2007. [Evaluation of probiotics in diets for broilers raised on new or reused litter]. *Braz. J. Anim. Sci.*, 36: 660-665, (In Portuguese).

Résumé

La phase de démarrage des poussins conditionne la bonne réussite d'un lot de poulet de chair, cette phase est concédée comme une période critique et délicate. A cet effet, nous avons étudié à travers trois essais les effets de quelques facteurs favorables au bon démarrage et la réalisation des performances recherchées en élevage du poulet de chair. Le premier essai est consacré à l'étude de l'effet de la durée du transport et l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins d'un jour sur les performances de croissance et le développement des organes du poulet de chair. Les résultats de cet essai montrent que l'accès à l'aliment et l'eau au cours du transport des poussins peut améliorer le poids vif, la consommation d'aliment, l'absorption du sac vitellin et le développement du tube digestif et les organes immunitaire à l'âge de 7 jours. Dans la seconde expérience, l'addition du sirop de menthe à l'eau au cours du transport des poussins et pendant la phase de démarrage a permis d'améliorer le poids vif du poussin, le poids de la bourse de Fabricius et le développement du tube digestif à l'âge de 7 jours. En fin, les résultats de la troisième expérience montrent que le type de litière utilisé au cours de la période de l'élevage peut affecter les performances de croissances et le bien-être du poulet de chair. Cependant, les oiseaux élevés sur sciure de bois ont montré les meilleurs poids vif et indice de consommation par rapport aux autres types de litière. Alors que, les meilleurs résultats de bien-être ont été observés chez les poulets élevés sur le copeau de bois. Donc, il apparaît évident au terme de cette étude que les conditions de démarrage revêtent une importance capitale pour la réalisation des performances optimales en élevage du poulet de chair.

Mots-clés : Performances, Phase de démarrage, transport des poussins, menthe, type de litières, poulet de chair, bien-être.

الملخص

تعتبر مرحلة بدء تربية الصيصان مرحلة حرجة وحساسة ، حيث تحدد هذه المرحلة نجاح دفعة دجاج التسمين. ولهذه الغاية درسنا من خلال ثلاثة تجارب تأثيرات بعض العوامل المؤاتية لبدائية جيدة وتحقيق الأداء المطلوب في تربية دجاج التسمين. التجربة الأولى مخصصة لدراسة تأثير مدة النقل والوصول إلى العلف والماء أثناء نقل الكتاكيت البالغة من العمر يوم واحد على أداء النمو وتطور الأعضاء للدجاج اللاحم. تظهر نتائج هذه التجربة أن الحصول على العلف والماء أثناء نقل الصيصان يمكن أن يحسن الوزن الحي، استهلاك العلف، امتصاص كيس الصفار ، تطور الجهاز الهضمي و أجهزة المناعة في سن 7 أيام. في التجربة الثانية، أدت إضافة شراب النعناع إلى الماء أثناء نقل الكتاكيت وأثناء مرحلة البدء إلى تحسين الوزن الحي للكتاكيت وتطور الجهاز الهضمي للصيصان في عمر 7 أيام. أخيراً، أظهرت نتائج التجربة الثالثة أن نوع الفرشة المستخدمة خلال فترة التربية يمكن أن تؤثر على أداء النمو ورفاهية الفراريج، حيث أظهرت الطيور التي تمت تربيتها على نشارة الخشب أفضل وزن حي ومعدل تغذية مقارنة بأنواع الفرشة الأخرى، في حين شوهدت أفضل نتائج الرفاهية لدى الدجاج الذي تم تربيته على رقائق الخشب. لذلك يبدو واضحاً في نهاية هذه الدراسة أن شروط البداية لها أهمية كبرى لتحقيق الأداء الأمثل في تربية دجاج التسمين.

الكلمات الدالة: الاداء، مرحلة البدء ، نقل الكتاكيت، النعناع ، نوع الفرشة ، الدجاج اللاحم، الرفاهية.