



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques



Formation doctorale "Valorisation des Ressources Naturelles"

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Belaïd-Gater Nadia

En vue de l'obtention du titre de

DOCTEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Production et Nutrition Animale

THEME

**Bien être des volailles et performances des
élevages dans les conditions locales de
production**

Soutenue publiquement le 31/03/2022

Devant le jury composé de :

Pr BITAM	Idir	ESSAIA Alger	Président
Pr KADI	Si Ammar	UMM Tizi-Ouzou	Directeur de thèse
Dr MOULOUA	Abdelkamel	UMM Tizi-Ouzou	Examineur
Pr KAOUCHE	Soumeïya	UMB Boumerdès	Examinatrice
Pr BELAID	Messaouda	UMB Boumerdès	Examinatrice
Dr AKKOU	Madjid	USD Blida	Examineur

A mes très chers parents que Dieu nous les garde

A mon cher mari

A mes très chers enfants

REMERCIEMENTS

J'exprime ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon directeur de thèse, le Professeur KADI Si Ammar, de m'avoir accueillie au sein de son équipe de recherche en nutrition animale et produits animaux du laboratoire de biochimie appliquée et de biotechnologie (LABAB) de l'université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou, ainsi que pour son intérêt, son soutien, sa grande disponibilité et ses nombreux conseils durant la rédaction de ma thèse et surtout pour sa ponctualité qu'aucun qualificatif n'en saurait décrire l'étendue.

Je tiens à remercier vivement les membres de jury de cette thèse :

-Professeur BITAM Idir de l'Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment et des Industries Agroalimentaires d'Alger, de m'avoir accordé l'honneur de présider ce jury.

-Docteur MOULOUA Abdelkamel de l'université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

-Professeur KAOUCHE Soumeiya de l'université M. BOUGARA de Boumerdès, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

-Professeur BELAID Messaouda de l'université M. BOUGARA de Boumerdès, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

-Docteur AKKOU Madjid de l'université S. DAHLAB de Blida, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

Mes remerciements vont également au Professeur MOUHOUS Azeddine membre de l'équipe de recherche en nutrition animale et produits animaux du laboratoire de biochimie appliquée et de biotechnologie (LABAB) de l'université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou, pour ses encouragements et sa disponibilité à répondre favorablement à nos sollicitations.

Je ne peux aussi oublier de remercier mes collègues de l'équipe de recherche sur la nutrition animale et produit animaux du laboratoire de biochimie appliquée et de biotechnologie (LABAB) de l'université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou pour leurs encouragements, particulièrement Docteur ZIRMI-ZEMBRI Nassima.

Je tiens également à remercier les ex-étudiants de l'université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou pour avoir collaboré à la préparation et au déroulement des essais de cette thèse dans le cadre de leur Master 2. Il s'agit de Bouibed Hakima, Gaoua Saliha, Hamadache Malika, Kacel Nassima, Nait Saada Lahcène, Oulkadi Tahar et Tahir Lynda.

Je remercie aussi les ex-stagiaires Belaireche Azeddine et Taha Mohamed-Amine d'avoir pris part aux travaux lors du quatrième essai dans le cadre de la préparation de leur stage pratique de Fin de formation de Technicien à L' ITMAS de Boukhafa de Tizi-Ouzou ma structure d'attache.

La thèse a certainement été un instant dur pour mes très chers enfants SAMY et MEHDI qui ont participé malgré eux à cette thèse et j'avoue ne pas leur avoir accordé le temps qu'ils méritent. Vous vous souviendrez certainement de ces longues heures passées sur mon bureau. Je vous remercie mes chers d'avoir compris la situation.

Je ne remercierai jamais assez mon cher mari MENOUAR qui a tout fait pour que cette thèse soit menée à bien.

Je voudrais aussi exprimer ma profonde gratitude à ceux qui m'ont toujours soutenue pendant les périodes difficiles de la préparation de ma thèse. C'est avec un très grand plaisir que je dédie cette thèse à ma très chère mère et mon cher père. Un grand merci à mes frères et sœurs pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Mes remerciements vont aussi à ma belle-mère que dieu la garde pour nous et toute ma belle-famille.

Ne pouvant citer toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse, je me dois de leur adresser mes vifs remerciements.

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS REALISEES DANS LE CADRE DE CETTE THESE :

Article publié

1. **BELAID-GATER N., GAOUA S., KADI S.A. 2021.** Effect of sagebrush (*Artemisia herba-alba* Asso) and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) on growth performances, some biochemical traits and carcass qualities for broiler chickens. *Veterinaria*. Vol. 70. Issue 2. <https://doi.org/10.51607/22331360.2021.70.2.245>

Articles dans des revues à comité de lecture :

1. **BELAID-GATER N., MOUHOUS A., SAIDJ D., KADI S.A. 2021.** Effect of quantitative feed restriction on growth performance and economical efficiency in broiler chickens. *VETERINARIJA ir ZOOTECHNIKA*. (Under review)
2. **BELAID-GATER N., MOUHOUS A., SAIDJ D., KADI S.A. 2021.** Production performances of the poultry-laying sector in Algeria: data analysis of an table eggs production complex. *Agrobiologia*. (Under review).

26

Communications Internationales avec proceedings:

1. **BELAID-GATER N., KADI S.A., MOUHOUS A., OULKADI T., NAIT SAADA L. 2019.** Evaluation du bien-être des poules reproductrices chair en élevage industriel en Algérie. 13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 20 et 21 mars 2019. PP : 802-806. <https://www.itavi.asso.fr/content/evaluation-du-bien-etre-des-poules-reproductrices-chair-en-elevage-industriel-en-algerie>
2. **BELAID-GATER N., KADI S.A., MOUHOUS A., TAHIR L., HAMADACHE M. 2019.** Efficacité alimentaire des poules pondeuses dans un élevage industriel de production des œufs de consommation en Algérie. 13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 20 et 21 mars 2019. PP : 535-538. <https://www.itavi.asso.fr/content/efficacite-alimentaire-des-poules-pondeuses-dans-un-elevage-industriel-de-production-des>

Sommaire

Résumé.....	8
Absract.....	9
Résumé en arabe.....	10
Introduction générale	12
Partie 1 : Synthèse bibliographique	17
Chapitre 1 : Bien être des volailles	18
1-Définition du bien-être animal.....	20
2-Facteurs influençant le bien-être des volailles	21
2-1 Densité.....	22
2-2 Qualité de la litière.....	22
2-3 Facteurs d’ambiances.....	23
2-3-1 Eclairage.....	23
2-3-2 Température.....	24
2-3-3 Humidité.....	25
2 3-4 Ventilation.....	25
2-4 Stress.....	26
2-5 Sélection génétique.....	27
2-6 Sexe des animaux.....	28
2-7 Comportement.....	28
3-Méthodes d’évaluation du bien-être des volailles	29
4-Critères d’évaluation du bien-être des volailles	31
4-1 Usage et qualité de la litière.....	32
4-2 Etat et propreté des plumes.....	33
4-3 Pododermatites.....	33
4-4 Brûlures du jarret.....	34
4-5 Boiteries.....	35
4-6 Lésions de la peau.....	35
4-7 Etat de la crête....	36
4-8 Test de poussière.....	37
4-9 Ascites et syndrome de mort subite.....	38
5-Effets du bien-être sur les performances des volailles.....	38
Chapitre 2 : Performances des élevages avicoles	55
1-Performances des reproducteurs chair et poules pondeuses.....	55
1-1 Durée de ponte.....	55

1-1-1 Âge d'entrée en ponte.....	56
1-1-2 Âge de réforme.....	56
1-2 Nombre d'œufs pondus par poule.....	56
1-3 Taux de ponte.....	57
1-4 Poids moyen de l'œuf.....	58
1-5 Taux de casse.....	59
1-6 Taux d'éclosion.....	60
1-7 Consommation d'aliment.....	60
1-8 Indice de conversion alimentaire.....	61
1-9 Taux de mortalité.....	62
2-Performances du poulet de chair.....	63
2-1 Poids vif à l'abattage.....	63
2-2 Gain de poids.....	64
2-3 Rendement en carcasse.....	64
2-4 Consommation d'aliment.....	65
2-5 Indice de conversion alimentaire.....	65
2-6 Taux de mortalité.....	66
2-7 Indice de performance.....	67
Partie 2 : Partie pratique.....	75
1. Production performances of the poultry-laying sector in Algeria: data analysis of an table eggs production complex.....	76
2. Evaluation du bien-être des poules reproductrices chair en élevage industriel en Algérie.....	91
3. Efficacité alimentaire des poules pondeuses dans un élevage industriel de production des œufs de consommation en Algérie.....	100
4. Effect of quantitative feed restriction on growth performance and economical efficiency in broiler chickens.....	106
5. Effect of sagebrush (<i>Artemisia herba-alba</i> Asso) and Fenugreek (<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.) on growth performances, some biochemical traits and carcass qualities for broiler chickens.....	121
Discussion générale.....	136
Conclusion générale	153

Résumé

Bien être des volailles et performances des élevages dans les conditions locales de production

Les **cinq travaux** réalisés dans le cadre de cette thèse ont pour objectif de déterminer le niveau des performances et l'état de bien-être des volailles dans les conditions de production locales. Le niveau de maîtrise de l'élevage des poules pondeuses à travers l'étude des performances de production (**Travail 1**) enregistrés durant 15 années sur 1,4 millions de poules, dans un centre d'élevage industriel avicole spécialisé dans la production des œufs de consommation a fait ressortir des performances proches de celles du standard de souches élevées mais marquées par un taux de mortalité largement détérioré (près de 26%). L'évaluation du bien-être des poules reproductrices chair élevées dans un centre industriel (**Travail 2**) a fait ressortir des résultats globalement satisfaisants, même si quelques paramètres, comme l'état de la litière, les brûlures des tarses et les boiteries, ont enregistrés des scores à la limite de l'acceptables dans certains bâtiments. L'évaluation du niveau de maîtrise de l'alimentation (**Travail 3**), réalisé sur les résultats d'élevage de 12 bandes (119 000 poules/bande), fait ressortir une efficacité alimentaire moindre avec un indice de consommation de 2,61 largement supérieur à la norme (2,15). L'amélioration de l'efficacité alimentaire a justement été approchée par la restriction alimentaire quantitative étudiée durant la phase de croissance du poulet de chair (**Travail 4**). Pratiquée à deux niveaux (10% et 20%), la restriction alimentaire n'a détérioré ni les performances zootechniques ni l'état sanitaire des poulets avec une économie appréciable d'aliment consommé. L'infusion, en poudre de graine de Fenugrec et en poudre de la partie aérienne de l'armoise blanche, dans l'eau de boisson durant les périodes croissance et finition des poulets de chair (**Travail 5**) n'a pas détérioré les performances zootechniques et l'état sanitaire des poulets. L'infusion fenugrec a donné la meilleure conversion alimentaire et l'infusion armoise a des effets favorables sur la qualité de la viande des poulets.

Mots clés : Reproducteurs chair, poules pondeuses, poulet de chair, performances, bien être, restriction alimentaire, efficacité alimentaire, efficacité économique, plantes médicinales, fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) et armoise Blanche (*Artemisia herba-alba* Asso).

Abstract

Well-being of poultry and farm performance under local production conditions

The aim of the work **(05 Works)** carried out in this thesis is to determine the level of performance and welfare of poultry under local production conditions. The level of control of the breeding of laying hens through the study of the production performances **(Work 1)** recorded during 15 years on 1,4 million hens, in an industrial poultry breeding center specialized in the production of eggs for consumption brought out performances close to those of the standard of raised strains but marked by a largely deteriorated mortality rate (nearly 26%). The evaluation of the welfare of broiler breeders reared in an industrial center **(Work 2)** showed globally satisfactory results, even if some parameters, such as the condition of the litter, tarsal burns and lameness, recorded scores at the limit of acceptability in some buildings. The evaluation of the level of feed control **(Work 3)**, carried out on the results of 12 flocks (119,000 hens/flock), shows a lower feed efficiency with a feed conversion ratio of 2.61, which is much higher than the standard (2.15). The improvement of feed efficiency was approached by quantitative feed restriction studied during the growth phase of the broiler **(Work 4)**. When applied at two levels (10% and 20%), the feed restriction did not deteriorate the zootechnical performance or the health status of the chickens with an appreciable saving of feed consumed. The infusion of Fenugreek seed powder and the aerial part of white mugwort powder in drinking water during the growth and finishing periods of broilers **(Work 5)** did not deteriorate the zootechnical performance and health status of the chickens. The fenugreek infusion gave the best-feed conversion and the mugwort infusion had favorable effects on the meat quality of chickens.

Key words: Broiler breeders, laying hens, broiler chickens, performance, welfare, feed restriction, feed efficiency, economic efficiency, medicinal plants, fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and white mugwort (*Artemisia herba-alba* Asso).

ملخص

رفاهية الدواجن وأداء المزارع في ظل ظروف الإنتاج المحلي

يهدف العمل (05 أعمال) الذي تم إجراؤه في هذه المذكرة إلى تحديد مستوى أداء الانتاج وحالة رفاهية الدواجن في ظل ظروف الإنتاج المحلي. سجل مستوى التحكم في تربية الدجاج البياض من خلال دراسة أداء الإنتاج (عمل 1) على مدى 15 عامًا على 1.4 مليون دجاجة في مركز تربية دواجن صناعي متخصص في إنتاج بيض الاستهلاك أظهر أداءً قريباً من مستوى معايير السلالات المربيات ولكن تميزت بتدهور كبير في معدل الوفيات (حوالي 26 %). أظهر تقييم رفاهية تربية دجاج التكاثر اللحم الذي تم تربيته في مركز صناعي (عمل 2) نتائج مرضية بشكل عام، حتى لو لوحظت بعض العوامل مثل حالة الفرشة وحروق عظم الكعب والعرج سجلت نتائج في حدود المقبول في بعض المباني. تقييم مستوى التحكم في التغذية (عمل 3)، الذي تم إجراؤه على نتائج تربية 12 دفعة (119000 دجاجة / دفعة)، أظهر نجاعة غذائية ضعيفة مع مؤشر استهلاك 2.61. يفوق المعتاد (2.15). تم التعامل مع التحسين في النجاعة الغذائية بدقة من خلال التقييد الغذائي الذي تم دراسته خلال مرحلة نمو دجاج التسمين (عمل 4). ممارس بمستويين (10% و 20%)، لم يتسبب في تدهور أداء تربية الحيوانات أو الحالة الصحية للدجاج مع توفير كبير في استهلاك العلف. لم يؤدي التسريب في مسحوق بذور الحلبة ومسحوق الجزء الجوي للنبتة الشيح الأبيض في مياه الشرب أثناء فترات النمو والانتهاج للدجاج اللحم (عمل 5) إلى تدهور أداء تقنيات تربية الحيوانات وصحة الدجاج. أعطى نقيع الحلبة أفضل تحويل للأعلاف وأعطى نقيع الشيح الأبيض آثار إيجابية على جودة لحوم الدجاج.

الكلمات المفتاحية: دجاج التكاثر اللحم، الدجاج البياض، الدجاج اللحم، الأداء، الرفاهية، تقييد الغذاء، نجاعة الأبييض الشيح (Artemisia herba-alba Asso) الأعلاف
الحلبة. النجاعة الاقتصادية، النباتات الطبية،

(Trigonella foenum-graecum L.)

Introduction générale

En Algérie, la filière avicole a connu, depuis les années 1980, un développement notable. La croissance démographique et le changement des habitudes d'alimentation qui ont accompagné l'urbanisation de la société algérienne sont les principaux déterminants de ce développement (Kaci, 2015). Cet essor de la filière avicole contribue à la réduction du déficit en protéines animales et à la création d'emplois.

Selon les statistiques du MADR (2018), la production nationale en viande blanche a connu une évolution considérable, 5,3 millions quintaux en 2017 contre 2,1 millions quintaux en 2009, soit une augmentation de 153%. La production d'œufs de consommation a connu la même tendance durant la même période en passant à 6,6 milliards d'unités produites en 2017 contre 3,8 milliards d'unités en 2009. La volaille constitue une source de protéines animales appréciable et économique notamment pour les pays en voie de développement, ce qui a justifié son développement le plus rapide dans le monde et surtout en Algérie (Alloui et Bennoune, 2013).

D'après les statistiques du MADR (2021), la consommation moyenne algérienne de viande blanche est d'environ 50 000 tonnes par mois soit une moyenne de 15 kg/personne/an, la moyenne mondiale étant de 18 kg/personne/an.

L'état algérien compte pour une bonne part sur le développement du secteur avicole pour améliorer l'alimentation des populations et atteindre l'autosuffisance en produits avicoles dans le but de palier au déficit protéique. La filière avicole constitue, après les filières céréales et lait, l'épine dorsale du complexe agroalimentaire algérien (Kaci et Kheffache, 2016). Ainsi, la réorientation des éleveurs algériens vers la production avicole intensive est devenue une préoccupation majeure de l'état depuis les années 1980 afin d'accroître les disponibilités en protéines animales induites par la croissance démographique, l'urbanisation et la salarisation massive (Mahmoudi et al., 2019). Toutefois, l'intensification de la filière avicole a engendré des contraintes de différents ordres : l'irrégularité fonctionnelle notamment la fluctuation des quantités de produits (œufs et viande blanche) dans le temps et dans l'espace, des problèmes d'ordre sanitaire, de conditions d'élevage et de bien-être...etc.

En effet, l'industrialisation de la filière avicole représente un bon exemple d'environnement artificiel créé par l'homme pour augmenter les productions animales. Il enregistre parfois un manque de maîtrise dans la conduite de l'élevage et de son état sanitaire. Un grand nombre d'agents infectieux et non infectieux peuvent compromettre la santé des animaux et causer de fortes pertes de production. Pour exprimer tout leur potentiel génétique, les volailles doivent être maintenues en parfaite santé (Alloui et al., 2020).

Sur le plan des performances, la filière avicole en Algérie reste encore fragile et très sensible aux variations des acteurs aussi bien endogènes qu'exogènes et l'analyse des prix

montre que les marchés avicoles se caractérisent par des variations saisonnières des prix assez significatives (Kaci, 2014). Ainsi, les faibles performances de production enregistrées dans les élevages (mortalité supérieure à 10 %, faible gain moyen quotidien, perte d'œufs et gaspillage d'aliment) sont en relation avec les caractéristiques des exploitations et des éleveurs (Mahmoudi et al., 2015).

Le mode d'élevage industriel pendant une durée courte et bien limitée engendre un stress qui affecte les activités physiologiques de l'animal et la rentabilité de l'élevage (Mormède et al., 2018). Pour un meilleur niveau de production, le bien-être animal doit être respecté. Le lien entre la production et le bien-être est souvent affirmé. La quasi-totalité des éleveurs se reconnaît derrière l'affirmation selon laquelle le bien-être des animaux est assuré lorsque ceux-ci ont de bons niveaux de performance technique (Dockes et Kling-Eveillard, 2007).

Dans ces conditions de production en Algérie, l'élevage de volaille, surtout du poulet de chair, se heurte à des problèmes de disponibilité des aliments complets et équilibrés mais aussi d'ordre sanitaire. Aussi, les principales maladies signalées dans les élevages avicoles sont liées aux conditions d'élevage et au bien-être des animaux (Kadi et al., 2015). D'après Kirouani (2020), malgré la modernisation des élevages avicoles dans le segment chair en Algérie, les performances technico-économiques sont encore modestes.

En plus des problèmes du bien-être animal, la forte dépendance vis-à-vis des marchés extérieurs en matières premières pour aliments des animaux reste le principal facteur limitant du développement de la volaille algérienne, en particulier pour les tourteaux de soja et le maïs qui représentent plus de 80% du contenu de l'alimentation des volailles. L'aliment constitue une partie essentielle du circuit de production en aviculture intensive et rencontre dans sa réalisation de nombreuses difficultés notamment le prix des matières premières importées. D'après Kaci et Kabli (2000), celles-ci connaissent des fluctuations sur les marchés internationaux et se répercutent sur la production. Selon les statistiques du MADR (2021), l'Algérie importe annuellement près de 4 millions de tonnes de maïs et 1,25 million de tonnes de soja pour une valeur totale de 1,2 milliards de dollars.

A cet effet plusieurs travaux de recherche ont été menés au sein du laboratoire de nutrition animale de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. Notre contribution à cet axe de recherche est l'évaluation du niveau de maîtrise du bien être des volailles et performances des élevages dans les conditions locales de production.

D'où la problématique générale de cette thèse qui se focalise sur l'étude de l'impact de l'intensification sur l'activité des exploitations avicoles, en termes de performances et de bien-être animal, dans les conditions de productions locales.

Cette thèse est structurée en deux parties. La première, devancée par une introduction générale, est une synthèse bibliographique divisée en deux chapitres, le premier aborde les facteurs influençant, les méthodes et les critères d'évaluation du bien-être des volailles. Le deuxième traite des performances des reproducteurs chair, poules pondeuses et poulet de chair.

La seconde partie est représentée par l'étude expérimentale et composée de cinq parties présentées en cinq publications (un article publié, deux communications publiées et deux articles soumis) :

- 1- Essai 1 : Performances de production de la filière avicole ponte en Algérie : Analyse des données d'un atelier de production des œufs de consommation.
- 2- Essai 2 : Evaluation du bien-être des poules reproductrices chair en élevage industriel en Algérie.
- 3- Essai 3 : Efficacité alimentaire des poules pondeuses dans un élevage industriel de production des œufs de consommation en Algérie.
- 4- Essai 4 : Effet de la restriction quantitative de l'aliment sur les performances de croissance et l'efficacité économique chez le poulet de chair.
- 5- Essai 5 : Effet de l'armoise (*Artemisia herba-alba* Asso) et du fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) sur les performances de croissance, quelques paramètres biochimiques et la qualité de la carcasse de poulets de chairs.

Enfin, la partie expérimentale est complétée par une discussion générale reliant les cinq parties réalisées suivie d'une conclusion générale.

Références

- Alloui N., Sellaoui S., Bennoune O., Ayachi A. 2020.** Relation entre l'évolution de la bourse de Fabricius et le poids du poulet de chair dans des élevages intensifs en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 32. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd32/8/alloa32124>
- Alloui N., Bennoune O. 2013.** Poultry production in Algeria: current situation and future prospects. *World's Poultry Science Journal*, 69 (3), 613-620. <https://doi:10.1017/S0043933913000615>
- Dockes A. C., Kling-Eveillard F. 2007.** Les représentations de l'animal et du bien-être animal par les éleveurs français. *Productions animales*, 20 (1), 23-28. <https://hal.inrae.fr/hal-02661406/>
- Kaci A., Kheffache H. 2016.** La production et la mise en marché du poulet de chair dans la wilaya de Médéa (Algérie) : nécessité d'une coordination entre acteurs. *Les cahiers du cread*, 118, 113-132. <https://www.ajol.info/index.php/cread/article/download/176224/165623>
- Kaci A. 2015.** La filière avicole algérienne à l'ère de la libéralisation économique. *Cahiers Agricultures*, 24: 151-60. <https://www.cahiersagricultures.fr/articles/cagri/pdf/2015/03/cagri2015243>
- Kaci A. 2014.** Les déterminants de la compétitivité des entreprises avicoles algériennes. Thèse de doctorat, ENSA El-Harrach, Alger.
- Kaci A., Kabli I. 2000.** Techno-economic analysis of performance in real production conditions, Case of broilers in the region of center. IIIrd Research Days on Animal production (III eme JRPA), Tizi-Ouzou.
- Kadi S.A., Bouchema A., Mouhous A. 2015.** Evaluation du bien-être des poulets de chair en élevage industriel en Algérie. 11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France) les 25 et 26 mars 2015. <http://www.itavi.asso.fr/download/8802>
- Kirouani L. 2020.** Performances des élevages avicoles, segment poulet de chair (wilaya de Bejaia, Algérie). *Revue Agriculture*, 11(1) : 68 – 72. <http://revue-agro.univ-setif>
- MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). 2021.** Statistiques agricoles, Algérie.
- MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). 2018.** Statistiques agricoles, Alger, https://www.lemaghreb.dz.com/?page=detail_actuelite&rubrique=Nation&id=97910
- Mahmoudi N., Ikhlef H., Kaci A., Mahmoudi S. 2019.** Évaluation de la durabilité socioéconomique des ateliers avicoles à M'sila (Algérie). *New Medit*, 18(4), 65-77. <https://newmedit.iamb.it/bup/wp-content/uploads/2019/11/nm1904>

Mahmoudi N., Yakhlef H., Thewis A. 2015. Caractérisation technico-socio-professionnelle des exploitations avicoles en zone steppique (wilaya de M'sila, Algérie). *Cahiers Agricultures*, 24(3), 161-169. <https://www.cahiersagricultures.fr/articles/cagri/pdf/2015/03/cagri2015243>

Mormède P., Boisseau-Sowinski L., Chiron J., Diederich C., Eddison J., Guichet J. L., Meunier-Salaün M. C. 2018. Bien-être animal : contexte, définition, évaluation. *INRA Productions Animales*, 31(2), 145-162. <https://hal.inrae.fr/hal-02628309>

Partie 1 :
Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Bien être des volailles

Le bien-être des animaux qui vivent sous la dépendance des humains, animaux de compagnie utilisés à des fins scientifiques, de zoo et d'élevage, prend une place de plus en plus importante dans notre société (Mormède et al., 2018). La prise en compte de la protection animale par les institutions répond aux attentes de nos sociétés. Si celles-ci sont exprimées plus particulièrement par les associations de protection animale, elles semblent partagées par une majorité de la population (Veissier et al., 2007). Les premières tentatives d'évaluation du bien-être animal concernaient les animaux de production, on reconnaissait aussi que le bien-être des animaux était compromis dans d'autres contextes où les animaux étaient gérés par des humains, par exemple chez les animaux de zoo (Baratay et Hardouin-Fugier, 1998). Russell et Burch (1959) ont publié sur le traitement éthique des animaux de laboratoire.

Pour ce qui concerne le monde de l'élevage, suite au rapport Brambell (1965), le gouvernement britannique a créé un comité qui l'a conseillé sur le bien-être des animaux d'élevage nommé « Farm Animal Welfare Advisory Committee » (1966-1979) ; puis « Farm Animal Welfare Council » (1979-2010) ; et « Farm Animal Welfare Committee » (FAWC) (2010). Le comité Brambell (1965) avait pour mission de définir les normes minimales de bien-être en vue de satisfaire les besoins fondamentaux des animaux dans les conditions de l'élevage intensif. Mais il a également déclaré que les animaux étaient des êtres sensibles et pouvaient souffrir aussi bien mentalement que physiquement. Le comité a également reconnu que l'observation du comportement était un moyen d'interpréter comment un animal exprime sa perception de son environnement. Les points clés du rapport Brambell (1965) ont été repris très largement par le Conseil de l'Europe en 1976. Le cadre qui sous-tend historiquement l'approche pratique du bien-être animal, connu sous l'expression des « Five freedoms », et traduit en français par l'expression des « Cinq libertés », a été initialement publié par la FAWC en 1979, puis en 2009 dans sa forme actuelle. Cet énoncé inclut, en termes généraux, des indications sur ce que les humains doivent offrir aux animaux pour assurer leur bien-être.

L'évaluation du bien-être au niveau individuel se base sur les évaluations de l'état physiologique et de l'état de santé de l'animal, de son comportement, de sa réactivité vis-à-vis de l'homme. Elle prend aussi en compte les caractéristiques de l'environnement (Fraser et al., 2013). Plusieurs systèmes de labellisation du bien-être des animaux de ferme ont été développés et utilisés à grande échelle, par exemple, Freedom Foods au Royaume-Uni, Beter Leven aux Pays-Bas, Neuland ou Für mehr Tierschutz en Allemagne (Roguet et al., 2016). Les premières démarches d'évaluation du bien-être à l'échelle des groupes ou troupeaux ont été principalement basées sur les ressources à fournir aux animaux

(bientraitance) plutôt que sur l'évaluation de leur bien-être ou de leur qualité de vie (Bartussek, 1999 ; Main et al., 2001).

Ce n'est que dans les années 2000 que les procédures d'évaluation ont progressivement intégré la dimension « animal », mettant l'accent sur la recherche de résultats et pas seulement de moyens, et prenant en compte des indicateurs et des mesures sur l'animal. L'objectif visait une démarche d'évaluation objective et quantitative du bien-être centrée sur l'animal. Différents outils ont été ainsi élaborés avec des niveaux de complexité plus ou moins importants, conditionnant l'échantillon évalué, le nombre d'indicateurs et la durée de l'évaluation ainsi que l'identification de voies d'actions pour l'amélioration du bien-être. On peut citer en particulier le Bristol Welfare Assurance Program (GB, BWAP 2004), le Pork Quality Assessment (USA, PQA+ 2003-2009), le British Pig Executive (GB, BPEX 2010), et à l'échelle européenne les projets Welfare Quality® (Blokhuys et al., 2013) et AWIN (Animal Welfare Indicators project). Dans tous les cas, ces démarches reposent sur la mise en œuvre fonctionnelle des « Cinq libertés ».

On peut aussi mentionner l'existence de grilles d'évaluation spécifiques comme le guide d'évaluation du bien-être des animaux à l'abattoir de l'American Meat Institute (Grandin, 2013). Les protocoles initiaux ont été construits pour un nombre limité d'espèces de production (porc, poules pondeuses et poulets à l'engrais, bovins sauf veaux). A l'échelle européenne, les premiers protocoles Welfare Quality® constituent un référentiel à partir duquel de nouveaux protocoles ont été développés, avec des améliorations dans les procédures et des ajustements à de nouvelles espèces (ovins, caprins, équins, dinde) dans le projet AWIN ou encore les dauphins (Clegg et al., 2015).

Le projet de recherche européen Welfare Quality® (2004-2009) financé par l'Union Européenne a été une vaste initiative qui intégrait les multiples dimensions du bien-être animal « Welfare Quality Research Project ». Plus de 200 chercheurs ou ingénieurs en sciences biologiques ou sociales issus d'une quarantaine d'organismes de recherche ou de développement de 13 pays européens et 4 pays d'Amérique centrale et du sud participaient à ce projet.

Welfare Quality® a proposé la mise en place d'un système d'information auprès des consommateurs en matière de bien-être animal. Il a pour ambition de :

- Développer des mesures permettant d'apprécier le bien-être animal ;
- Développer un système standardisé européen pour l'évaluation globale du bien-être animal (en ferme ou à l'abattoir) et pour l'information destinée aux acheteurs et consommateurs ;
- Mettre au point des stratégies pour remédier à des problèmes de bien-être ;

-Intégrer en réseau, à l'échelle européenne, l'expertise de spécialistes du domaine pluridisciplinaire qu'est le bien-être.

1-Définition du bien-être animal

Une définition du bien-être des animaux doit être assez générale pour s'appliquer à tous les contextes où les animaux sont affectés par les humains. Elle doit également être suffisamment précise pour être utile en application pratique sur le terrain. Enfin, cette définition doit constituer une base solide sur laquelle la réglementation pourra s'appuyer. Elle pourra être réactualisée en fonction de l'état des connaissances (Mormède et al., 2018).

Les définitions du « bien-être des animaux » sont très liées au contenu que les auteurs lui attribuent (Carenzi et Verga, 2009). Certains se réfèrent au concept de stress en l'associant à la manière dont l'animal perçoit son propre milieu de vie. Cette perception est particulièrement influencée par la prise en compte des moyens dont l'animal dispose pour s'adapter à son milieu (Broom et al., 1993 ; Veissier et Boissy, 2007).

D'autres définitions s'appuient plus spécifiquement sur la nature sensible et consciente des animaux et en particulier leur capacité à ressentir la douleur et plus largement des émotions telles que la souffrance, la frustration ou encore le plaisir (Duncan, 1993).

Sur la base des considérations scientifiques précédentes, le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal (Anses, 2018).

Le concept de bien-être s'applique à la dimension mentale du ressenti de l'animal dans son environnement. La dimension mentale porte l'attention sur le fait qu'une bonne santé, un niveau de production satisfaisant ou une absence de stress ne suffisent pas. Il faut aussi se soucier de ce que l'animal ressent (HMSO, 1965 ; Duncan, 1993), des perceptions subjectives déplaisantes telles que la douleur et la souffrance (Dawkins, 1988), mais aussi rechercher les signes d'expression d'émotions positives (satisfaction, plaisir...) (Boissy et al., 2007).

Un besoin est une exigence de survie et de qualité de vie liée au maintien de l'homéostasie et aux motivations comportementales. La non-satisfaction d'un besoin entraîne un état de mal-être et/ou de frustration pouvant induire des perturbations comportementales et/ou physiologiques (état de stress chronique par exemple) ainsi qu'un accroissement du risque de maladie (Jensen et Toates, 1997 ; Dawkins, 1988 ; Mason et al., 2001).

La définition alternative considère le bien-être animal comme étant principalement lié aux sentiments des animaux (Duncan et Fraser, 1997). Broom (1992) propose d'autres indicateurs importants tels que la longévité, la production et les taux de reproduction ainsi

que les mesures physiologiques, immunologiques et comportementales. De nombreuses études ont souligné que le bien-être est affecté par une combinaison de facteurs tels que la qualité de la litière et de l'air, la densité de peuplement, l'alimentation, le régime léger, le génotype ainsi que la gestion (Meluzzi et Sirri, 2009).

2- Facteurs influençant le bien-être des volailles

Les principaux facteurs agissant sur la qualité du poulet au sens large peuvent être classés en facteurs intrinsèques à l'animal : âge à l'abattage, génotype et sexe, et facteurs extrinsèques : conditions d'élevage, alimentation, conditions de transport et d'abattage (Groom, 1990).

Les cinq variables qui ont le plus d'importance pour la santé et le rendement zootechnique des oiseaux sont : la température, l'humidité, les mouvements d'air, la litière et l'ammoniac (Figure 1) (ITAVI, 2001).

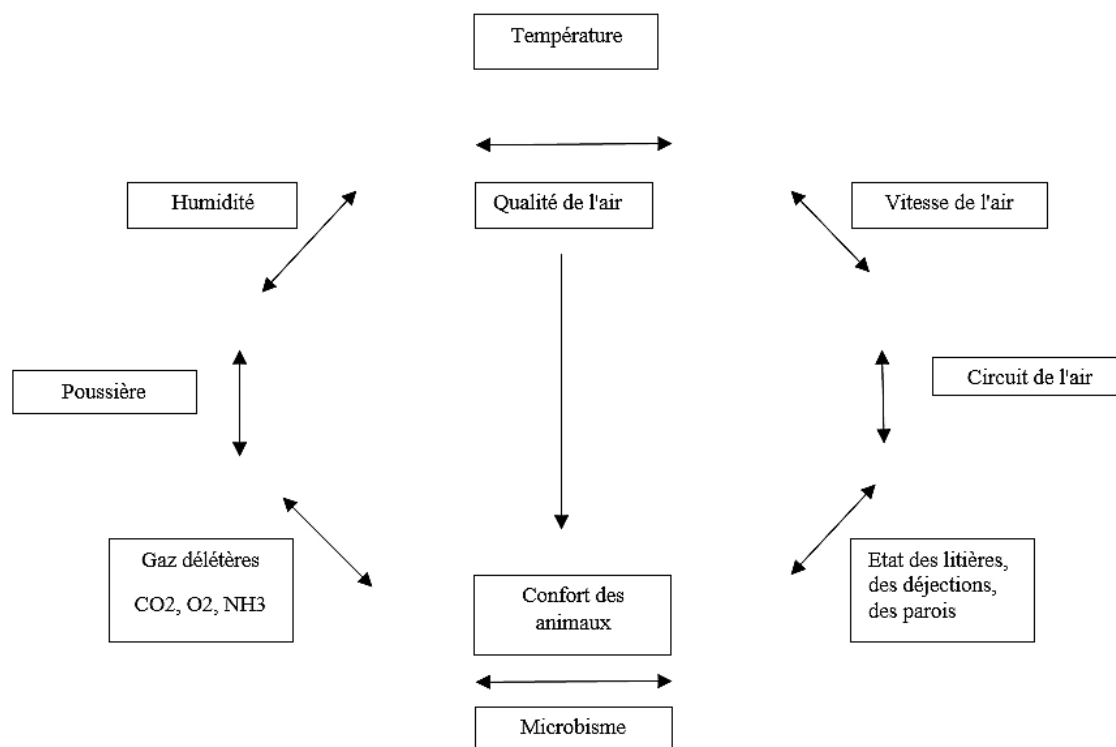


Figure 1 : paramètres qui définissent les conditions d'ambiance dans les bâtiments avicole (ITAVI, 2001).

2-1 Densité

Des recherches ont montré que la surpopulation provoque de sérieux problèmes de bien-être. Les études sur l'influence de la densité (nombre d'animaux/m²) ou du chargement (poids/m²) sur le comportement et la santé des poulets sont nombreuses, mais les résultats varient selon les auteurs. La densité de peuplement est une question centrale du bien-être des poulets de chair (Bessei, 2006). D'après Arnould et Leterrier (2007), les fortes densités diminuent la vitesse de croissance, augmentent la mortalité lorsqu'elles sont combinées à d'autres facteurs de stress, comme la chaleur par exemple. Il en est de même de l'incidence des maladies respiratoires lorsque ces fortes densités sont associées à la présence d'agents infectieux. Les poulets dont la densité d'élevage est trop élevée souffrent de nombreuses pathologies notamment la réduction de la mobilité, les ampoules sur la poitrine, les dermatites qui se propagent par contact (Bouve et Leroy, 1999).

Il est difficile de définir un seuil de densité/chargement au-delà duquel tous ces facteurs sont affectés, car l'impact de la conduite d'élevage sur ce seuil, notamment la capacité à avoir une ventilation adéquate, est considérable (Elwinger, 1995 ; Dawkins et al., 2004).

La densité de peuplement élevée réduit le taux de croissance en raison du stress dû à la chaleur, mais les conditions de logement (qualité de la litière, température et humidité) sont plus importantes que la densité elle-même (Meluzzi et Sirri, 2009). D'après les mêmes auteurs, les densités élevées par rapport aux faibles densités réduisent la capacité de marche mais le taux de ventilation ainsi que l'adoption d'une vitesse de l'air accrue peuvent jouer un rôle clé dans l'atténuation de l'effet négatif des hautes densités et des litières humides. D'après Bessei (2006), une densité élevée empêche le transfert de chaleur de la surface de la litière vers la surface ventilée ; cela diminue l'efficacité des systèmes de ventilation pour atténuer le stress thermique.

Le contact prolongé avec une litière dans un état de surpeuplement amène logiquement les oiseaux à souffrir de douloureuses ampoules sur la poitrine, de brûlures aux jarrets et d'ulcères aux pattes (Cobb-Vantress, 2008). Ces blessures sont non seulement douloureuses, mais elles peuvent causer également une infection généralisée. Celle-ci peut se transmettre par le biais de la circulation sanguine et provoquer une inflammation des articulations (Barbara et al., 2006).

2-2 Qualité de la litière

La qualité de la litière affecte la situation environnementale des oiseaux en influençant le taux de poussière et ceux d'humidité et d'ammoniac de l'air qui, à leur tour, conduisent à des maladies respiratoires et une influence directe sur l'état de la peau des oiseaux (Meluzzi et Sirri, 2009).

De nombreux auteurs ont trouvé des corrélations positives entre la qualité de la litière, en particulier l'humidité et l'incidence de la dermatite des coussinets plantaires (Harms et Simpson, 1977 ; Algers et Svedberg, 1989 ; Ekstrand et al., 1997 ; Kaukonen, 2017). Meluzzi et al. (2008) ont découvert qu'un plus bas pH de la litière causé par une densité de peuplement élevée augmente l'incidence de la dermatite des coussinets plantaires.

Une litière humide est positivement corrélée avec la dermatite du pied, c'est l'un des indicateurs les plus importants de bien-être, bien que plusieurs autres facteurs tels que les matériaux, la profondeur et l'état de la litière, la densité de peuplement, la composition des aliments et les facteurs d'ambiance sont impliqués (Meluzzi et Sirri, 2009). Les matériaux de litière à haute capacité de rétention d'eau comme la sciure du bois sont censés obtenir une meilleure qualité de litière que la litière à base de matériaux avec une capacité d'absorption plus faible comme la paille (Scahaw, 2000). D'après Kaukonen et al. (2016), le maintien d'une bonne qualité de litière ne suffit pas à lui seul pour garantir des coussinets plantaires sains chez les reproducteurs de poulets de chair pendant toute leur vie.

2-3 Facteurs d'ambiance

2-3-1 Eclairage

Les programmes lumineux appliqués aux volailles sont importants à maîtriser du fait de leurs nombreuses incidences sur l'élevage des reproducteurs en particulier, sur le contrôle de leurs poids, la solidité de la coquille des œufs voire la réduction des troubles locomoteurs chez les oiseaux en croissance (Sauveur et Piccard, 1990). En effet, la photopériode agit sur la reproduction des oiseaux, elle stimule d'abord la fonction sexuelle, induit une modification de l'âge à maturité sexuelle et de la persistance de ponte (Sauveur, 1996). La lumière chez les volailles est le principal facteur d'environnement capable d'exercer une influence majeure sur le développement gonadique assurant de ce fait un rôle prépondérant dans la reproduction des volailles (Brillard, 2003).

Bougon et Hospitalier (1985) ont rapporté que l'éclairement fractionné permet d'accroître le poids moyen de l'œuf de 1,2% et de diminuer l'indice de consommation à 0,9%. En ce qui concerne l'intensité lumineuse, Sauveur (1988) indique que la production d'œufs augmente lorsque l'intensité lumineuse croît entre 0,1 et 5 à 7 lux.

L'éclairage influence la croissance, l'activité et les troubles locomoteurs des poulets. Comparée à une période de 24 h de lumière par jour, une période plus réduite ralentit la croissance des poulets et diminue les problèmes locomoteurs et métaboliques. Supérieure à 22 h par jour, elle provoque des troubles du développement du système visuel (Gordon, 1994 ; Buyse et al., 1996).

Une faible intensité lumineuse entraîne un mauvais développement du système visuel, diminue l'activité des poulets et favorise de ce fait l'apparition de problèmes au niveau des pattes ; forte, elle stimule l'activité des poulets, mais les conséquences sur leurs performances (dont la croissance) varient selon les auteurs (Buyse et al., 1996).

Les programmes à photopériode réduite sont considérés comme essentiels pour la stimulation de l'activité locomotrice et du développement d'un rythme circadien chez les oiseaux. Cependant, les périodes d'obscurité prolongées réduisent la croissance lorsqu'elles sont appliquées dans les premières semaines d'âge (Bessei, 2006).

Dans des conditions commerciales, les poulets de chair sont élevés dans une lumière presque continue afin de maximiser la prise alimentaire et le gain de poids quotidien (Arbor Acres, 2018). Généralement avec une courte période d'obscurité de 1 heure chaque jour pour leur permettre de s'habituer à l'obscurité lors d'une panne de courant. Cependant, l'adoption d'une journée courte au début de la croissance peut réduire l'incidence des troubles squelettiques et métaboliques ainsi que la mortalité et les déclassements (Zubair et Leeson, 1996b).

Dans des conditions expérimentales, Meluzzi et al. (2008b) ont observé qu'une courte photopériode (16 heures claires et 8 heures obscures) n'a pas affecté la croissance du poulet de chair. La consommation et l'efficacité alimentaire étaient meilleures que celles des oiseaux élevés avec une longue photopériode. Un éclairage vif augmente le risque d'épidémies et de blessures. L'intensité lumineuse très faible (<5 lux) peut provoquer des anomalies oculaires, du point de vue du bien-être de la vision une intensité lumineuse de 20 lux est recommandée (Jenkins et al., 1979). D'après Newberry et al. (1988), une intensité lumineuse élevée augmente l'activité locomotrice et réduit les problèmes de pattes en six semaines. Malgré une activité locomotrice plus élevée le taux de croissance et la conversion alimentaire ne sont pas affectés.

Selon NOVOgen White (2019), la durée de lumière après transfert doit être adaptée à la durée de lumière en fin de période d'élevage. Comme les poules sont très sensibles à toute modification de durée de lumière, il n'est pas permis de diminuer la durée de lumière pendant tout le cycle de production.

2-3-2 Température

La température conditionne les conditions de vie des animaux et leurs performances. La reproductrice est relativement plus sensible à la chaleur qu'au froid. La température idéale préconisée par Le Menec (1980) varie entre 18 et 22°C. Poirel (1983) et Le Menec (1987) rapportent que des températures supérieures à 23°C entraînent une réduction de l'ingéré énergétique et par conséquent celle des performances de ponte (indice de ponte, poids et la

qualité des œufs) (Rossilet, 1998). Sauveur et Picard (1990) précisent qu'au-delà d'une température de 32°C, la solidité de la coquille est affectée du fait de la réduction de l'ingestion alimentaire notamment le calcium. Des températures plus élevées (+32°C) causent des mortalités liées à des arrêts cardiaques (Born, 1998).

La zone de neutralité thermique des poussins est très étroite, elle est comprise entre 30 et 33°C. En dessous d'une température de 31°C, le poussin est incapable de maintenir sa température corporelle en raison de la faible efficacité de leur mécanisme de thermorégulation et de l'absence de plumes (Vander Horst, 1996).

En effet, il est admis que l'insuffisance du système de ventilation et parfois la défaillance du système de refroidissement conduisent à une augmentation de la température au-delà de celle recommandée, ce qui provoque un stress thermique excessif des oiseaux (ITAVI, 2007).

Les éleveurs sont bien conscients qu'une erreur de management (programme lumineux, température) peut entraîner des pertes économiques non négligeables à l'échelle de l'élevage. Le défi des éleveurs est, aujourd'hui, de prendre en compte la réglementation pour le bien-être des poules et par conséquent, de s'adapter à de nouveaux systèmes de production (Travel et al., 2010).

2-3-3 Humidité

L'ambiance du bâtiment joue un rôle important dans l'apparition des lésions, notamment l'humidité relative qui détermine la qualité de la litière. En effet, quand elle augmente, une élévation des lésions est observée. Ainsi, la fréquence des lésions est significativement plus importante à 75% HR qu'à 45% (Weaver Jr et Meijerhof, 1991).

Une humidité élevée au-delà de 70% favorise l'apparition des maladies respiratoires qui se répercutent sur la production. En effet, en été à une température de 28°C, l'humidité correspond à 70-80%, ce qui engendre un tassement de la litière dans le poulailler favorisant la multiplication bactérienne. En ambiance sèche (HR : 30-40%), la litière sèche provoque l'apparition des problèmes respiratoires liés à une densité élevée en poussière dans le bâtiment d'élevage (Le Menec, 1987).

2-3-4 Ventilation

La ventilation permet le renouvellement de l'air et l'élimination des odeurs et des gaz toxiques (ammoniac, méthane...) provenant des déjections et des fermentations de la litière. La ventilation nécessaire à l'apport d'O₂ chez les jeunes poules est de 0,1 m³/h/kg de poids vif. Le renouvellement d'air nécessaire pour le CO₂ atteint 0,55m³/h/kg de poids vif. La dose tolérée est 0,3% de CO₂ dans le bâtiment (Sauveur, 1988). Le renouvellement de l'air est important pour assurer le bon état sanitaire et physiologique du cheptel. Pelé (1982)

précise que la dose limite tolérée dans le bâtiment se situe aux environs de 12 à 15 ppm. Au-delà, le taux de ponte est affecté jusqu'à environ 5%. Une puissance effective minimale de ventilation de 4m³/h/kg de poids vif est nécessaire pour éviter de trop fortes augmentations de la température et de l'hygrométrie à l'intérieur du bâtiment avicole qui accélèrent le stress thermique des volailles et entraînent des déficits de croissance et des mortalités élevées (Valancony, 1997).

L'ammoniac en agissant sur le centre nerveux, responsable de l'appétit, restreint la consommation d'aliment accompagnée d'une réduction de l'intensité de ponte (Rossigneaux et Robineau, 1992). En outre Sauveur (1988), montre que l'ammoniac de l'air agit directement sur l'œuf, provoquant une dégradation de qualité interne suite à une élévation du pH.

La ventilation du bâtiment apparaît comme un facteur influençant l'apparition et la sévérité des lésions (Ekstrand et al., 1998). Nécessaire pour diminuer la température lorsque que celle-ci est trop élevée et pour éviter une concentration en gaz néfastes pour les animaux, la ventilation permet également d'évacuer l'humidité présente dans l'air et d'aérer la litière (Nagaraj et al., 2007). En conséquence, la litière s'assèche et sa qualité se maintient.

2-4 Le stress

Les travaux en psychologie cognitive montrent combien l'étude des interactions entre émotion et cognition est nécessaire pour accéder aux états affectifs de l'animal, et tenter ainsi d'identifier les paramètres susceptibles d'affecter son bien-être (Boissy et al., 2007).

Moberg (2000) définit le stress comme une réponse chez un individu provoquée par une altération de son homéostasie. Cependant, la notion de stress apparaît donc fortement liée à celle de bien-être. La zone de confort d'un animal de production comme le poulet de chair peut être définie par un état d'équilibre entre six facteurs : l'aliment, le bâtiment, le microbisme, l'animal, la conduite d'élevage et l'éleveur. Aussi, Pour toutes les espèces, tant qualitatives que quantitatives les aspects du bruit doivent être pris en compte pour une évaluation approfondie des impacts sur le bien-être (Weeks, 2008).

Selon Veissier et al. (2007), l'inconfort ou une situation de mal-être (situation de stress) peut s'évaluer à travers différents critères dans un élevage aviaire ; comportement, physiologie, santé et production sont autant de paramètres que l'on peut mesurer. Cependant, les différents mécanismes mis en jeu et parfois la difficulté d'interprétation suggèrent la prise en compte de plusieurs éléments afin d'établir un état de stress dans un élevage. De plus, la mise en évidence d'un tel état à travers différents paramètres n'indique pas l'origine de cet état, ni même la solution au problème (Arnould et al., 2005).

Le stress chronique peut altérer la fonction immunitaire et entraîner une augmentation des maladies et mortalité, et réduire la production (Nicol et Davies, 2013).

2-5 Sélection génétique

Les animaux d'une population ayant fait l'objet d'une sélection génétique pour augmenter l'efficacité de production semblent être davantage prédisposés à des problèmes comportementaux, physiologiques et immunologiques (Rauw et al., 1998). La croissance rapide résultant de la sélection génétique, de l'alimentation intensive et des méthodes de gestion est la cause principale des divers troubles locomoteurs et maladies métaboliques qui sont devenus d'importantes causes de mortalité (Scahaw, 2000).

Dans les élevages intensifs, on observe une corrélation positive entre le nombre de cas d'ascite et la vitesse de croissance. La comparaison de lignées de poulets de chair peut montrer la différence de sensibilité à ce syndrome selon la différence de vitesse de croissance qu'elles présentent (Sanchez et al., 2000). Les causes de la mortalité liée à une croissance rapide sont principalement le syndrome de mort subite (Gardiner et Hunt, 1984) et ascite (Maxwell et Robertson, 1998).

Les oiseaux mâles sont généralement plus touchés que les femelles (Grashorn et al., 1997). Le taux de croissance rapide est généralement accompagné d'une diminution de l'activité locomotrice et le manque d'exercice est considéré comme une cause principale de faiblesse des jambes et des lésions cutanées au niveau des jambes et de la poitrine (Bessei, 2006).

Les poulets de chair sont sélectionnés pour leur taux de croissance rapide ainsi que pour leurs rendements élevés en carcasse, notamment en poitrine, et élevés dans des systèmes intensifs à haute densité d'élevage allant de 30 à 40 kg de poids vif / m². Ces conditions conduisent à une détérioration de l'état de bien-être des oiseaux (Meluzi et Sirri, 2009). D'après les mêmes auteurs les troubles squelettiques, en particulier les déformations et les fractures, sont associées à la sélection génétique et la croissance des oiseaux tandis que l'utilisation de génotypes à croissance lente peut réduire la faiblesse des pattes et les maladies métaboliques.

Le taux de croissance élevé des poulets favorise le dépôt de graisse dans les carcasses, ce qui entraîne des troubles métaboliques et squelettiques de la volaille, une mortalité élevée, le syndrome de mort subite (Khurshid et al., 2019) et l'ascite (Kalmar et al., 2013 ; Wideman et al., 2013) sont des problèmes bien connus chez le poulet de chair à croissance élevée.

Duncan et al. (1990) ont signalé que les baisses de fécondité liées à l'âge étaient les plus communes chez les mâles plus lourds, probablement parce que leur grande taille les a empêchés de s'accoupler efficacement.

La conduite alimentaire peut aussi être impliquée dans l'apparition de difficultés locomotrices, de troubles digestifs, de dégradation de litière et, par conséquent, de lésions cutanées (pododermatites, brûlures des tarses, ampoules du bréchet) et d'agressions respiratoires, et enfin de la mortalité (arrêt cardiaque, stress thermique, ascites). Elle peut permettre par ailleurs d'enrichir le milieu de vie des volailles dans les élevages en claustration (Magnin et Bouvarel, 2011).

2-6 Sexe des animaux

Le sexe semble avoir un effet sur l'occurrence des lésions. Bruce et al. (1990) notent qu'en général, les mâles sont plus atteints aux tarses et aux bréchets que les femelles. De la même façon, McIlroy et al. (1987) observent cette tendance et constatent que la litière issue des bandes de mâles est davantage dégradée que celle trouvée chez les femelles. A l'inverse, Harms et Simpson (1977) remarquent que ce sont les femelles qui, sur une litière humide, sont les plus lésées. Toutefois, sur une litière sèche aucune distinction entre les deux sexes n'a été identifiée dans cette étude.

2-7 Comportements

Le comportement est un produit des gènes portés par un individu en interaction étroite avec l'environnement (Jensen, 2006). Malgré les influences positives démontrées sur la santé et la reproduction, il y a de plus en plus de preuves que la restriction alimentaire a également des effets négatifs sur le bien-être des volailles (Mench, 2002). D'après le même auteur les animaux rationnés reçoivent 40 à 50 % de la quantité d'aliments consommée par les animaux nourris *ad libitum*. Ce rationnement a pour conséquence une modification du comportement des animaux qui surconsomment l'eau et présentent des activités stéréotypées où ils piquent fréquemment les murs ou la litière.

De nombreuses expériences ont montré que les animaux restreints ont faim, manifestent des comportements de frustration et présentent des modifications physiologiques importantes (réduction de la fréquence cardiaque et augmentation du cortisol plasmatique), tandis que l'activité motrice est globalement très augmentée (De Jong et al., 2002). La restriction améliore l'efficacité de l'utilisation des aliments et réduit les exigences d'entretien dans les phases croissance et finition chez le poulet de chair (Teimouri et al., 2005) et diminue l'incidence des maladies métaboliques (Sahraei, 2014). Elle diminue aussi le taux de graisse dans la carcasse et réduit la fréquence de pathologies associées à une vitesse de croissance élevée telles que les ascites (Afsharmanesh et al., 2016). Ceci entraîne à la fin une réduction des coûts d'alimentation et de production permettant d'avoir une viande de qualité, maigre à des prix moins élevés avec de faibles taux de mortalité (Zubair et Leeson, 1996a et b ; Navid Shad et al., 2006 ; Mahmood et al., 2007). Trocino et al.

(2020) rapportent que la restriction de l'alimentation stimule l'activité pendant et après la phase de restriction sans effet pertinent sur l'état de stress des poulets.

D'après McLean et al. (2002) et Arnould et al. (2004), l'un des problèmes les plus visibles est l'inactivité des poulets qui passent 64 à 90% de leur temps couchés. Cette inactivité qui augmente avec l'âge des animaux induit une restriction du répertoire comportemental (peu de déplacement, peu d'exploration de l'environnement...). Ce qui favorise la présence de dermatites de contact via une détérioration plus rapide de la qualité de la litière. Une faible activité peut aussi favoriser une mauvaise répartition des poulets sur la surface d'élevage (Frayssé et al., 2001 et Arnould et Faure, 2004).

Le bain de poussière, comme le définit Olsson et Keeling (2005), est un comportement d'entretien de la santé et de la structure des plumes que représentent de nombreux oiseaux y compris les poulets.

Les phénomènes du picage des plumes des congénères et du cannibalisme ont fait l'objet d'études de plusieurs auteurs (Mench et Keeling, 2001 ; Rodenburg et Koene, 2003). Ainsi, le picage conduit certains oiseaux domestiques à se donner des coups de bec et à s'arracher les plumes. Ceci peut aller jusqu'à l'apparition de plaies sanguinolentes et éventuellement la mort (Bouglier et Gallouin, 2002). En outre, Campo et al. (2001) rapportent que la présence de poulets déplumés avec des blessures dans un élevage est un indice intéressant pour évaluer un état de stress chronique.

D'après Nicol et al. (2009) les poules pondeuses ont une préférence pour l'environnement qui contient un matériel d'alimentation supplémentaire, perchoirs et niochirs. Les oiseaux logés en groupe dans cet environnement sont également plus uniformément espacées que dans les autres environnements (Collins et al., 2008).

Les principaux problèmes de bien être rencontrés dans les systèmes modernes de production intensive de poules pondeuses sont : le manque de place et la difficulté ou l'impossibilité d'exprimer certains comportements. Ce dernier point peut, dans certains cas, entraîner la frustration des poules et donc nuire à leur bien-être (Michel et al., 2007a).

3-Méthodes d'évaluation du bien-être des volailles

En ce qui concerne le monde de l'élevage, suite au rapport Brambell (HMSO, 1965), le gouvernement britannique a créé un comité qui l'a conseillé sur ces questions, le FAWC « Farm Animal Welfare Advisory Committee » (1966-1979) ; « Farm Animal Welfare Council » (1979-2010) ; et « Farm Animal Welfare Committee » (2010). Le comité Brambell avait pour mission de définir les normes minimales de bien-être en vue de satisfaire les besoins fondamentaux des animaux dans les conditions de l'élevage intensif.

L'approche pratique du bien-être animal, connue sous l'expression des « Five freedoms » en anglais, et traduit en français par l'expression des « Cinq libertés », a été initialement publiée par le FAWC en 1979, puis en 2009 dans sa forme actuelle (FAWC 1979, 2009). Cet énoncé inclut, en termes généraux, des indications sur ce que les humains doivent offrir aux animaux pour assurer leur bien-être.

Les « cinq libertés », principes de base pour assurer le bien-être des animaux, d'après FAWC (2009) sont :

1. absence de faim et de soif par la possibilité d'accéder librement à l'eau et la nourriture saine pour le maintien d'un bon niveau de santé et de vigueur ;
2. absence d'inconfort grâce à un environnement approprié incluant un abri et une aire de repos confortable ;
3. absence de douleurs, de blessures et de maladies grâce à des mesures de prévention des diagnostics rapides suivis de traitements appropriés ;
4. liberté d'expression d'un comportement normal lié à un espace suffisant, à des installations adaptées et à la compagnie d'autres congénères ;
5. absence de peur et de détresse en veillant à garantir des conditions de vie et un traitement des animaux évitant toute souffrance mentale.

Les premières démarches d'évaluation du bien-être à l'échelle des groupes ou troupeaux sont principalement basées sur les ressources à fournir aux animaux (bientraitance) plutôt que sur l'évaluation de leur bien-être ou de leur qualité de vie (Bartussek, 1999 ; Main et al., 2001). Ce n'est que dans les années 2000 que les procédures d'évaluation ont progressivement intégré la dimension «Animal».

Dans tous les cas, ces démarches reposent sur la mise en œuvre fonctionnelle des «cinq libertés». La démarche adoptée dans le projet « *Welfare Quality*® » montre le degré de complexité d'un outil d'évaluation et la question d'une évaluation globale (Veissier et al., 2010). Cependant, il a été possible de montrer que les mesures réalisées sur les animaux (état corporel, état sanitaire, comportements et réactivité comportementale) répondent aux trois principales exigences de tout système d'évaluation : validité, répétabilité et faisabilité (*Welfare Quality*®, 2009). La grille d'évaluation de « *Welfare Quality*® » est actuellement considérée comme un référentiel qui est décliné dans des formes simplifiées et opérationnelles adaptées aux diverses conditions dans lesquelles le bien-être est évalué.

La démarche du projet « *Welfare Quality*® » a été développée pour la mesure du bien-être des animaux d'élevage. L'utilisation de plus en plus répandue d'outils d'évaluation sous forme de grilles donne une vision plus objective et plus précise de la situation vis-à-vis du bien-être des animaux dépendant du contexte de leur rapport aux humains (Mormède et al., 2018).

4-Critères d'évaluation du bien-être des volailles

Un large éventail de besoins des animaux doit être rempli pour protéger le bien-être et empêcher leur souffrance. Nous devons connaître leur répertoire comportemental qui comprend : manger, boire, dormir, la marche au ralenti, se lisser, courir, sauter, gratter, picorer au sol, battements d'ailes, étirement des ailes ou des jambes, bains de poussière, rencontres agonistiques et vocalisations (Weeks et al., 2000). D'après les mêmes auteurs, pendant les premières semaines de la vie, le poulet effectue la plupart de ces activités debout, tandis que pendant la deuxième partie de la vie, il effectue la plupart des comportements en position couchée avec une baisse significative de nombreuses activités, en particulier chez les oiseaux boiteux.

D'après Mounaix et al. (2016), parmi les critères utilisés pour réaliser l'évaluation du bien-être, ceux portant sur l'observation de l'animal sont souvent discutés et apparaissent parfois plus subjectifs que les mesures prises sur l'environnement des animaux. Le comportement de l'animal fournit pourtant des indicateurs pertinents du bien-être de l'animal puisqu'il traduit la perception que l'individu a de son environnement et de son état interne, c'est la « réponse de l'animal ». Le comportement est un critère intéressant car il regroupe des indicateurs précoces d'une éventuelle dégradation du bien-être. Par son comportement, l'animal peut indiquer la bonne adaptation ou l'inadaptation des conditions d'élevage.

Miele et al. (2011) expliquent comment les interactions entre les scientifiques ont permis de faire progresser le projet. Ces interactions ont – entre autres – permis d'élaborer une définition commune du bien-être animal qui englobe les différents aspects. Cette définition du bien-être animal a ensuite été opérationnalisée en 12 critères de bien-être, issus des cinq libertés du « *Farm Animal Welfare Council* » (Farm Animal Welfare Council 1992, Welfare Quality® 2009) et rapporté par Veissier et Miele (2015) :

1. Les animaux ne doivent pas souffrir de faim prolongée, ils doivent recevoir un régime suffisant en quantité et de qualité adéquate.
2. Les animaux ne doivent pas souffrir de soif prolongée, ils doivent avoir accès à de l'eau en quantité suffisante.
3. Les animaux doivent bénéficier d'une aire de couchage confortable.
4. Les animaux doivent bénéficier d'un confort thermique, ils ne doivent être exposés ni à une chaleur ni à un froid excessifs.
5. Les animaux doivent disposer de suffisamment d'espace pour se déplacer librement.
6. Les animaux doivent être exempts de blessures physiques.

7. Les animaux doivent être exempts de maladies, l'éleveur doit assurer un bon niveau d'hygiène et de soins.
8. Les animaux ne doivent pas souffrir de douleurs provoquées par des soins, des manipulations, un abattage ou des procédures chirurgicales inappropriées (par exemple lors de castration ou d'écornage).
9. Les animaux doivent avoir la possibilité d'exprimer un comportement social normal et non nuisible (par exemple se lécher entre eux).
10. Les animaux doivent avoir la possibilité d'exprimer les autres comportements normaux, ils doivent avoir la possibilité d'exprimer les comportements propres à leur espèce comme la recherche de nourriture.
11. Les animaux doivent être manipulés avec précaution en toute situation, permettant l'établissement d'une bonne relation homme-animal.
12. Les émotions négatives telles que la peur, la détresse, la frustration ou l'apathie doivent être évitées et les émotions positives, telles que la sécurité ou la satisfaction, doivent être favorisées.

Le projet européen Welfare Quality® (2009) a proposé l'utilisation d'une échelle à différents scores pour le classement de plusieurs indicateurs du bien-être animal comme par exemple l'état et la propreté des plumes, la pododermatite, les boiteries etc... Les scores de notation sont :

4-1 Usage et qualité de la litière

Bon usage de la litière (score 0), usage modéré de la litière (score1), mauvais usage de la litière (score2). Pour la qualité de la litière, l'échelle de notation est de 5 scores : complètement sèche et écailleuse, facile à déplacer avec le pied (score0), sèche mais difficile à déplacer avec le pied (score1), pas complètement sèche (score2), se colle facilement aux bottes (score3), se colle aux bottes (score4). La litière sèche permet le picotage et la préhension de bain de poussière par les poules ce qui diminue le risque de picage et cannibalisme. D'après Zimmerman et al., (2003), le bain de poussière et l'exploration représentent des priorités comportementales pour les poules.

Les facteurs majeurs de la dégradation de la litière comme le taux élevé d'humidité et les fuites d'eau sous les abreuvoirs, la rendent mouillée et collante aux bottes (Belaid-Gater et al., 2019).

4-2 Etat et propreté des plumes

Etat des plumes uniforme et propre (score0), plumage moins propre avec des zones sans plumes inférieures à 3cm (score1), plumage moyen (score2), plumage sale avec zones sans plumes supérieures à 3cm (score3) (Figure 2). La saleté du plumage est corrélée à la fois à la présence des lésions au niveau des tarses et à la boiterie (Arnould et Colin 2009).



Score 0

Score 1

Score 2

Score 3

Figure 2 : Scores de notation des dermatites des tarses (Welfare Quality©, 2009).

4-3 Pododermatites

Absence de pododermatites (score 0), présence minimale de pododermatites (score1 et 2), présence évidente de pododermatites (score 3 et4) (Figure 3).

Le type de litière et sa qualité sont des facteurs de risque de pododermatites (Ekstrand et al., 1997). Scahaw (2000) rapporte que la dermatite de contact est liée à la mauvaise qualité de la litière, au surpeuplement, à la restriction de mouvements et à la faiblesse des pattes.

La densité de peuplement élevée diminue la qualité de la litière ce qui entraîne une augmentation de l'incidence de la dermatite de contact (Proudfoot et al., 1979 ; Blokhuis et Van der Haar, 1990) particulièrement en hiver (Meluzzi et al., 2008a). Autres facteurs influençant la dermatite de contact ; l'âge, la taille et le sexe des oiseaux. Elle devient plus courante et plus importante à mesure que les poulets de chair vieillissent (McIlroy et al., 1987 ; Bruce et al., 1990 ; Haslam et al., 2007 ; Gouveia et al., 2009) et plus lourd (Kjaer et al., 2006 ; Hepworth et al., 2010 ; Saraiva et al., 2016). Wolanski et al. (2004) ont étudié les mâles reproducteurs de poulets de chair, ont conclu que le poids corporel, plutôt que l'âge, pourrait avoir un impact plus important sur l'état du coussin plantaire.

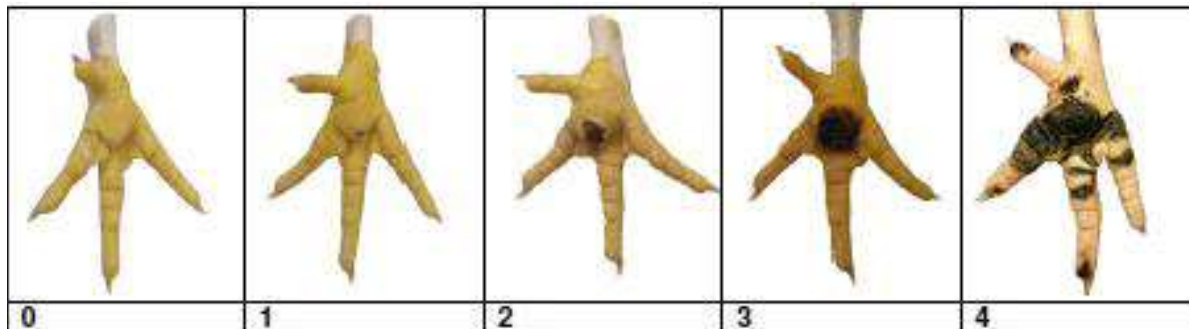


Figure 3 : Echelle des scores des pododermatites (Welfare Quality®, 2009).

4-4 Brûlures du jarret

Pas de brûlures du jarret (score 0), une brûlure minimale du jarret (score 1 et 2), une brûlure évidente du jarret (score 3 et 4) (Figure 4). La qualité de la litière, notamment son humidité, est souvent à l'origine des brûlures des jarrets des volailles (Kaukonen et al., 2016).

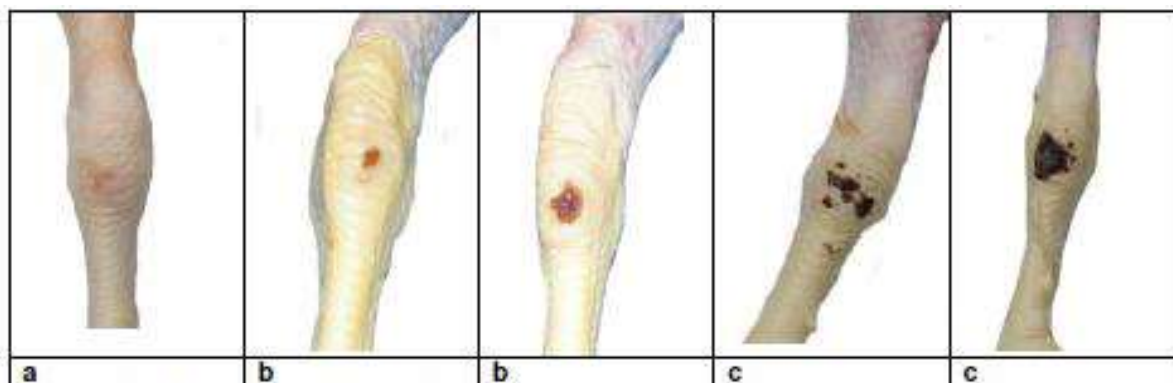


Figure 4 : Echelle de classification des brûlures du jarret (Welfare Quality®, 2009).

Une classification des lésions des tarses (Tableau 1) réalisée par Colas et al. (2005), basée sur la profondeur apparente de la lésion et sa surface.

Tableau 1: Classification des brûlures des tarses (Colas et al., 2005).

	Taille de l'atteinte (cm ²)		
	<0,25 cm ²	(0,25-0,50 cm ²)	>0,50 cm ²
Pas de lésion	Tars 0		
Lésion modérée (superficielle à coloration rose à brune).	Tars 4	Tars 5	Tars 6
Lésion grave avec présence de croûte noire.	Tars 7	Tars 8	Tars 9

Les fuites d'eau dans les bâtiments d'élevage du poulet de chair sont responsables de l'humidité de la litière. Des dysfonctionnements des systèmes de ventilation et de refroidissement ont également pu amplifier l'apparition des lésions (Kadi et al., 2015).

4-5 Boiteries

La démarche de la poule est normale (score 0), un léger défaut de démarche (score 1), défaut affectant la démarche (score3), défaut sévère et la poule marche difficilement (score4), la poule est incapable de se déplacer (score5).

Le bien-être est considéré comme altéré à partir du score 3 (McGeown et al., 1999).

Selon Kestin et al. (1992) et Sanotra et al. (2001), les troubles locomoteurs entraînent une forte morbidité d'après des études faites en élevage intensif 75% et 90% des animaux ont une démarche altérée et 26% et 30% ont une démarche sévèrement altérée, ce qui entraîne une augmentation de l'indice de consommation et une diminution de la vitesse de croissance. Danbury et al. (2000) indiquent que les poulets atteints de boiteries graves (Figure 5) souffrent de manière chronique.



Figure 5 : Poulet de chair présentant des troubles de locomotion (Danbury et al., 2000).

4-6 Lésions de la peau

Pas de lésion (score 0), une lésion qui ne dépasse pas 3 cm de diamètre (score1), une lésion qui dépasse 3cm de diamètre (score 2) (Figure 6).

Les agressions des mâles envers les femelles sont de plus en plus fréquentes chez les reproducteurs chair (Millman et al., 2000).



Figure 6 : Score « 1 » pour les lésions de peau au niveau d'un centre des reproducteurs chair (Belaid-Gater et al., 2019).

4-7 Etat de la crête

Crête saine (score1), mauvaise crête ou blessé (score2) (Figure 7).

Les crêtes blessées sont causées généralement par les coqs au moment de l'accouplement (D'Eath et Keeling, 2003).

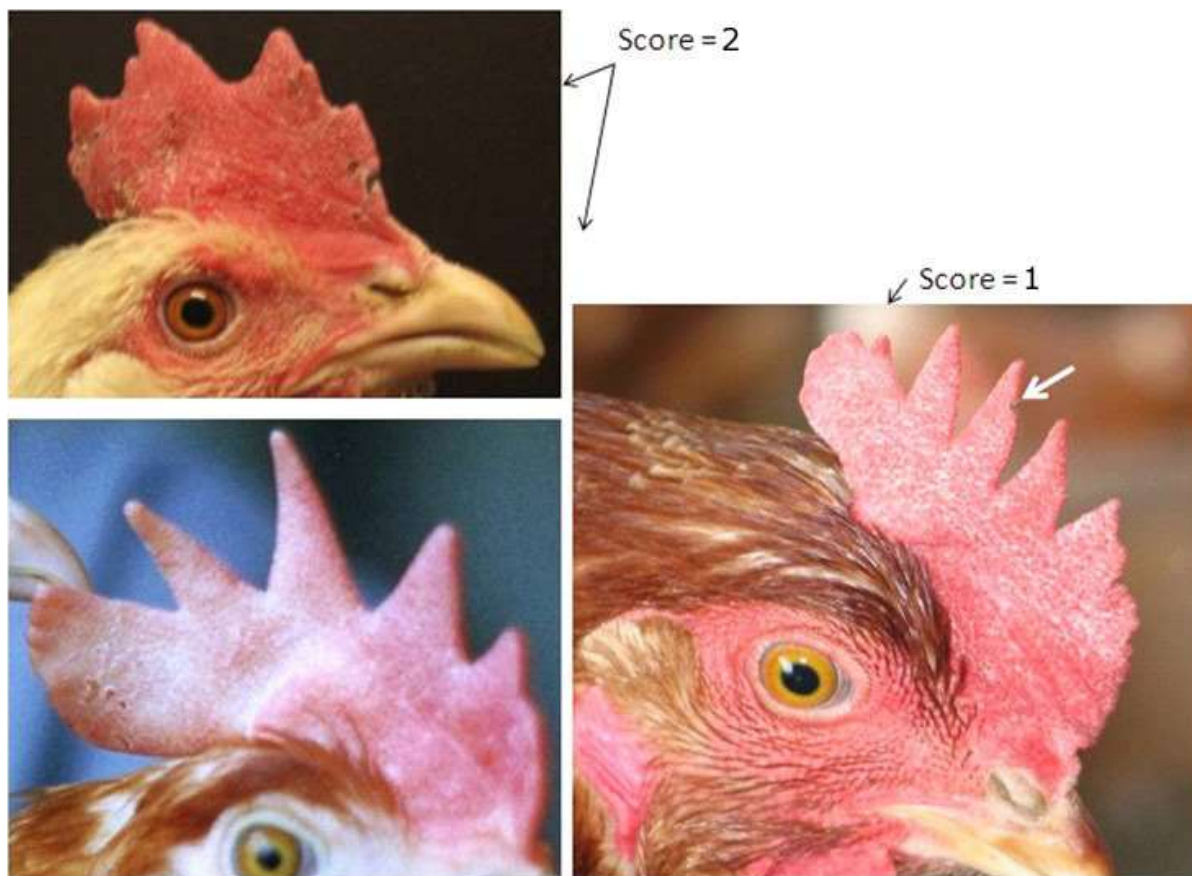


Figure 7 : Echelle de classification des scores des pignes (Welfare Quality©, 2009).

4-8 Test de poussière

Selon Ellen et al. (2000), les bâtiments d'élevage des poules pondeuses en batterie présentaient les concentrations de poussière les plus faibles ($< 2 \text{ mg} / \text{m}^3$), tandis que les concentrations de poussière dans les autres systèmes de logement (perchoirs et volières) étaient souvent quatre à cinq fois plus élevées. D'autres facteurs affectant les concentrations de poussière sont la catégorie animale, l'activité animale, les matériaux de litière et la saison. Les sources de poussière les plus importantes semblent être les animaux et leurs excréments.

Les résultats de Guarino et al. (1999) montrent que la concentration de poussière était significativement plus élevée pendant la période de distribution des aliments et de nettoyage du grattoir, que pendant la nuit. De plus, la quantification de l'effet de la poussière totale et de la fraction respirable sur la mortalité des oiseaux a montré qu'une augmentation d'un point de la poussière totale et de la fraction respirable entraîne respectivement deux et neuf autres oiseaux morts.

4-9 Ascites et syndrome de mort subite

D'après Welfare Quality (2009), l'ascite est une accumulation des tissus fluides dans les sacs aériens des poumons et de l'abdomen qui résulte d'une insuffisance cardiaque. L'ascite et le syndrome de la mort subite sont des maladies létales d'origine métabolique. Il existe une prédisposition génétique pour ces deux maladies ainsi qu'un lien entre la vitesse de croissance et l'ascite et probablement aussi le syndrome de mort subite (Arnould et al., 2011).

5-Effets du bien-être sur les performances des volailles

L'agriculture biologique est définie par les moyens de production, elle est considérée comme un cas particulier de certification. La prise en compte des besoins physiologiques et des contraintes éthologiques des animaux est considérée comme essentielle (ITAVI, 2002) : l'animal doit pouvoir exprimer son comportement social naturel et avoir accès à des parcours et la santé des animaux doit être préservée par la prévention.

Le mode de production biologique caractérise des denrées produites sans recours à des produits chimiques de synthèse et d'Organismes Génétiquement Modifiés (OGM), dans le respect de l'environnement, conformément à une réglementation spécifique et l'interdiction des acides aminés de synthèse fait qu'il est très difficile de satisfaire les besoins en protéines des animaux (Kaci, 2014). Avec une baisse de capacité de production de 31 % et l'inflation générale subie par le rayon volailles au cours de l'année 2001, le bio a été d'autant pénalisé qu'il se trouve à l'extrémité supérieure sur l'échelle des prix.

Les cages conventionnelles pour poules pondeuses seront interdites au 1er janvier 2012 et seuls les systèmes alternatifs et les cages aménagées seront autorisés. Le système d'élevage (cages aménagées et systèmes alternatifs) utilisé lors de la période de ponte, outre son impact sur leur bien-être, peut influencer les résultats zootechniques, la qualité des œufs et les conditions de travail de l'éleveur. D'une manière générale, les cages conventionnelles permettent l'obtention de meilleurs résultats que les autres systèmes, même s'il existe des exceptions. Les résultats obtenus en systèmes alternatifs sont généralement moins bons que ceux obtenus en cages aménagées et en cages conventionnelles (Michel et Huonnic, 2003 ; Magdelaine, 2005).

La proportion d'œufs cassés, fêlés ou souillés dépend principalement de la configuration du système de production : elle est souvent plus élevée en cages aménagées (Guémené et al., 2005 ; Mirabito et al., 2005) et en systèmes alternatifs, quand les œufs sont pondus hors du nid, qu'en cages conventionnelles.

La contamination des coquilles peut augmenter lorsque les œufs sont souillés par des fientes ou pondus dans des atmosphères chargées en poussières, ce qui arrivent plus

souvent en cages aménagées (Mallet et al., 2006) et dans les systèmes alternatifs (Cepero et al., 2002) qu'en cages conventionnelles. Toutefois des améliorations considérables ont été apportées dans la configuration et la conduite des cages aménagées (Guémené et al., 2004, 2005).

Les systèmes alternatifs demandent généralement plus de travail de la part de l'éleveur (ramassage des œufs au sol...) dans des conditions souvent moins bonnes qu'en cage : proximité avec les animaux, taux élevé de poussières dans l'air (Michel et Huonnic, 2003).

D'après Guinebretière et al. (2011), les cages aménagées permettent aux poules de satisfaire leurs besoins comportementaux (perchage, ponte au nid, picotage et grattage), une amélioration de la santé des poules notamment une réduction de la mortalité et une amélioration de l'emplumement des poules qualifiée d'importante ou de très importante. Ce système améliore le bien-être des poules en faisant généralement le constat que les animaux sont plus calmes, qu'ils ont davantage la possibilité de circuler et d'exprimer des comportements variés et qu'ils utilisent bien les perchoirs. Par contre, les poules en cages aménagées pondent davantage en dehors du nid sur l'ensemble de la période de ponte induisant une différence de qualité des œufs : meilleure dans les cages conventionnelles, plus d'œufs piqués et sales en cages aménagées. L'élevage des volailles s'est intensifié ces dernières décennies pour satisfaire la demande de plus en plus croissante générant de nombreux problèmes de bien-être.

La majorité des problèmes de bien-être concerne la production de type standard. L'un des plus visibles est la très faible activité des poulets (Arnould et Faure, 2004) qui augmente avec l'âge (McLean et al., 2002) et qui s'accompagne d'une restriction du répertoire comportemental (absence de certains comportements). Plusieurs points critiques en termes de bien-être ont été identifiés chez les poulets de chair et les reproducteurs. Ils relèvent de troubles comportementaux ou de problèmes de santé. La sélection pour une croissance très rapide et les pratiques d'élevage telles que la restriction en espace, l'environnement peu stimulant (équipements réduits aux mangeoires et abreuvoirs, uniformité de la litière, éclairage continu, alimentation *ad libitum*), ont conduit à ces modifications comportementales. Les réactions de peur peuvent également provoquer des comportements inadéquats tels que des mouvements de panique, entraînant des étouffements lorsque les animaux sont élevés en grands groupes et à de fortes densités (Arnould et Leterrier, 2007).

D'après les mêmes auteurs des solutions peuvent être apportées en utilisant des génotypes plus appropriés et en contrôlant certains facteurs liés aux conduites d'élevage : chargement, éclairage, alimentation, complexité de l'environnement d'élevage. Chez les reproducteurs, des solutions restent à trouver pour éviter l'important rationnement alimentaire et ses effets négatifs sur le bien-être. Il n'en reste pas moins que dans ces productions les contraintes

économiques limitent la marge de manipulation des facteurs majeurs influençant le bien-être : vitesse de croissance et chargement.

Les principaux problèmes de bien-être rencontrés dans les systèmes modernes de production intensive de poules pondeuses sont : le manque de place et la difficulté ou l'impossibilité d'exprimer certains comportements. Ce dernier point peut, dans certains cas, entraîner la frustration des poules et donc nuire à leur bien-être. La cage conventionnelle, très performante en termes économiques, permet de loger les poules pondeuses à des densités élevées mais dans un environnement pauvre, ne permettant pas aux animaux d'exprimer leur répertoire comportemental (Michel et al., 2007b).

Dans une synthèse sur les effets de l'ammoniac sur le bien être des volailles, Estevez (2002) pointe les points suivants :

- Les niveaux élevés d'ammoniac (supérieurs à 50 ppm) dans l'air des bâtiments avicoles sont à l'origine des niveaux accrus de kérato conjonctivites et trachéites. Ces dernières et les lésions pulmonaires rendent les oiseaux plus sensibles aux infections bactériennes telles qu'E. coli. L.
- Ces niveaux d'ammoniac sont également associés à une incidence élevée de dermatite de contact (pied, jarret, brûlures de poitrine) et boiteries. Beaucoup de ces pathologies peuvent être assez douloureuses et stressantes pour les oiseaux.
- En plus des conséquences sur le bien-être, des niveaux d'ammoniac supérieurs à 50 ppm ont un effet important sur le taux de croissance et la performance. Les niveaux d'ammoniac, plutôt que des facteurs comportementaux, sont les principales raisons de la croissance déprimée avec des densités d'élevage élevées

Références

- Afsharmanesh M., Lotfi M., Mehdipour Z. 2016.** Effects of wet feeding and early feed restriction on blood parameters and growth performance of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 2(3), 168-172.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654516300270>
- Algers B., Svedberg J. 1989.** Effects of atmospheric ammonia and litter status on broiler health. In *Proceedings of the Third European Symposium on Poultry Welfare: Tours, France, 11-14th June, 1989*/edited by Jean M. Faure and Andrew D. Mills. [Tours, France]: French Branch of the World's Poultry Science Assoc. 1989.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301758806>
- Anses. 2018.** Avis de l'Anses relatif au « Bien-être animal : contexte, définition et évaluation ». [https:// www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf](https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf)
- Arbor Acres. 2018.** Guide d'élevage du Poulet de Chair.
https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/French_TechDocs/AA-BroilerHandbook2018-FR.pdf
- Arnould C., Michel V., Duval E. 2011.** Sélection génétique et bien-être des poulets de chair et des reproducteurs. *INRA Productions Animales*, 24(2), 165-170.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01129545>
- Arnould C., Colin L. 2009.** Evaluation du bien-être des poulets de chair en élevage commercial. Premiers résultats français issus du projet européen Welfare Quality®. In 8. *Journées de la Recherche Avicole* (Vol. 8). ITAVI-Institut Technique de l'Aviculture.
<https://hal.inrae.fr/hal-02757544>
- Arnould C., Leterrier C. 2007.** Bien-être animal en élevage de poulets de chair. *Productions animales*, 20(1), 41-46. <https://hal.inrae.fr/hal-02665762>
- Arnould C., Boissy A., Meunier-Salaün M. C., Orgeur P., Coutellier L., Guemene D., Veissier I. 2005.** Émotions induites par une instabilité sociale: Validation de mesures de stress chronique en élevage. In 1. *Journées d'Animation Scientifique du Département de Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage*. <https://hal.inrae.fr/hal-02762872>
- Arnould C., Bizeray D., Faure J.M., Leterrier C. 2004.** Effects of the addition of sand and string to pens on use of space, activity, tarsal angulations and bone composition of broiler chickens. *Animal Welfare* 2004; 13:87-94.
<https://www.ingentaconnect.com/content/ufaw/aw/2004/00000013/00000001/art00013>

- Arnould C., Faure J. M. 2004.** Use of pen space and activity of broiler chickens reared at two different densities. *Applied Animal Behaviour Science*, 84(4), 281-296. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159103002193>
- Baratay É., Hardouin-Fugier E. 1998.** Zoos. Histoire des jardins zoologiques en Occident (XVIe-XXe siècle) [compte-rendu]. https://www.persee.fr/doc/rural_0014-2182_1998_num_147_1_3626_t1_0159_0000_2
- Barbara R., Valdivié M., Oraida D. 2006.** Extreme stocking densities in broiler chickens, according to the season. *Cuban journal of agricultural science*.vol.40 (2) :197-199.
- Bartussek H. 1999.** A review of the animal needs index (ANI) for the assessment of animals' well-being in the housing systems for Austrian proprietary products and legislation. *Livestock Production Science*, 61(2-3), 179-192. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301622699000676>
- Belaid-Gater N., Kadi S.A., Mouhous A., Oulkadi T., Nait Saada L. 2019.** Evaluation du bien-être des poules reproductrices chair en élevage industriel en Algérie. *13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 20 et 21 mars 2019.* PP : 802-806. <https://www.itavi.asso.fr/content/evaluation-du-bien-etre-des-poules-reproductrices-chair-en-elevage-industriel-en-algerie>
- Bessei W. 2006.** Welfare of broilers: a review. *World's Poultry Science Journal*, 62(3), 455-466. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/usyamak/110475/BroilerWelfare.pdf>
- Blokhuis H. J., Miele M., Veissier I., Jones B. 2013.** *Improving farm animal welfare: science and society working together: the Welfare Quality approach.* Wageningen Academic Publishers, Wageningen. 232 p.
- Blokhuis H. J., Van der Haar J. W. 1990.** The effect of the stocking density on the behaviour of broilers. *Archiv für Geflügelkunde*, 54(2), 74-77. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19902222915>
- Boissy A., Manteuffel G., Jensen M. B., Moe R. O., Spruijt B., Keeling L. J., Bakken M. 2007.** Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & behavior*, 92(3), 375-397.
- Born P.M. 1998.** Traitement des coups de chaleur chez les volailles. *Rev. Afrique agriculture*. N°259. Mai, 29p.
- Bouglier J., Gallouin F. 2002.** Cannibalism, Picage, Stress. In: Mazoyer M. Larousse Agricole, Larousse Ed., Paris, 131, 478, 594.

- Bougon M., L'Hospitalier R. 1985.** [Influence of a one-hour break during the night on laying-hen performance]. [French]. *Bulletin d'Information Station Experimentale d'Aviculture de Ploufragan*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR19870023531>
- Bouve C., Leroy C. 1999.** Maladies des animaux-Guide thérapeutique. Collectif Éditeurs. pp : 33-34.
- Brambell F. W. R. 1965.** Report of the Technical Committee to Enquire Into the Welfare of Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems, Cmd. 2386 (Great Britain. Parliament), H.M. Stationery Office, pp. 1-84 [« Le Rapport Brambell »] <http://docplayer.net/1260087-Technical-committee-to-enquire-into-the-welfare-of-animals-kept-under.htm>
- Brillard J. P. 2003.** Practical aspects of fertility in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 59(4), 441-446. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1079/WPS20030027>
- Broom D. M., Johnson K. G., Broom D. M. 1993.** *Stress and animal welfare* (Vol. 993). London: Chapman & hall. <https://biblioteca.izsler.it/indice/broostresanwe.pdf>
- Broom D. M. 1992.** Animal welfare: its scientific measurement and current relevance to animal husbandry in Europe. In *Farm Animals and the Environment* (pp. 245-253). CAB International, Wallingford.
- Bruce D. W., McIlroy S. G., Goodall E. A. 1990.** Epidemiology of a contact dermatitis of broilers. *Avian Pathology*, 19(3), 523-537. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03079459008418705>
- Buyse J. P. C. M., Simons P. C. M., Boshouwers F. M. G., Decuypere E. 1996.** Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. *World's Poultry Science Journal*, 52(2), 121-130.
- Campo J. L., Gil M. G., Torres O., Davila S. G. 2001.** Association between plumage condition and fear and stress levels in five breeds of chickens. *Poultry Science*, 80(5), 549-552. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119423699>
- Carenzi C., Verga M. 2009.** Animal welfare: review of the scientific concept and definition. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup1), 21-30. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4081/ijas.2009.s1.21>
- Cepero R., María G., Yangüela J. Buttow-Roll V.F. 2002.** Egg quality and production systems. Proc. Poultry Welfare Symposium, Int. Egg Commission, Sevilla, Espagne, 20-21 sept. 2002, 39-56.

- Clegg I. L., Borger-Turner J. L., Eskelinen H. C. 2015.** C-Well: The development of a welfare assessment index for captive bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Animal Welfare*, 24(3), 267-282. projet AWIN. [http:// www.animal-welfare-indicators.net/ site/](http://www.animal-welfare-indicators.net/site/)
- Cobb-Vantress. 2008.** Cobb 500. *Broiler Performance and Nutrition Supplements*. [https://www.winmixsoft.com/files/info/cobb500-broiler-performance-nutrition-supplement-\(english\).pdf](https://www.winmixsoft.com/files/info/cobb500-broiler-performance-nutrition-supplement-(english).pdf)
- Colas M., Mirabito L., Arnould C., Michel V. 2005.** Première approche des relations entre lésions indicatrices de bien-être mesurées à l'abattoir chez le poulet. In Session <https://hal.inrae.fr/hal-02764431>
- Collins L. M., Asher L., Pfeiffer D. U., Nicol C. J. 2008.** The effect of environment spatial clustering in laying hens. In: Proceedings of the 42nd Congress of the ISAE, Dublin (Ed. by L. Boyle, N. O'Connell, A. Hanlon), p. 181. Wageningen Academic Publishers.
- Conseil de l'Europe, 1976.** Convention européenne sur la protection des animaux dans les élevages. <http://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/rms/0900001680076dad>
- Danbury T. C., Weeks C. A., Waterman-Pearson A. E., Kestin S. C., Chambers J. P. 2000.** Self-selection of the analgesic drug carprofen by lame broiler chickens. *Veterinary Record*, 146(11), 307-311. <https://veterinaryrecord.bmj.com/content/146/11/307.short>
- Dawkins M. S., Edmond A., Lord A., Solomon S., Bain M. 2004.** Time course of changes in egg-shell quality, faecal corticosteroids and behaviour as welfare measures in laying hens. *Animal welfare-potters bar then wheathampstead-*, 13, 321-328.
- Dawkins M. S. 1988.** Behavioural deprivation: a central problem in animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 20(3-4), 209-225. <http://users.ox.ac.uk/~snikwad/resources/Behavioural-Deprivation.pdf>
- D'Eath R. B., Keeling L. J. 2003.** Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: from peck orders to social tolerance. *Applied animal behaviour science*, 84(3), 197-212. <http://doi:10.1016/j.applanim.2003.08.010>
- De Jong I. C., Voorst S. V., Ehlhardt D. A., Blokhuis H. J. 2002.** Effects of restricted feeding on physiological stress parameters in growing broiler breeders. *British poultry science*, 43(2), 157-168. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071660120121355>
- Duncan I.J.H., Fraser D. 1997.** Understanding animal welfare. In: Appleby MC, Hughes BO (eds) *Animal welfare*. CABI, Wallingford, pp 19–31

- Duncan I. J.H. 1993.** Welfare is to do with what animals feel. *Journal of agricultural and environmental ethics*.<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB19950039583>
- Duncan I. J. H., Hocking P. M., Seawright E. 1990.** Sexual behaviour and fertility in broiler breeder domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*, 26(3), 201-213. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90137-3](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90137-3)
- Ekstrand C., Carpenter T. E., Andersson I., Algers B. 1998.** Prevalence and control of footpad dermatitis in broilers in Sweden. *British poultry science*, 39(3), 318-324. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071669888845>
- Ekstrand C., Algers B., Svedberg J. 1997.** Rearing conditions and foot-pad dermatitis in Swedish broiler chickens. *Preventive Veterinary Medicine*, 31(3-4), 167-174. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167587796011452>
- Ellen H. H., Bottcher R. W., von Wachenfelt E., Takai H. 2000.** Animal housing, Dust, Poultry, Working environment *Journal of Agricultural Safety and Health*. 6 (4): 275-282.
- Elwinger K. 1995.** Broiler production under varying population densities: a field study. *Archiv für Geflügelkunde*, 59(4), 209-215. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=3623787>
- Estevez I. 2002.** Ammonia and poultry welfare. *Poultry Perspectives*, 4(1), 1-3. https://www.researchgate.net/profile/Inma_Estevez/publication/306535313_Ammonia_and_poultry_welfare/links/5d3fef484585153e592d0bcb/Ammonia-and-poultry-welfare.
- FAWC. 1979.** Farm Animal Welfare Council. Press statement. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121007104210/http://www.fawc.org.uk/pdf/fivefreedoms1979.pdf>
- Farm Animal Welfare Council. 1992.** FAWC updates the five freedoms *Veterinary Record* 17: 357.
- FAWC. 2009.** FAWC Report on Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future <https://www.gov.uk/government/publications/fawc-report-onfarm-animal-welfare-in-great-britain-past-presentand-future>
- Fraser D., Duncan I. J., Edwards S. A., Grandin T., Gregory N. G., Guyonnet V., Whay H. R. 2013.** General principles for the welfare of animals in production systems: the underlying science and its application. *The Veterinary Journal*, 198(1), 19-27. <https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/farawel/3>

Frayssé V., Mirabito L., Arnould C. 2001. Utilisation de l'espace par des poulets de chair «standards» et activité au niveau des abreuvoirs et des mangeoires selon leur localisation, 2001. *Èmes-journ, Rech, and. Avicole*, pp.105-108, 2001.

Gardiner E. E., Hunt J. R. 1984. Effect of dietary reserpine on the incidence of sudden death syndrome in chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, 64(4), 1015-1018. <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdfplus/10.4141/cjas84-114>

Gordon S. H. 1994. Effects of daylength and increasing daylength programmes on broiler welfare and performance. *World's Poultry Science Journal (United Kingdom)*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB9523326>

Gouveia K. G., Vaz-Pires P., Da Costa P. M. 2009. Welfare assessment of broilers through examination of haematomas, footpad dermatitis, scratches and breast blisters at processing. *Animal Welfare*, 18(1), 43-48.

Grandin T. 2013. Recommended Animal Handling, Guidelines & Audit Guide : A Systematic 947 Approach to Animal Welfare. American Meat Institute, 122 p.

Grashorn M., Seemann G., Thiele H. H. 1997. Sudden death syndrome and ascites in broiler. Is it possible to predict it through a determination of blood-troponin T-values? *Lohmann Information (Germany)*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DE1998A11393>

Groom G.M. 1990. Factors affecting poultry meat quality. In : *L'Aviculture en méditerranée, Options méditerranéennes série A*, no 7, 205-210. CIHEAM, Montpellier. <https://om.ciheam.org/om/pdf/a07/CI901594.pdf>

Guarino M., Caroli A., Navarotto P. 1999. Dust, Layer, Animal housing, Environment, Temperature, Relative humidity. *Transactions de l'ASAE. VOL. 42 (4): 1127-1134.*

Guémené D., Couty M., Simon E. 2005. La cage idéale : avec quels aménagements et pour quels génotypes ? Journée Nationale ITAVI des Professionnels de la pondeuse et de l'œuf de consommation, 8 Décembre 2005, Ploufragan, France, 9p.

Guémené D., Guesdon V., Moe R.O., Michel V., Faure J.M. 2004. Production and stress parameters in laying hens beak-trimmed or not, housed in standard or furnished cages. *Proc. 22nd World's Poult. Cong., Istanbul, Turquie, 8-13 Juin, 321(abstract), CDROM: [1225.pdf], 4p*

Guinebretière M., Guillaume G., Bignon L., Conan S., Audebet G., Huonnic D., Michel V. 2011. Aménagement des cages pour poules pondeuses : impacts économiques, sanitaires, zootechniques et sur le bien-être animal. *Innovations Agronomiques*, 17, 199-211. <https://hal.inrae.fr/hal-02642569/document>

- Harms R. H., Simpson C. F. 1977.** Influence of wet litter and supplemental biotin on footpad dermatitis in turkey poult. *Poultry Science*, 56(6), 2009-2012.
- 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. *British poultry science*, 48(3), 264-275. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00545316/document>
- Hepworth P. J., Nefedov A. V., Muchnik I. B., Morgan K. L. 2010.** Early warning indicators for hock burn in broiler flocks. *Avian Pathology*, 39(5), 405-409. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03079457.2010.510500>
- HMSO. 1965.** Report of the Technical Committee to Enquire Into the Welfare of Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems, Cmd. 2386 (Great Britain. Parliament), H.M. Stationery Office, pp. 1–84 « Le Rapport Brambell » <http://docplayer.net/1260087-Technical-committee-to-enquire-into-the-welfare-ofanimals-kept-under.html>
- ITAVI. 2007.** Situation de la production et des marchés avicoles. Le marché des volailles de chair. Doc. Econ. ITAVI. 9p.
- ITAVI. 2002.** "L'aviculture biologique communautaire face au règlement européen pour les productions animales biologiques : Compétitivité et évolution".
- ITAVI. 2001.** La production du poulet de chair. Paris. Mars 2001.
- Jenkins, R.L., Ivey, W.D., McDaniel, G.R., and Albert, R.A. (1979).** A darkness induced eye abnormality in the domestic chicken Poult. Sci., 58 (1979), pp. 55-59
- Jensen P. 2006.** Domestication—from behaviour to genes and back again. *Applied animal behaviour science*, 97(1), 3-15.
- Jensen, P., Toates F. M. 1997.** Stress as a state of motivational systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 53(1-2), 145-156.
- Kaci A. 2014.** Les déterminants de la compétitivité des entreprises avicoles algériennes. Thèse Doctorat. ENSA, El Harrach, Algérie. 274p.
- Kadi S.A., Bouchema A., Mouhous A. 2015.** Evaluation du bien-être des poulets de chair en élevage industriel en Algérie. *11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras*. Tours (France), 25- 26/3/2015: 989-994
- Kalmar I. D., Vanrompay D., Janssens G. P. 2013.** Broiler ascites syndrome: collateral damage from efficient feed to meat conversion. *The Veterinary Journal*, 197(2), 169-174.

Kaukonen E. 2017. Housing conditions, broiler, and broiler breeder welfare: the effect of litter condition on contact dermatitis in broilers and breeders, and the effect of elevated structures on broiler leg health.

<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/183811/Housingc.pdf?sequence=1>

Kaukonen E., Norring M., Valros A. 2016. Effect of litter quality on footpad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian pathology*, 45(6), 667-673.

Kestin S. C., Knowles T. G., Tinch A. E., Gregory N. G. 1992. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Veterinary Record*, 131(9), 190-194.

Khurshid A., Khan A. A., Banday M. T., Ganai A. M., Khan H. M., Choudhary A. R., Ashaq Manzoor I. A. 2019. Effect of feed restriction on performance of broiler chicken. *J. Entomol. Zool. Stud*, 7, 1054-1056.

Kjaer J. B., Su G., Nielsen B. L., Sørensen P. 2006. Foot pad dermatitis and hock burn in broiler chickens and degree of inheritance. *Poultry science*, 85(8), 1342-1348.

Le Menec M. 1987. La maîtrise de l'ambiance dans les bâtiments d'élevages avicoles. *Bull. Inf. Stn Exp. Avicult. Ploufragan*, 27, 3-36.

Le Menec M. 1980. Air-conditioning of poultry housing in relation to animal physiology humidity, temperature, ventilation; France; turkeys, chickens (to be continued). French. *Aviculteur* <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR19810646582>

Magdelaine P. 2005. Performances techniques en élevage de pondeuses et coût de production de l'œuf de consommation. Journée Nationale ITAVI des Professionnels de la pondeuse et de l'œuf de consommation, 8 Décembre 2005, Ploufragan, France, 5p.

Magnin M., Bouvarel I. 2011. Gérer l'alimentation pour contribuer au bien-être des poulets de chair. *INRA Productions Animales*, 24(2), 181-190.

Mahmood S., Mehmood S., Ahmad F., Masood A., Kausar R. 2007. Effects of feed restriction during starter phase on subsequent growth performance, dressing percentage, relative organ weights and immune response of broilers. *Pakistan Veterinary Journal*, 27(3), 137.

Main D. C. J., Webster A. J. F., Green L. E. 2001. Animal welfare assessment in farm assurance schemes. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 51(S30), 108-113.

- Mallet S., Guesdon V., Ahmed A. M. H., Nys Y. 2006.** Comparison of eggshell hygiene in two housing systems: standard and furnished cages. *Br. Poult. Sci.*, 47, 30-35
- Mason G. J., Cooper J., Clarebrough C. 2001.** Frustrations of fur-farmed mink. <http://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/516/2/paper.pdf> *Nature*, 410(6824), 35-36.
- Maxwell M. H., Robertson G. W. 1998.** UK survey of broiler ascites and sudden death syndromes in 1993. *British poultry science*, 39(2), 203-215.
- McGeown D., Danbury T. C., Waterman-Pearson A. E., Kestin S. C. 1999.** Effect of carprofen on lameness in broiler chickens. *Veterinary Record*, 144(24), 668-671.
- McIlroy S. G., Goodall E. A., McMurray C. H. 1987.** A contact dermatitis of broilers-epidemiological findings. *Avian Pathology*, 16(1), 93-105.
- McLean J. A., Savory C. J., Sparks N. H. C. 2002.** Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density, as indicated by performance, health and behaviour. *Animal welfare-potters bar-*, 11(1), 55-74.
- Meluzzi A., Sirri F. 2009.** Welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup1), 161-173.
- Meluzzi A., Fabbri C., Folegatti E., Sirri, F. 2008a.** Survey of chicken rearing conditions in Italy: effects of litter quality and stocking density on productivity, foot dermatitis and carcass injuries. *British poultry science*, 49(3), 257-264. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071660802094156>
- Meluzzi A., Fabbri C., Folegatti E., Sirri F. 2008b.** Effect of less intensive rearing conditions on litter characteristics, growth performance, carcass injuries and meat quality of broilers. *British Poultry Science*, 49(5), 509-515. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071660802290424>
- Mench J. A. 2002.** Broiler breeders: feed restriction and welfare. *World's Poultry Science Journal*, 58(1), 23-29.
- Mench J., Keeling L. J. 2001.** The social behaviour of domestic birds. *Social behaviour in farm animals*, 177-211.
- Michel V., Arnould C., Mirabito L., Guémené D. 2007a.** Systèmes de production et bien-être en élevage de poules pondeuses. *Productions animales*, 20(1), 47-52. <https://hal.inrae.fr/hal-02664692/document>
- Michel V., Huonnic D., Maurice R., Lenotre Y., Guillaum M.T., Sgala C. 2007b.** Qualité de l'air en élevage expérimental de poules pondeuses : Caractérisation des composants

aériens et conséquences sur la santé humaine. <http://journées-de-la-recherche-foie-gras.org/PDF/B63-MICHEL-version-def>.

Michel V., Huonnic, D. 2003. A comparison of welfare, health and production performance of laying hens reared in cages or in aviaries. *British Poultry Science*, 44(5), 775-776.

Miele M., Veissier I., Evans A., Botreau R. 2011. Animal welfare: establishing a dialogue between science and society. *Animal Welfare*, 20(1), 103.

Millman S. T., Duncan I. J., Widowski T. M. 2000. Male broiler breeder fowl display high levels of aggression toward females. *Poultry science*, 79(9), 1233-1241.

Mirabito L., Coignard S., Travel A. 2005. Effet du mode de logement des poules pondeuses d'œuf de consommation sur les performances zootechniques et divers critères de qualité des œufs Résultats d'une étude en élevage de production. 6èmes Journ. Rech. Avicole, 30-31 mars, Saint-Malo, France, 24.

Moberg G. P. 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*, 1, 21. <http://dspace.fudutsinma.edu.ng/jspui/bitstream/123456789/1835/1/THE%20BIOLOGY%20OF%20ANIMAL%20STRESS%20%281%29.pdf#page=16>

Mormède P., Boisseau-Sowinski L., Chiron J., Diederich C., Eddison J., Guichet J. L., Meunier-Salaün M. C. 2018. Bien-être animal : contexte, définition, évaluation. *INRA Productions Animales*, 31(2), 145-162.

Mounaix B., Mirabito L., Boivin X., Herault F., Motard G., Bletterie N., Vidal M., Lipp A. 2016. Mémento « Bien-être de l'animal d'élevage ». Institut de l'Élevage, INRA, EPLEFPA du Périgord, Sup Agro Montpellier et ENFA.

Nagaraj M., Hess J. B., Bilgili S. F. 2007. Evaluation of a feed-grade enzyme in broiler diets to reduce pododermatitis. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 52-61. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119315922>

Navidshad B., Shivazad M., Shahneh A. Z., Rahimi G. 2006. Effects of feed restriction and dietary fat saturation on performance and serum thyroid hormones of broiler chickens. *Int. J. Poult. Sci*, 5, 436-440.

Newberry R. C., Hunt J. R., Gardiner E. E. 1988. Influence of light intensity on behavior and performance of broiler chickens. *Poultry Science*, 67(7), 1020-1025.

- Nicol C. J., Davies A. 2013.** Poultry welfare in developing countries. *Poultry development review. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*, 110-120. https://scholar.cu.edu.eg/wafaaabdelghany/files/book_41.pdf#page=116
- Nicol C. J., Caplen G., Edgar J., Browne W. J. 2009.** Associations between welfare indicators and environmental choice in laying hens. *Animal Behaviour*, 78(2), 413-424.
- NOVOgen White. 2019.** Guide d'élevage des pondeuses commerciales. <https://www.novoponte.fr/wp-content/uploads/2019/03/NovoWhite-Guide-Elevage.pdf>
- Olsson I. A. S., Keeling L. J. 2005.** Why in earth? Dustbathing behaviour in jungle and domestic fowl reviewed from a Tinbergian and animal welfare perspective. *Applied Animal Behaviour Science*, 93(3-4), 259-282.
- Pelé H. 1982.** Effet de la précocité sexuelle sur la production d'oeufs. *Rev-Aviculteur*. N°429, 43-45
- Poirel C. 1983.** Comment combattre les effets des chaleurs excessives ? *Rev. Avic.* N°436. Pp.35-38.
- Polten B. 2007.** Status of law making on animal welfare. *DTW. Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 114(3), 98-103. <https://europepmc.org/article/med/17419542>
- Proudfoot F. G., Hulan H. W., Ramey D. R. 1979.** The effect of four stocking densities on broiler carcass grade, the incidence of breast blisters, and other performance traits. *Poultry Science*, 58(4), 791-793.
- Rauw W. M., Kanis E., Noordhuizen-Stassen E. N., Grommers F. J. 1998.** Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock production science*, 56(1), 15-33.
- Rodenburg T. B., Koene P. 2003.** Comparison of individual and social feather pecking tests in two lines of laying hens at ten different ages. *Applied Animal Behaviour Science*, 81(2), 133-148.
- Roguet C., Neumeister D., Magdelaine P., Dockès A. C. 2016.** Les débats de société sur l'élevage en Allemagne, au Danemark et aux Pays-Bas. *Notes et études socio-économiques*, (40), 65-91. <https://www.ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/roguet2016space.pdf>
- Rossigneaux R., Robineau B. 1992.** L'utilización de las vitaminas en avicultura. *Selecciones avícolas*, 34(7), 0456-466.
- Rossilet A., 1998.** Maîtrise technique et sanitaire des élevages avicoles. *Rev. Afrique agriculture*. N°259 Mai, pp 14-19.

- Russell W. M. S., Burch R. L. 1959.** *The principles of humane experimental technique*. Methuen. Universities 1016 Federation for Animal Welfare, Potters Bar. <http://117.239.25.194:7000/jspui/bitstream/123456789/1342/1/PRILIMINERY%20%20AND%20%20CONTENTS.pdf>
- Sahraei M. 2014.** Effects of feed restriction on metabolic disorders in broiler chickens: a review. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 30(1), 1-13. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-9156/2014/1450-91561401001S.pdf>
- Sanchez A., Plouzeau M., Rault P., Picard M. 2000.** Croissance musculaire et fonction cardio-respiratoire chez le poulet de chair. *Productions animales*, 13(1), 37-45. <https://hal.inrae.fr/hal-02698712/document>
- Sanotra G. S., Lund J. D., Ersøll A. K., Petersen J. S., Vestergaard K. S. 2001.** Monitoring leg problems in broilers: a survey of commercial broiler production in Denmark. *World's Poultry Science Journal*, 57(1), 55-69. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1079/WPS20010006>
- Saraiva S., Saraiva C., Stilwell G. 2016.** Feather conditions and clinical scores as indicators of broilers welfare at the slaughterhouse. *Research in veterinary science*, 107, 75-79.
- Sauveur B. 1996.** Photopériodisme et reproduction des oiseaux domestiques femelles. *Productions animales*, 9(1), 25-34.
- Sauveur B., Picard M. 1990.** Effets de la température et de l'éclairage appliqués à la poule sur la qualité de l'œuf. *Options Méditerranéennes, séries A*, (7), 211-226.
- Sauveur B. 1988.** *Reproduction des volailles et production d'œufs*. Edition Quae, 496p.
- Scawah. 2000.** The welfare of chickens kept for meat production (broilers). Report of the Scientific Committee in Animal Health and Animal Welfare. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General, Brussels, Belgium. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scawah/out39_en.pdf
- Teimouri A., Rezaei M., Pourreza J., Sayyahzadeh H., Waldroup P. W. 2005.** Effect of diet dilution in the starter period on performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Int. J. Poult. Sci*, 4(12), 1006-1011.
- Travel A., Nys Y., Lopes E. 2010.** Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'œuf. *INRAE Productions Animales*, 23(2), 155-166.

Trocino A., White P., Bordignon F., Ferrante V., Bertotto D., Birolo M., Xiccato G. 2020. Effect of Feed Restriction on the Behaviour and Welfare of Broiler Chickens. *Animals*, 10(5), 830.

Valancony H.1997. Les moyens de lutte contre le coup de chaleur. Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires, B.P. 53, 22 440 Ploufragan. Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 8-10 avril 1997.

Vander Horst. 1996. La production du poulet de chair. Ed. ITAVI. Paris.110p.

Veissier I., Miele M. 2015. Petite histoire de l'étude du bien-être animal : comment cet objet sociétal est devenu un objet scientifique transdisciplinaire. *INRA Productions Animales*, 28(5), 399-410.

Veissier I., Botreau R., Perny P. 2010. Evaluation multicritère appliquée au bien-être des animaux en ferme ou à l'abattoir : difficultés et solutions du projet Welfare Quality®. *INRA Productions Animales*, 23(3), 269-284.

Veissier I., Beaumont C., Lévy F. 2007. Les recherches sur le bien-être animal : buts, méthodologie et finalité. *INRA Productions Animales*, 20(1), 3-10.

Veissier I., Boissy A. 2007. Stress and welfare: Two complementary concepts that are intrinsically related to the animal's point of view. *Physiology & Behavior*, 92(3), 429-433.

Weaver Jr W. D., Meijerhof R. 1991. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. *Poultry science*, 70(4), 746-755.

Weeks C. A. 2008. A review of welfare in cattle, sheep and pig lairages, with emphasis on stocking rates, ventilation and noise. *Animal welfare*, 17(3), 275-284.

Weeks C. A., Danbury T. D., Davies H. C., Hunt P., Kestin S. C. 2000. The behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. *Applied animal behaviour science*, 67(1-2), 111-125.

Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® assessment protocol for cattle (fattening cattle, dairy cows, veal calves). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, the Netherlands, 182p.

http://www.welfarequality.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf

Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, the Netherlands, 114p. http://www.welfarequality.net/media/1018/pig_protocol.pdf

Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, the Netherlands, 111p. http://www.welfarequality.net/media/1019/poultry_protocol.pdf

Wideman R. F., Rhoads D. D., Erf G. F., Anthony N. B. 2013. Pulmonary arterial hypertension (ascites syndrome) in broilers: a review. *Poultry Science*, 92(1), 64-83. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911939827X>

Wolanski N. J., Renema R. A., Robinson F. E., Wilson J. L. 2004. End-of-season carcass and reproductive traits in original and replacement male broiler breeders. *Journal of applied poultry research*, 13(3), 451-460.

Zimmerman P. H., Pope S. J., Guilford T., Nicol C. J. 2003. Navigational ability in the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 80(4), 327-336. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159102002332>

Zubair A. K., Leeson S. 1996a. Compensatory growth in the broiler chicken: a review. *World's Poultry Science Journal*, 52(2), 189-201.

Zubair A.K., Leeson S. 1996b. Changes in body composition and adipocyte cellularity of male broilers subjected to varying degrees of early-life feed restriction. *Poultry science*, 75(6), 719-728.

Chapitre 2 : Performances des élevages avicoles

L'objectif de l'élevage de la poule reproductrice et du coq reproducteur, type chair ou type ponte, est de permettre à ces animaux de transmettre à leurs progénitures tous les caractères recherchés tout en gardant leur potentiel de reproduction intact. Dans le cas de la reproductrice type chair, l'objectif est de transmettre une croissance rapide, une bonne efficacité alimentaire et une excellente qualité de viande. Pour la reproductrice type ponte, le but est de transmettre une intensité de production élevée, une meilleure efficacité alimentaire et une bonne qualité des œufs. Pour obtenir les performances souhaitées, il est impératif de mener une conduite rationnelle et attentive.

La production des œufs de consommation doit répondre à de nombreuses exigences, qu'elles soient techniques (gestion de l'alimentation, des bâtiments et des parcours), zootechniques (performances de production, génétique, santé), sociales (organisation du travail) et bien sûr économique (rentabilité, viabilité), toutes liées entre elles.

1-Performances des reproducteurs chair et poules pondeuses

L'élevage des reproducteurs est orienté vers la production des œufs à couver dont l'objectif est d'obtenir après incubation des poussins d'un jour de qualité avec un taux d'éclosion le plus élevé possible (Champagne et Gardin, 1994).

Une poule pondeuse produit plus de 300 œufs/an, soit plus de dix fois son poids vif. La transformation avec une grande efficacité de l'aliment, constitué majoritairement de matières premières végétales, en protéines animales de haute valeur biologique constitue un véritable défi métabolique pour la poule. Son alimentation est cruciale pour optimiser l'excellent potentiel génétique des lignées modernes en termes de performance de production mais aussi de qualité de l'œuf de consommation (Bouvarel et al., 2010). De nombreuses stratégies, génétiques ou nutritionnelles, ont été mises en œuvre pour contrôler la dégradation de la qualité de l'œuf associée à l'âge de la poule. L'environnement, notamment la lumière et la température, affecte également la physiologie de la poule et ses performances (Travel et al., 2010).

1-1 Durée de ponte

La durée de production des poules pondeuses en cage varie de 56 à 59 semaines (ITAVI, 2017). D'après Cloutier et Lemelin (2018), la production d'œufs débute aux alentours de la 19^{ème} semaine d'âge (l'âge d'entrée en ponte) et se poursuit jusqu'à la 70^{ème} semaine d'âge (l'âge de réforme), ce qui correspond à un cycle de ponte de 12 mois soit 52 semaines. D'après les guides d'élevage et de la gestion des poules pondeuses des souches Tétra-SL et ISA Brown, la durée de production peut s'étaler de 18 à 90 semaines d'âge soit une durée de ponte de 72 semaines et celle de la souche Hy-line est de 18 à 100 semaines d'âge soit

une durée de ponte de 82 semaines (ISA Brown, 2009 ; Tétra-SL-LL, 2018 ; Hy-Line, 2018a et b). La durée de production des reproducteurs chair est plus courte que celles des poules pondeuses, elle est de 24 à 65 semaines pour la souche Cobb500, soit une durée de production de 41 semaines (Cobb 500, 2010) et de 25 à 64 semaines pour la souche Arbor Acres, soit une durée de ponte de 39 semaines (Arbor Acres, 2016).

1-1-1 Âge d'entrée en ponte

La maturité sexuelle correspond à la date d'apparition du premier œuf (Pelé, 1982). Sauveur (1988) rapporte que les conditions d'élevage jouent un rôle très important sur la maturité sexuelle et la croissance des poules et confirme qu'un programme lumineux inadapté influe sur la croissance et retarde le développement physiologique de l'oviducte.

D'après Sauveur (1996), une maturité sexuelle très précoce induit une ponte des œufs à faible poids (-52 g) et une plus grande fragilité des coquilles même en fin de ponte. Donc l'âge à l'entrée en ponte des femelles doit être l'objet d'un contrôle strict.

D'après les guides d'élevage (Cobb 500, 2010 ; Arbor Acres, 2016 ; Hubbard, 2017a), l'âge d'entrée en ponte est tardif chez les reproducteurs. Selon les souches des poules pondeuses l'âge d'apparition des premiers œufs varie de 18 à 20 semaines et celui des reproducteurs de 23 à 25 semaines d'âge.

1-1-2 Âge de réforme

Dans les élevages industriels modernes, une production inférieure à 50% des reproductrices est jugée non rentable, ce qui explique la réforme des poules à 64 et 66 semaines (ISA, 2004). Selon Henry (2006), les poules sont réformées à l'âge de 64 à 68 semaines après une phase de reproduction qui commence de 23 à 26 semaines. D'après les guides d'élevage des souches, l'âge de réforme des reproducteurs est beaucoup plus précoce que celui des poules pondeuses. L'âge de réforme des poules pondeuses, respectivement pour la souche Tétra SL et la souche Hy-Line (Tétra-SL-LL, 2018 ; Hy-Line, 2018a et b), est de 90 semaines et 100 semaines. Pour les reproducteurs chair, l'âge de réforme varie entre 60 et 65 semaines pour la souche Cobb500 et pour la souche Arbor Acres la réforme est à 64 semaines d'âge avec un taux de production de 50% à cet âge (Cobb 500, 2010 ; Arbor Acres, 2016).

1-2 Nombre d'œufs pondus par poule

Selon L'Hospitalier et al. (1986), les performances en période de ponte varient selon la souche. En effet, les souches naines produisent un plus grand nombre d'œufs que celui des souches lourdes (162 contre 155). Il existe une corrélation négative entre le poids de la poule et le nombre d'œufs pondus (INRA, 2002).

Le guide de la souche Tétr-SL (Tétr-SL-LL, 2018) préconise un nombre total d'œufs par poule présente de 420 à 425 œufs à 90 semaines qui est proche du nombre recommandé par le guide de la souche Hy-Line (Hy-Line, 2018a et b) à savoir 418 à 432 œufs cumulés par poule présente au même âge (90 semaines) et de 286 à 295 œufs cumulés par poule présente à 65 semaines d'âge. Cette production est beaucoup moins élevée chez les reproducteurs de la souche Cobb 500 (Cobb 500, 2010) dont le nombre total d'œufs varie de 166 à 181 œufs/poule à 65 semaines d'âge alors qu'il est de 189 œufs/poule à 64 semaines d'âge pour la souche Arbor Acres (Arbor Acres, 2016).

L'alimentation des poulettes puis des poules influence la masse d'œuf globale *via* le nombre ou le poids des œufs mais n'affecte pas la composition des constituants majeurs de l'œuf en ne modifiant d'ailleurs que très modérément les proportions d'albumen et de jaune (Bouvarel et al., 2010).

D'après FAO (2010), le nombre total d'œufs produits par poule par cycle de production peut être calculé comme suit :

$$\frac{\text{Nombre total d'œufs produit par souche pendant un mois}}{\text{Nombre total des poules vivantes de la même souche pendant le mois}}$$

1-3 Taux de ponte

Pelé (1982) indique que selon la souche exploitée, le maximum de ponte (80%) est atteint entre la 18^{ème} et la 25^{ème} semaine ou entre la 22^{ème} et la 24^{ème} semaine selon l'âge d'entrée en ponte de la poule (précoce ou tardive). Les reproductrices présentent un pic de ponte moins élevé que les poules pondeuses (Larbier et al., 1978). Cette différence est liée à leur potentiel génétique orienté vers l'obtention d'une meilleure croissance possible sur le produit final. Le nombre d'œufs pondus par une reproductrice jusqu'à la réforme (64 semaines) varie entre 160 à 170 œufs à couver contre 220 œufs par poule départ chez les poules pondeuses. D'après les guides d'élevage (Tétr-SL-LL, 2018 ; Hy-Line, 2018a et b), le pic de ponte est de 95 à 96% pour les pondeuses (Tétr SL, Hy Line) et de 88% pour les reproductrices Arbor Acres (Arbor Acres, 2016). Belaid-Gater et al. (2019) ont enregistré une production moyenne d'œufs par poule pondeuse présente de 271 ± 20 pour une durée de production moyenne de 54 ± 6 semaines, alors que Par souche, la production a été respectivement de 277 ± 38 , 285 ± 20 et 284 œufs/poule pour les souches Tétr-SL, ISA Brown et Hy-Line respectivement.

La production d'œufs se révèle maximale dans la zone de neutralité thermique. Elle chute d'une manière importante (de plus de 20 points) lorsque les poules sont exposées de manière constante à de fortes températures (30°C) si l'aliment n'est pas modifié (Sauveur, 1988 ; Balnave et Brake, 2005). Le pic de ponte est diminué et la courbe de ponte décline

plus rapidement que celle obtenue en température normale. Le pic de ponte est atteint lorsque le troupeau est homogène. L'homogénéité dépend des conditions d'élevage et de la conduite des poules (programmes lumineux, densité, alimentation et état sanitaire) (Larbier et Leclercq, 1992).

Selon Pascale et Franz (2003), le taux de ponte par poule présente peut être calculé par le rapport :

- Taux de ponte par poule présente (TPPP)

$$TPPP = \left(\frac{\text{Nombre d'œufs pondus en } k \text{ jours}}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} \right) * 100$$

$n_1, n_2, \dots, n_k$ correspondent respectivement à l'effectif de poules présentes aux jours 1, 2 et k . ce paramètre permet de prendre en compte la mortalité en cours d'élevage.

Selon Henry (2006), les modes de calcul du taux de ponte sont :

- Taux de ponte par poules départ (TPPD)

$$TPPD = \left(\frac{Q}{NK} \right) * 100$$

Q : nombre total d'œufs produits pendant K jours

K : nombre de journées pondeuses.

N : effectif départ.

-Taux de ponte par poules présentes (TPPP)

$$TPPP = \left(\frac{Q}{n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_k} \right) * 100$$

$n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_k$: Somme des poules présentes chaque jour depuis le jour 1 jusqu'au jour K.

Le taux de ponte est calculé sur la base journalière ($K = 1$) ou sur une base hebdomadaire ($K = 7$) et sur des périodes de 4 semaines ($K = 28$).

1-4 Poids moyen de l'œuf

Selon Pascale et Franz (2003), la réglementation européenne classe les œufs par tranche de poids donc c'est un critère marchand très important. La classification européenne de poids des œufs se décline ainsi : **S (petit)** : inférieur à 53g ; **M (moyen)** : se situe entre 53g et 63g ; **L (gros)** : se situe entre 63g et 73g et **XL (très gros)** : supérieur à 73g.

L'analyse de la tendance du poids de l'œuf est très utile pour suivre la performance d'un lot et c'est un indicateur précoce de problèmes (Cobb, 2008).

Le poids de l'œuf augmente considérablement au cours de l'année de production mais cette évolution ainsi que le poids moyen de l'œuf dépendent de la lignée de poule, notamment en liaison avec son poids corporel (Travel et al., 2010). En effet, le poids des œufs d'une jeune poule atteint 60 g à 26 semaines puis tend à se stabiliser à 65 g à partir de 50 semaines. Il s'élève à environ 68 g vers 80 semaines d'âge (Beaumont et al., 2010). D'après le guide d'élevage des reproducteurs de la souche Cobb 500 (Cobb 500, 2010) il dépend aussi du niveau de production des poules ainsi que de celui de la nutrition. Le poids des œufs des poules de cette souche varie de 65,9 à 69,9g. Le poids moyen des œufs de consommation de la souche Tétr SL est de 63,3g (Tétr-SL-LL, 2018) et le poids maximum de la souche Hy line est de 66g (Hy-Line, 2018a et b).

Le poids moyen de l'œuf augmente légèrement avec l'augmentation de l'ingéré énergétique comme il est fonction de la quantité de protéines ingérées (Leeson et al., 2001 ; Jalal et al., 2006 ; Valkonen et al., 2008). D'après les mêmes auteurs l'ingestion d'un gramme de protéines par jour en plus entraîne en moyenne une augmentation du poids de l'œuf de 1,3 g.

D'après Conan et al. (2009), le poids moyen de l'œuf est calculé comme suit :

$$\text{Poids moyen des oeufs (g)} = \frac{\text{masse des oeufs (g)}}{\text{nombre d'oeufstotal produit}}$$

1-5 Taux de casse

Le calcium est un nutriment clé de la solidité de la coquille (Nys, 2001). Classen et Scott (1982) , Sauveur (1987) et Hartel (1990) indiquent que les besoins en calcium sont de l'ordre de 0,9 à 1,2% pour la période de croissance durant la phase poulette, de 2 à 2,5% pour le stockage dans l'os médullaire, environ deux semaines avant la ponte, et de 3,5 à 4% pour la formation de l'œuf en période de ponte. Les pertes causées par des défauts de la coquille d'œuf varient de 6 à 8% des œufs pondus (Roland, 1986).

Le taux d'œufs cassés et fêlés est faible en début de production puis augmente au cours d'un cycle de ponte, pour atteindre à la fin d'une année de production des valeurs autour de 12 voire autour de 20% dans certains élevages, selon les conditions de management, d'alimentation et d'environnement (Sauveur, 1988 ; Nys, 2010). D'après le guide d'élevage des pondeuses commerciales (Novogen Brown, 2017), la qualité et la coloration de la coquille dépendent avant tout de la capacité de la poule à utiliser son calcium alimentaire au cours de la formation de la coquille. Une bonne alimentation calcique

améliore la qualité et la coloration de la coquille et prévient la déminéralisation du squelette (ostéoporose) et les fractures.

D'après Boudouma et Berchiche (2011), le taux de casse des œufs peut être calculé comme suit :

$$\text{Taux de casse (\%)} = \left(\frac{\text{Nombre d'œufscassés}}{\text{Nombre d'œufspndus}} \right) * 100$$

1-6 Taux d'éclosion

Le taux d'éclosion c'est le pourcentage de la production hebdomadaire de poussins viables qui est exprimé par le rapport d'œufs éclos sur le nombre d'œufs incubés (Lapao et al., 1999) :

$$\text{Taux d'éclosion (\%)} = \left(\frac{\text{Nombre de poussins brutes}}{\text{Quantité des œufs incubés}} \right) * 100$$

D'après le même auteur, ce taux est généralement inférieur chez les troupes âgées et diminue également à mesure que la durée d'incubation augmente. Dans le cas de la souche Cobb500, il est de 72% à 24 semaines et atteint un pic de 90% à 34 semaines d'âge puis diminue jusqu'à 78% à l'âge de 65 semaines (Cobb 500, 2010). L'éclosion est de 80% en début de ponte, avec un pic de 92%, puis diminue pour atteindre 76% en fin de production (Arbor Acres, 2016). D'après la même source, le taux d'éclosion diminue de 0,5% par jour entre 7 et 11 jours de stockage. Cependant, il est souvent suggéré que l'éclosion commence à se décliner après 7 jours de stockage (Mayes et Takeballi, 1984). En revanche, Oluyemi et George (1972) ont signalé que le stockage pendant 4 à 6 jours avait tendance à améliorer l'éclosion des œufs fertiles.

Morris (1973) a démontré que les œufs de taille moyenne présentent les meilleurs taux d'éclosion, alors que ceux des gros et des petits œufs sont faibles.

1-7 Consommation d'aliment

La productivité des poules est conditionnée par l'alimentation. En effet, Larbier (1990) précise que l'alimentation des reproductrices comme celle des pondeuses jouent un rôle primordial quant aux performances zootechniques. Chez les reproductrices, l'objectif n'est pas d'obtenir une croissance maximale mais au contraire de limiter celle-ci à un âge précoce (Saedeleer, 1979). Des programmes de restriction alimentaire tant qualitatifs que quantitatifs sont recommandés par les guides d'élevage des souches.

Les normes de la consommation moyenne préconisées par Van et al. (2006) sont de 100 à 120g/poule/jour. D'après une enquête réalisée auprès d'experts en nutrition, d'entreprises et d'éleveurs de poulettes et de poules pondeuses en production d'œufs de consommation,

Cloutier et Limelin (2018) rapportent que la consommation moyenne minimale est de 95g/poule/jour et la maximale est de 120g/poule/jour en période de production.

Les guides d'élevage des souches préconisent une moyenne de consommation de la souche Tétr-SL de 108 à 114g/j/poule et 107 à 113g/j/poule respectivement avec des durées de production de 62 et 72 semaines (Tétr-SL-LL, 2018). Pour la souche ISA Brown, la moyenne est de 111g/j/poule à 82 semaines d'âge (ISA Brown, 2011) alors que celle de la Hy-Line est de 105 à 112g/j/poule dans une durée de production de 82 semaines (Hy-Line, 2018a et b).

Belaid-Gater et al. (2019) ont enregistré une moyenne de consommation par poule par jour de $112,7 \pm 1,6$ g et la moyenne globale par cycle a été de 42 ± 6 kg. Par souche, la moyenne par cycle a été de $43,7 \pm 7$ kg/poule dans la souche Tétr-SL, de 40 ± 2 dans la souche ISA Brown et de 43 dans la souche Hy-Line. Pour les reproducteurs, la consommation moyenne quotidienne est plus élevée par rapport à celle des pondeuses, elle est de 140 à 170g/poule/jour en période de production qui s'étale à 64 semaines d'âge (INRA, 2002). Les normes préconisées par le guide de la souche Arbor Acres varie de 152 à 154g/poule/jour, au pic de ponte cette quantité s'élève et varie de 162 à 164g/poule/jour dans une durée de production de 40 semaines. La consommation moyenne quotidienne des coqs est de 158g/coq/jour avec la même durée de ponte (Arbor Acres, 2016). Les apports protéiques et énergétiques recommandés pour les coqs sont respectivement de 20 à 21% de protéines et 3000 à 3100 kcals d'énergie. A partir de la 3^{ème} semaine d'élevage, l'aliment distribué doit contenir moins de protéines et d'énergie (13% de protéines et 2650 Kcal d'énergie), compte tenu des besoins nutritionnels des coqs qui se limitent à leur entretien (Larbier et Leclercq, 1992).

Le problème majeur affectant la production d'œufs et le poids des œufs des souches modernes de poules pondeuses est la réduction de l'apport alimentaire, souvent observée au début de production d'œufs (Leeson et Summers, 2005). Une faible consommation entraîne des poules qui n'atteignent pas le poids standard à cet âge ce qui réduit la taille des œufs pendant tout le cycle de ponte (Harms et al., 1982 ; Leeson et Summers, 1987).

La consommation alimentaire individuelle (CAI) est égale à la quantité totale consommée divisée par le nombre de sujet (Villemin, 1984).

$$CAI = \frac{\text{Quantité d'aliment distribuée (g)} - \text{Quantité d'aliment refusée (g)}}{\text{Nombre de sujets}}$$

1-8 Indice de conversion alimentaire

Généralement, l'amélioration de l'efficacité alimentaire (réduction de l'indice de consommation, exprimé par le rapport de la masse d'aliment ingéré sur la masse d'œufs

produite) constitue un objectif commun à tous les sélectionneurs mais ces derniers se heurtent à des difficultés techniques, notamment pour mesurer de façon individuelle l'ingéré de chaque animal (Chapuis, 2010).

D'après Pascale et Franz (2003), l'indice de consommation correspond à la quantité d'aliment nécessaire fournie à une pondeuse pour obtenir une quantité donnée d'œufs.

Bordas et Mérat (1976) soulignent que l'efficacité de la conversion de l'aliment par les poules pondeuses dépend pour une large part de leur ponte et de leur poids corporel. Selon le guide d'élevage ISA (2000), les troupeaux dont le poids moyen est supérieur au standard ont une consommation élevée mais la masse d'œufs produite est considérable. Leur indice de consommation est comparable à celui de poules ou de troupeaux plus légers.

Dans les conditions de production en Algérie, Belaid-Gater et al. (2019) rapportent que l'indice de consommation moyen calculé pour une période de quinze années pour les poules pondeuses a été en moyenne de $2,61 \pm 0,1$. Par souche, il a été de $2,59 \pm 0,1$, $2,57 \pm 0,1$ et $2,93$ respectivement pour Tétra-SL, ISA Brown et Hy-Line. Ces indices sont relativement supérieurs à celui ($2,15$) préconisé dans les guides d'élevages des souches étudiées (Tétra-SL-LL, 2018 ; Hy-Line, 2018a et b ; ISA Brown, 2009).

1-9 Taux de mortalité

Selon Villemin (1984), le taux de mortalité correspond au rapport du nombre total de sujets morts sur l'effectif initial des sujets exposés pendant une période.

$$TM (\%) = \left(\frac{\text{nombre de morts au cours d'une période}}{\text{Effectif en début de la période}} \right) * 100$$

Le taux de mortalité (TM) peut être calculé par poule départ (l'effectif de poules mises en place) ou présentes (l'effectif réellement présent à la date considérée) (Pascale et Franz, 2003). Selon Pineau et Morinière (2010), le taux de mortalité représente le nombre de poules mortes sur le nombre de poules mises en production. Plus ce pourcentage est faible plus il traduit l'absence de problèmes sanitaires et d'ambiance sur le lot en cours. La mauvaise isolation des bâtiments, l'insuffisance de ventilation et parfois la défaillance du système de refroidissement conduisent à l'augmentation de la température au-delà de 20°C recommandée, ce qui entraîne un stress excessif des oiseaux qui meurent par hyperthermie (ITAVI, 2003). Une exposition prolongée à une température très élevée ($>40^{\circ}\text{C}$) se révèle létale pour les poules ; l'effet de la température est accentué par un haut degré d'humidité ou au contraire modéré par la ventilation du bâtiment (Yahav, 2009).

Dans un élevage bien organisé, la moyenne des pertes est d'environ 6 à 8 % par an, c'est-à-dire un peu plus de 0,5 % par mois (Van et al., 2006).

Selon le guide d'élevage des pondeuses de la souche Tétr-SL, le taux de mortalité ne doit pas dépasser 5 à 7% dans une durée de production de 18 à 90 semaines d'âge à une température du bâtiment de 20°C (Tétr-SL-LL, 2018). Le taux de mortalité de la souche Hy-Line augmente avec l'âge jusqu'à atteindre le taux le plus élevé à 100 semaines d'âge qui est 8,4% (Hy-Line, 2018a et b). Dans le cas de la souche ISA Brown, le taux de mortalité de 0,1% à 18 semaines d'âge et atteint 6,8% à 100 semaines d'âge (ISA Brown, 2009). Le taux de mortalité des reproducteurs chair de la souche Arbor Acres en période de ponte de 39 semaines est de 8% (Arbor Acres, 2016) et celui de la souche Cobb500 est moins élevé avec une période de ponte plus longue d'une semaine (40 semaines), il varie de 7,2% à 7,7% (Cobb 500, 2010).

2-Performances du poulet de chair

La production de poulet de chair correspond à une grande diversité de produits selon le type génétique, le poids, le mode d'élevage, les ressources alimentaires et l'âge d'abattage. Ainsi, des signes officiels de qualité vont distinguer les productions Label Rouge, Agriculture Biologique, Certification de Conformité ou AOP (Appellation d'Origine Protégée) d'une production dite « standard » qui reste cependant la production dominante (Agreste, 2015). A l'intérieur de la catégorie « standard », on distingue encore, selon les débouchés et leurs utilisations spécifiques, des sous-catégories de poids : poulet « export », « standard », « lourd », dont la principale caractéristique est d'exploiter des souches à croissance rapide abattues à des âges différents (Malher et al., 2015).

En élevage de poulet, de nombreux produits sont distingués, les différences portent sur les souches, l'alimentation, le bâtiment et la densité d'élevage (Beaumont et al., 2004).

2-1 Poids vifs à l'abattage

Il est classiquement admis que la sélection expliquerait au moins la moitié des gains de productivité, ce que confirment largement les calculs de Jégo et al. (1995).

Le poulet de chair a connu une amélioration spectaculaire de sa productivité, grâce aux progrès concomitants des méthodes d'élevage, de la nutrition, de la génétique et de la médecine vétérinaire. Ces progrès se sont traduits par une forte réduction de l'âge à l'abattage, principal déterminant de la qualité sensorielle de la viande (Beaumont et al., 2004).

D'après Jacquet (2007), le bilan technique considère l'âge moyen d'abattage de 42 jours en poulet standard ; 81 jours minimum en élevage de poulet label et bio et souvent entre 56 et 70 jours pour les différents poulets intermédiaires. Le poids vif moyen à l'abattage

est généralement compris entre 2,2kg et 2,4kg. Les données exactes concernant le poids vif et le coefficient de variation, pour chaque lot, sont essentiels pour planifier l'âge d'abattage et s'assurer qu'un maximum d'oiseaux entre dans l'intervalle de poids souhaité au moment de l'abattage (Arbor Acres, 2018).

Les enquêtes annuelles de l'ITAVI rapportent des résultats technico-économiques moyens annuels sur quelques souches de poulet de chair. L'âge d'abattage continue lentement de diminuer en passant de 35,8 à 35,6 jours en moyenne avec un poids vif de 1,8kg chez le poulet standard. La catégorie des poulets certifiés regroupe des animaux dont l'âge d'abattage se situe entre 46 et 58 jours et les poids vifs varient entre 1,9 et 2,3 kg. La durée d'élevage de poulet Label rouge, est en diminution depuis 2005 (où elle atteignait 90 jours), elle perd encore 1% entre 2013 et 2014 pour se fixer à 85,7 jours en moyenne et son poids vif à l'abattage est de 2,2kg. L'âge d'abattage de poulet biologique est de 86,2 jours avec un poids vif à l'enlèvement de 2,2kg (ITAVI, 2015).

2-2 Gain de poids

Le rapport poids moyen sur l'âge d'abattage mesure la vitesse moyenne de croissance appelée gain moyen quotidien. Ainsi, le gain moyen quotidien dépend du choix de la souche et des conditions d'élevage. Le gain de poids est l'augmentation de poids journalier entre deux âges, c'est un paramètre qui sert à la surveillance des performances de croissance dans les élevages et il indique la vitesse moyenne de croissance pendant une période déterminée (Dictionnaire des sciences animales, 2016).

Le Gain Moyen Quotidien (GMQ) caractérise la vitesse de croissance d'un lot de volaille de chair qui dépend de la souche et de la durée de l'élevage (Kaci et Cheriet, 2013). Le GMQ est calculé comme suit :

$$GMQ (g) = \frac{\text{Poids à l'abattage} - \text{Poids du poussin à la mise en place}}{\text{âge à l'abattage}}$$

Les résultats du bilan technique de Jacquet (2007) rapportent que le gain journalier moyen de poids en standard, se situe entre 52 et 57g ; en label et bio il avoisine 28g et pour les poulets de marque (intermédiaires), il se situe entre les deux précédents.

2-3 Rendement en carcasse

Le facteur génétique a une influence qui varie beaucoup selon la caractéristique de qualité considérée. Son influence est déterminante chaque fois qu'il s'agit de caractéristiques extérieures telles que la couleur de la peau ou les mensurations de carcasse. Elle est forte également pour tous les critères liés au rendement en viande et au développement des tissus adipeux (Ricard, 1990). D'après le même auteur le rendement en carcasse (RC) est calculé comme suit :

$$\text{Rendement en carcasse (\%)} = \frac{\text{Poids du poulet prêt à cuire}}{\text{Poids du poulet plein à l'abattage}}$$

En raison de la demande croissante en produits découpés et transformés, la tendance est à la production de poulet lourd. Les souches utilisées pour ce type de production ont été sélectionnées de manière intensive sur leur vitesse de croissance et leur rendement en filet (Baéza et al., 2012). Les poulets standards fournissent, proportionnellement au poids de carcasse, davantage de filet : 16,9 % vs 15,6 % pour les certifiés et 14,4 % pour les Label dans l'étude de Jehl et al. (2003). Or, ce sont les morceaux les plus valorisés, ce qui accorde un indéniable avantage aux poulet standard, en particulier en raison du fort accroissement de la vente de produits de découpe (Magdelaine et Philippot, 2000).

2-4 Consommation d'aliment

La consommation alimentaire des 10 à 14 premiers jours de vie du poussin représente une faible proportion de la quantité totale de l'aliment consommé et du coût de l'aliment jusqu'à l'abattage. Par conséquent, les choix concernant les formulations de démarrage doivent avant tout être fondés sur l'obtention d'une bonne performance biologique et d'une rentabilité globale, plutôt que sur les seuls coûts de ces formulations (Ross, 2018 ; Hubbard, 2017b). La transition entre l'aliment de démarrage et l'aliment de croissance doit être bien gérée pour éviter toute réduction de la consommation alimentaire ou de la croissance. Cependant, les aliments de finition sont généralement distribués à partir du 25^{ème} jour de vie, leurs objectifs c'est d'optimiser la rentabilité du type de produit fini.

Les tables de l'INRA (Larbier et Leclercq, 1992) recommandent pour un aliment démarrage destiné au poulet de chair de 1 jour à 3 semaines d'âge, une concentration énergétique avoisinant 3200 kcal/kg et une concentration protéique de 22 ou 23 %. La synthèse des protéines au niveau du corps augmentent significativement avec les quantités croissantes des protéines dans le régime jusqu'à la valeur de 200 g/Kg d'aliment (Tesseraud, 1995).

Une importante réduction de l'ingéré alimentaire provoque une baisse des performances de croissance (Smith et Mc Ghee, 1990) et à un effet direct sur les mécanismes physiologiques de l'animal (Geraert et al., 1996).

2-5 Indice de conversion alimentaire

Les productions standards génèrent nettement moins de rejets puisque l'augmentation de la vitesse de croissance jointe à la réduction de l'engraissement réduit fortement l'indice de consommation (Leclercq, 1999). Si l'indice de consommation de la plupart des volailles est dès l'origine plus favorable que celui des mammifères, des progrès considérables sont

réalisés en nutrition. Fruits de la recherche publique mais aussi privée, ils expliqueraient environ 30 % de l'évolution des performances (Sauveur, 1999).

L'indice de consommation est égal à la consommation alimentaire totale de la semaine divisée par le gain de poids total de la semaine (Villemin, 1984).

$$IC = \frac{\text{Quantité d'aliment consommée durant une période (g)}}{\text{Gain de poids durant la même période (g)}}$$

Il peut être aussi défini comme étant la quantité nécessaire d'aliment pour produire un kg de poids vif. Il augmente avec l'âge et prend en compte le gaspillage d'aliment et la mortalité.

Selon Sébastien et Pascal (2003), l'indice de consommation est le rapport entre les quantités d'aliments utilisées au cours de l'élevage et les quantités de volailles apportées à l'abattoir. Ce rapport exprime la quantité d'aliment nécessaire pour fabriquer 1Kg de volaille. Ainsi dans les conditions normales de conduite, la valeur de l'indice de consommation est comprise entre 1,9 et 2,1 ; soit une valeur moyenne de 2. Cette valeur signifie que le poulet consomme 2Kg d'aliment pour produire 1Kg de poids vif. Dans le cas où la valeur de l'indice de consommation est supérieure à la valeur standard, les causes peuvent être liées au gaspillage d'aliment, à la qualité de l'aliment, à la surconsommation de l'aliment, aux poussins de mauvaise qualité, à la quantité et la qualité d'eau d'abreuvement, aux conditions d'ambiance non respectées et au taux de mortalité (Henry, 2006).

2-6 Taux de mortalité

Selon Kaci et Cheriet (2013), le taux de mortalité est la différence entre les poussins reçus au départ et le nombre de poulets livrés à l'abattoir ; sa formule est la suivante :

$$\text{Taux de mortalité (\%)} = \left(\frac{\text{Nombre de sujets morts}}{\text{Effectif départ}} \right) * 100$$

Toute augmentation soudaine du taux de mortalité quotidien qui ne serait pas associée à une maladie spécifique peut alors être apparentée à une défaillance dans le domaine du bien-être animal (OIE, 2013). D'après Ross (2018), les causes possibles d'un taux de mortalité élevée (supérieur à 1%) à la première semaine, sont la qualité médiocre des poussins, démarrage incorrecte et appétit. L'origine possible des mortalités élevées après sept jours sont les maladies métaboliques (ascite et syndrome de mort subite), les maladies infectieuses et les problèmes au niveau des pattes.

2-7 Indice de performance

L'Indice de performance (IP) est une variable synthétique qui prend en compte plusieurs paramètres zootechniques (Kaci et Cheriet, 2013).

$$IP = \frac{\text{Gain moyen quotidien} * \text{Viabilité}}{\text{Indice de consommation} * 10}$$

Précisons que la viabilité (V), exprimée en %, est mesurée par la formule suivante :

$$V (\%) = 100 - \text{Taux de mortalité}$$

Donc IP peut se calculer ainsi :

$$IP = \frac{GMQ * (100 - \text{taux de mortalité})}{IC * 10}$$

D'après Kaci et Kheffache (2016), un faible indice de performance se traduit par un coût de production relativement élevé et un taux de profit négatif. Selon Mouhous et al. (2015), un IP supérieur à 150 signifie que les poulets enregistrent de bonnes performances techniques. Le facteur d'efficacité de la production (FEP), le coefficient de variation (CV %) et l'indice de consommation (IC) sont les paramètres clés de la performance (Arbor Acres, 2018).

$$FEP = \left(\frac{\text{Viabilité} * \text{poids vif (kg)}}{\text{âge (jour)} * IC} \right) * 100$$

Plus la valeur de FEP est élevée, meilleure est la performance technique.

$$CV (\%) = \left(\frac{\text{Ecart type}}{\text{poids corporel moyen}} \right) * 100$$

Plus le CV % est faible, plus le lot est uniforme et moins variable.

$$IC = \frac{\text{Aliment total consommé (kg)}}{\text{Gain de poids total (kg)}}$$

Plus l'IC est faible, plus l'oiseau (ou l'échantillon d'oiseaux) est efficace pour convertir l'aliment consommé en poids vif. L'amélioration de l'indice de consommation est favorisée par l'utilisation d'une ration plus énergétique, la présentation d'un aliment granulé, la stabilité de la qualité d'aliment et le choix des souches présentant une meilleure conversion de l'aliment (Fenardji, 1990).

Références

- Agreste.** 2015. Statistique agricole annuelle (SAA). <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/agreste-statistique-agricole-annuelle-saa/>
- Arbor Acres.** 2018. Guide d'élevage de poulet de chair. https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/French_TechDocs/AA-BroilerHandbook2018-FR.
- Arbor Acres plus.** 2016. Guide d'élevage des parentaux. Objectifs de performance des parentaux. http://tmea.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/French_TechDocs/AAFF-PS-PO-FR-2016
- Baéza E., Arnould C., Jlali M., Chartrin P., Gigaud V., Mercierand F., Berri C.** 2012. Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare, and technical and economic results. *Journal of Animal Science*, 90(6), 2003-2013. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/90/6/2003/4764698>
- Balnavé D., Brake J.** 2005. Nutrition and management of heat-stressed pullets and laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 61(3), 399-406. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1079/WPS200565>
- Beaumont C., Calenge F., Chapuis H., Fablet J., Minvielle F., Tixier-Boichard M.** 2010. Génétique de la qualité de l'oeuf. *INRA Productions Animales*, 23(2), 123-132.
- Beaumont C., Le Bihan-Duval E., Juin H., Magdelaine P.** 2004. Productivité et qualité du poulet de chair. *INRAE Productions Animales*, 17(4), 265-273.
- BELAID-GATER N., KADI S.A., MOUHOUS A., TAHIR L., HAMADACHE M.** 2019. Efficacité alimentaire des poules pondeuses dans un élevage industriel de production des œufs de consommation en Algérie. *13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 20 et 21 mars 2019*. PP : 535-538. <https://www.itavi.asso.fr/content/efficacite-alimentaire-des-poules-pondeuses-dans-un-elevage-industriel-de-production-des>
- Bordas A., Merat P.** 1976. Effect of laying on food and water intake in dwarf and normal hens. *British Poultry Science*, 17(4), 415-426. <https://doi.org/10.1080/00071667608416295>
- Boudouma D., Berchiche M.** 2011. Effect of hard wheat bran on performance of layers. *Livestock Research for Rural Development*, 23(8). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113272197>

Bouvarel I., Nys Y., Panheleux M., Lescoat P. 2010. Comment l'alimentation des poules influence la qualité des œufs ? *INRA Productions Animales*, 23(2), 167-182.
<https://hal.inrae.fr/hal-02667258>

DChampagne J., Gardin P. 1994. Les recettes des éleveurs performants. *Revue de l'aviculture* n° 559. Octobre 1994.

Chapuis H. 2010. Adapter ses choix génétiques. Cahier technique des œufs biologique. Institut technique de l'agriculture biologique (CRA Pays de la Loire).
<http://itab.asso.fr/downloads/cahiers-elevage/cahier-pondeuses-web>

Classen H.L., Scott T.A., 1982. Self-selection of calcium during the rearing and early laying periods of White Leghorn pullets. *Poult. Sci.*, 61, 2065-2074.

Cloutier L., Lemelin M. 2018. Guide Bilan Alimentaire, Outil de performances agronomiques pour estimer le phosphore d'un lieu d'élevage de poulettes ou de production d'œufs de consommation. La Fédération des producteurs d'œufs du Québec, CRAAC. 39p.
https://www.craaq.qc.ca/documents/files/Effluents_elevage/MDAGT017_bilan_oeuf_19_12_18_Final

Cobb 500. 2010. Supplément guide d'élevage des reproducteurs à emplumement rapide.
<https://www.yumpu.com/fr/document/view/24700792/supplement-guide-delevage-emplumement-rapide-cobb-vantress>

Cobb.2008. Guide d'élevage du poulet de chair Cobb. 70p. Site : cobb-vantress.com

Conan S., Gautier D., Dezat E., Christian N., Delabrosse C., Morinière F., Kerval G., Greffard B. 2009. Poules pondeuses avec parcours. Chambre d'agricultures. Bretagne. 2p.
www.Synagri.com

Dictionnaire des sciences animales. 2016. Coord. Ch. Meyer, J. Huguenin Cirad, 2016

Drogoul C., Gadoud R., Joseph M., Jaussiau R., Lisberny M., Mangeol B., Montmeas L., Tarrit A. 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, tome2 / Carole Drogoul / Educagri éditions. 310p.

FAO. 2010. Animal Genetic Resources. An international journal. Viale delle terme di Caracalla, 00153 Rome (Italie). 116p.

Fenardji F. 1990. Organisation, performances et avenir de la production avicole en Algérie. In : Sauveur B. (ed.). *L'aviculture en Méditerranée*. Montpellier : CIHEAM, 1990. p. 253-261 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 7)

Geraert P. A., Padilha J. C. F., Guillaumin S. 1996. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. *British Journal of Nutrition*, 75(2), 205-216.

Harms R. H., Costa P. T., Miles R. D. 1982. Daily feed intake and performance of laying hens grouped according to their body weight. *Poultry Science*, 61(6), 1021-1024.
<https://om.ciheam.org/om/pdf/a07/CI901578>

Hartel H. 1990. Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hens. *Brit. Poult. Sci.*, 31, 473-494.

Henry G. 2006. Elevage des reproducteurs chair. Fellah trade. [www.aviculture au Maroc](http://www.aviculture.ma).
https://www.fellah-trade.com/ressources/pdf/Elevage_poulet_chair.pdf

Hubbard 2017a. Guide reproducteurs.
https://www.hubbardbreeders.com/media/guidepsh1fr_064679500_1525_26062017

Hubbard 2017b. Manuel d'Élevage Poulet de Chair Croissance Rapide.
https://www.hubbardbreeders.com/media/20171016_manuel_delevage_poulet_de_chair_fr_lh_010114800_1218_26102017

Hy line 2018 a. Guide de gestion des pondeuses commerciales Hy-Line Brown.
<https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20FRN>

Hy-Line 2018 b. Management guide. Brown Commercial Layers–Australia.
<https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20AUS>

INRA 2002. Les principales races en aviculture : historique et évolution. INRA. 6 p.

ISA Brown 2011. Guide nutritionnel des pondeuses commerciales. Hendrix Genetics Company. <https://sansdents.com/wp-content/uploads/2019/02/Guide-nutritionnel-pour-les-commerciales-ISA-brown.pdf>

ISA Brown. 2009. Guide d'élevage général des pondeuses commerciales. Hendrix Genetics Company. <https://sansdents.com/wp-content/uploads/2019/02/ISA-BROWN-GUIDE-D%E2%80%99%C3%89L%C3%89VAGE-GENERAL-DES-PONDEUSES-COMMERCIALES>.

ISA 2004. Guide d'élevage des reproductrices chair souches ISA. www.isapoultry.com

ISA 2000. Guide d'élevage des parentales. <http://www.isapoultry.com>

ITAVI 2017. Performances techniques et coûts de production en Pondeuses et œufs de consommation. <https://www.itavi.asso.fr/content/performances-techniques-et-couts-de-production-resultats-2017>

ITAVI 2015. Performances techniques et coûts de production en volailles de chair, poulettes et poules pondeuses, Résultats 2014. <https://www.itavi.asso.fr/content/performances-techniques-et-couts-de-production-resultats-2015>.

ITAVI 2003. Production d'œufs de consommation en climat chaud. 1^{ère} édition. Paris. 120p

Jacquet M. 2007. Guide pour l'installation en production avicole. 2^{ème} partie, Production de poulet différenciée : Mise en place et résultats. FACW Edition. 37 p.

Jalal M. A., Scheideler S. E., Marx D. 2006. Effect of bird cage space and dietary metabolizable energy level on production parameters in laying hens. *Poultry Science*, 85(2), 306-311.

Jego Y., Besbès B., Donal J.L. 1995. Analyse de la variabilité génétique et de la réponse à la sélection dans deux lignées commerciales de poulet de chair. 2^{èmes} Journées de la Recherche Avicole, Tours 8-10 Avril, 125-127

Jehl N., Berri C., Le Bihan-Duval E., Baéza E., Picgirard L. 2003. Qualité technologique de la viande de poulet en relation avec le niveau de croissance des animaux. 5^{èmes} Journées de la Recherche Avicole, Tours 27-29 Mars, 449-452

Kaci A., Kheffache H. 2016. La production et la mise en marché du poulet de chair dans la wilaya de Médéa (Algérie) : nécessité d'une coordination entre acteurs. *Les cahiers du cread*, 118, 113-132.

Kaci A., Cheriet F. 2013. Analyse de la compétitivité de la filière de viande de volailles en Algérie : tentatives d'explication d'une déstructuration chronique. *NEW MEDIT*, 2, 11-21.

Lapao C., Gama L. T., Soares M. C. 1999. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. *Poultry science*, 78(5), 640-645.

Larbier M., Leclercq B. 1992. *Nutrition et alimentation des volailles*. Edition Quae, 356 p.

Larbier M. 1990. Besoins nutritionnels d'alimentation des poules reproductrices. In : Sauveur B. (ed.). *L'aviculture en Méditerranée. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*, 7, 47-53.

- Larbier M., Ferré R., Blum J. 1978.** Etude des besoins en acides aminés de la poule reproductrice compte tenu des performances de sa progéniture. *Proc. 16th World's Poult. Congr. Rio de Janeiro*, 7, 1115-1119.
- Leclercq B. 1999.** Les rejets azotés issus de l'aviculture : importance et progrès envisageables. *INRA Prod. Anim.*, 9, 91-101.
- Leeson S., Summers J. D. 2005.** Commercial poultry production. Nottingham University Press Edition. 413p.
- Leeson S., Summers J. D., Caston L. J. 2001.** Response of layers to low nutrient density diets. *Journal of Applied Poultry Research*, 10(1), 46-52.
- Leeson S., Summers J. D. 1987.** Effect of immature body weight on laying performance. *Poultry Science*, 66(12), 1924-1928.
- L'Hospitalier R., Bougon M., Le Menec M., Quémeneur P. 1986.** Evolution des performances des poules reproductrices de type chair et de leurs descendants de 1962 à 1985. *Bull. Inf. St. Exp. Avic. Ploufragan*, 26, 3-14.
- Magdelaine P., Philippot J.B. 2000.** Différenciation qualitative et développement de produits élaborés. *Viandes et produits carnés*, 21, 31-37.
- Malher X., Coudurier B., Redlingshöfer B. 2015.** Les pertes alimentaires dans la filière poulet de chair. *Innovations Agronomiques*, 48, 161-175.
- Mayes F. J., Takeballi M. A. 1984.** Storage of the eggs of the fowl (*Gallus domesticus*) before incubation: a review. *World's Poult. Sci. J.* 40:131–140.
- McLean J. A., Savory C. J., Sparks N. H. C. 2002.** Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density, as indicated by performance, health and behaviour. *Animal Welfare-Potters Bar-*, 11(1), 55-74.
- Morris T. R. 1973.** The Effects of Ahemeral Light and Dark Cycles on Egg Production in the Fowl. *Poultry Science*, Vol. 52, 2, 423-445,
- 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 région de Tizi-Ouzou en Algérie. Onzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours (France), 25 et 26 mars 2015. <http://www.itavi.asso.fr/download/8802>
- Novogen White. 2019.** Guide d'élevage des pondeuses commerciales – NOVOgen WHITE. <https://www.novoponte.fr/wp-content/uploads/2019/03/NovoWhite-Guide-Elevage>.

- Novogen Brown. 2017.** Guide d'élevage des pondeuses commerciales novoponte.
<https://www.novoponte.fr/wp-content/uploads/2019/03/Guide-Elevage-NovoBrown>
- Nys Y. 2010.** Structure et formation de l'œuf. In : Science et technologie de l'œuf et des ovoproduits. Nau F., Guérin-Dubiard C., Baron F., Thapon J.L. (Eds). Tec. et Doc Lavoisier, Paris, France, 1, Chap. 5, 141-152.
- Nys Y. 2001.** Recent developments in layer nutrition for optimising shell quality. 13th Eur. Symp. Poult. Nutr. Blankenberge, Belgique, 2001/09/30-10/04. WPSA, Belgium Branch, 45-52.
- OIE. 2013.** Préserver l'animal, protéger notre futur.
https://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Publications_%20%26_Documentation/docs/pdf/bulletin/Bull_2013-4-FRA.pdf
- Oluyemi J. A., George O. 1972.** Some factors affecting hatchability of chicken eggs. Poultry Sci. 51:1762–1763
- Pascale R., Franz G. 2003.** Etude des performances techniques et des indicateurs économiques en élevage des poules pondeuses situées dans les zones chaudes in production d'œufs de consommation en climat chaud. 1ère édition. Paris. P 13-19.
- Pelé H. 1982.** Effet de la précocité sexuelle sur la production d'œufs. Rev-Aviculteur.N°429, 43-45
- Pineau C., Morinière F. 2010.** Bien conduire son lot de poules. Cahier technique des œufs biologique. Institut technique de l'agriculture biologique (CRA Pays de la Loire).
<http://itab.asso.fr/downloads/cahiers-elevage/cahier-pondeuses-web>
- Ricard F. H. 1990.** Contrôle génétique de la qualité des carcasses de volailles. In : Sauveur B. (ed.). L'aviculture en Méditerranée. Montpellier : CIHEAM, 1990. p. 29-38 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 7).
<https://om.ciheam.org/om/pdf/a07/CI901575>
- Roland D.A. 1986.** Egg shell quality III: calcium and phosphorus requirements of commercial Leghorns. World Poult. Sci. J., 42, 154-164.
- Ross.2018.** Guide d'élevage de poulet de chair.
http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/French_TechDocs/Ross-BroilerHandbook2018-FR.
- Saedeleer. 1979.** Les besoins des souches reproductrices Hubbards. Revue. Avi.,10, 367-369.

- Sauveur B. 1999.** Les raisons du succès des filières avicoles en France et dans le monde. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 85(3), 93-104.
- Sauveur B. 1996.** Photopériodisme et reproduction des oiseaux domestiques femelles. *Productions animales*, 9 (1), 25-34. <https://hal.inrae.fr/hal-02695663/document>
- Sauveur B. 1988.** *Reproduction des volailles et production d'œufs*. Edition Quae, 496p.
- Sauveur B. 1987.** Effect of prelaying dietary calcium and phosphorus levels on growth and subsequent laying performance of pullets. 6th Eur. Symp. Poult. Nutr., Königslutter. WPSA, E18-E25.
- Sébastien P., Pascal R. 2003.** La production de poulets de chair en climat chaud. Edition ITAVI. 2^{ème} Edition, second trimestre, Avril, 2003. 17-110p.
- Smith M., Mc Ghee G. 1990.** Effect of early acclimation and photoperiod on growth of broilers subjected to chronic heat distress. *Poult. Sci*, 69(suppl 1), 192.
- Tesseraud S. 1995.** Métabolisme protéique chez le poulet en croissance. Effet des protéines alimentaires. Ed INRA. Prod anim. 8 (3), 197-212.
- Tetra-SL-LL .2018.** Guide de gestion des pondeuses commerciales Tétra-SL LL. <http://www.babolnatetra.com/wp-content/uploads/2019/12/tetra-sl-fr>
- Travel A., Nys Y., Lopes E. 2010.** Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'œuf. In : Numéro Spécial, Qualité de l'œuf. Nys Y. (Ed). Inra Prod. Anim., 23, 155-166.
- Valkonen E., Venäläinen E., Rossow L., Valaja, J. 2008.** Effects of dietary energy content on the performance of laying hens in furnished and conventional cages. *Poultry science*, 87(5), 844-852. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119388650>
- Van E.N., Maas A., Saatkamp H.W., Verschuur M. 2006.** Small- scale- chicken production. Fourth revised edition .Agrodok 4. Agrimissa Foundation and CTA, Wageningen, 91p.
- Villemin M. 1984.** Dictionnaire des Termes Vétérinaires et Zootechniques. Vol 470, Edition Vignot, France.
- Yahav S., Shinder D., Ruzal M., Giloh M., Piestun Y. 2009.** Controlling body temperature—the opportunities for highly productive domestic fowl. *Body temperature control (ed. AB Cisneros and BL Goins)*, 65-98.
- Yahav S. 2009.** Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. *World's Poultry Science Journal*, 65(4), 719-732. <https://www.doi:10.1017/S004393390900049X>

Partie 2 :

Partie pratique

ESSAI 1

BELAID-GATER N., MOUHOUS A., SAIDJ D., KADI S.A. 2021. Production performances of the poultry-laying sector in Algeria: data analysis of an table eggs production complex. *Agrobiologia*. (Under review).

PRODUCTION PERFORMANCES OF THE POULTRY-LAYING SECTOR IN ALGERIA: DATA ANALYSIS OF AN TABLE EGGS PRODUCTION COMPLEX

Belaid-Gater N.^{1,2}, Mouhous A.¹, Saidj D.³, Kadi S.A.¹

¹Department of Agronomical Sciences, Faculty of Biological and Agronomical sciences, Analytical biochemistry and biotechnology laboratory (LABAB), Mouloud Mammeri university, UN1501, Tizi-Ouzou, Algeria.

²Specialised Institute of Technology and Agricultural Means (ITMAS), Boukhalfa, Tizi-Ouzou, Algeria

³Veterinary Sciences Institute, Saad Dahleb University, B.P. 270, Route de Soumâa, 09000. Blida, Algeria

Corresponding author: e-mail: kadisiammar@yahoo.fr

Abstract: In Algeria, the production of table eggs largely covers the demands of the population. However, this sector is characterised by an important fluctuation in the quantities produced in both time and space. This fluctuation is one of the reasons for the volatility in market prices of this highly demanded product. One of the main causes of such fluctuation is the lack of technical management of the farms. It is in this perspective that we propose to evaluate the level of technical management of laying hens through the study of zootechnical performances over a period of 15 years in a specialised industrial rearing complex. The quality of the poultry buildings, the mechanisation of the operations, the size of the poultry population and the up-to-date records are the criteria that have motivated the choice of this complex. End-of-band results, weekly data sheets and rearing registries have been used to create the database containing the performance of more than 1.4 million layers. The Tetra-SL strain was the most exploited during the study period. Production duration varies from 42 to 64 weeks. Average mortality rate was very high (around 26%). Average feed consumption per hen was higher than 113 g/hen/day, average feed consumption per cycle was 63.41 ± 0.81 Kg/hen/cycle and conversion index 2.57 ± 0.23 . Average egg broken rate was $0.85 \pm 0.64\%$, eggs production per starting laying hen varied from one band to another, which strongly affected average egg laying rate that was $73.43 \pm 3.99\%$, egg laying rate achieved at peak laying was $89.68 \pm 6.01\%$. The level of these performances is close to the standard performances of the strains and satisfactory compared to that obtained in some regions in Algeria.

Keywords: hens, breeding, table eggs, strains, performance, feed.

Résumé : Performances de production de la filière avicole ponte en Algérie : Analyse des données d'un atelier de production des œufs de consommation

En Algérie, la production des œufs de consommation couvre largement les besoins de la population. Cependant, cette filière se caractérise par une importante fluctuation des quantités produites dans le temps et dans l'espace. Cette fluctuation est l'une des causes de l'instabilité des prix sur le marché de cette denrée très demandée. L'une des principales causes de cette fluctuation est la maîtrise de la gestion technique des élevages. C'est dans cette optique que nous nous proposons d'évaluer le niveau de maîtrise de l'élevage des poules pondeuses à travers l'étude des performances zootechniques obtenues sur une période de 15 années au niveau d'un centre d'élevage industriel spécialisé. La qualité des bâtiments, la mécanisation des opérations, l'importance des effectifs ainsi que la tenue à jour des enregistrements sont les critères qui ont motivé le choix de ce centre. Les bilans de fin de bande, les fiches hebdomadaires et les registres d'élevage ont été utilisés pour constituer la base de données contenant les performances d'un total de plus de 1,4 millions de poules. La souche Tétra-SL est la plus exploitée durant la période étudiée. La durée de production varie de 42 à 64 semaines. Le taux de mortalité moyen a été très élevé (près de 26%). La consommation moyenne d'aliment par sujet a été supérieur à 113 g/poule/jour, la consommation moyenne d'aliment par cycle est de $63,41 \pm 0,81$ Kg/poule/cycle et l'indice de conversion est de $2,57 \pm 0,23$. Le taux de casse moyen est de $0,85 \pm 0,64\%$, la production d'œufs par poule départ varie d'une bande à une autre, ce qui a fortement affecté le taux de ponte moyen qui est de $73,43 \pm 3,99\%$, le taux de ponte au pic de ponte réalisé est de $89,68 \pm 6,01\%$. Le niveau de ces performances est proche des performances des souches et satisfaisant par rapport à celui obtenu dans quelques régions en Algérie.

Mots clés : poule pondeuse, élevage, œufs de consommation, souches, performances, feed..

Introduction

The refocusing of Algerian livestock farmers towards intensive poultry production has become a major concern of the state since the 1980s, in order to increase the availability of animal protein induced by population growth, increasing urbanisation and massive salarisation (*Mahmoudi et al, 2019*).

National production of white meat increased considerably in 2017, reaching 5.3 million quintals, compared to 2.092 million quintals in 2009, an increase of 153%. Egg production for consumption has followed the same trend during the same period, increasing to 6.6 billion units produced in 2017, compared to 3.8 units in 2009. During the last ten years, poultry production has grown by 10.3% for white meat and 6.2% for table eggs (*MADR, 2018*).

However, intensification of the poultry sector is not without its problems. It is characterised by a significant fluctuation in the quantities of eggs produced in time and space. In terms of performance, it is still fragile and very sensitive to variations in both endogenous and exogenous actors, and price analysis shows that poultry markets are marked by relatively significant seasonal price variations (*Kaci, 2014*).

Thus, the poor production performance recorded in poultry farms (mortality of more than 10%, low average daily gain, loss of eggs and wastage of feed) is related to the characteristics of poultry farms and farmers (*Mahmoudi et al, 2015*). Technical, economic and socio-institutional factors are partly responsible for the poor performance of poultry farms and the instability of poultry product prices (*Kaci and Kheffache, 2016*).

According to the objectives traced by the growth plan of the Ministry of Agriculture in 2018, the poultry sector should produce in the future 8.9 billion table eggs, and the export of 700 million table eggs. Even though these objectives are being achieved, professionals are complaining about the irregularity of imports and input prices, which is one problem among others that causes the instability of the prices of this product on the market. There are also other insufficiencies that need to be resolved, particularly those related to the training of producers and the development of a plan to prevent the main diseases affecting poultry flocks (*MADR, 2018*).

It is in this context that we propose to assess the management level of laying hen rearing through the study of zootechnical performance recorded over a period of 15 years at a specialised industrial rearing complex in the region Bouira (Algeria).

Materials and methods

Poultry buildings and livestock management

The criteria for choosing a factory farming complex are the size of the hen population, the up-to-date recording system, the quality of the buildings and the mechanisation of operations. This complex has four 2.8m high, prefabricated, dark-type buildings with a surface area of 1296m² (12mx108m). Each building consists of a breeding area and a sanitary room and is equipped with five 142 cm wide batteries and 85cm between batteries. Each battery is designed in three superposed floors and is equipped with an automatic system for feeding, watering and evacuation of droppings. Temperature is set at 21°C with limits of 18°C and 24°C where the alarm is activated. Ventilation is dynamic and one-sided. Each building has 140 emergency openings in case of heatwave or failure of the ventilation system.

The air cooling system is of the pad-cooling type. Lighting is provided by 40w lamps, at a rate of 150 per building (6 rows of 25 lamps). They are fixed at 2m from the ground. The space between the lamps is 4m in length and 1m in width. The light intensity applied is 20 lux throughout the production period and is controlled by a dimmer located at the sanitary room level. All ambient factors are controlled by means of a control panel located in the sanitary room.

The strains used are Tetra-SL, ISA Brown and Hy-line. Only a single feed is distributed during the entire production period. It is based on maize, soybean cake, meal from milling and supplemented with limestone, bi-calcium phosphate and VMC. Each battery has an automatic trolley connected to the storage silo (with a capacity of 20 tons) by a pipe system. Distribution is done three times a day (at 8am, 10am and 2pm). Feed consumption is recorded by means of scales connected to the control box. Egg collection was automatic and became manual during the last two years.

Data collection and studied parameters

The study material consists of end-of-tape reports, weekly sheets and breeding records archived for 15 consecutive years (1997 to 2012), i.e. a total of 12 tapes. The collected data is entered and arranged in a table on Microsoft Office Excel®2013.

The parameters studied are:

- Number of hens starting.
- Laying age (weeks): this is the age at which the hens start laying.
- Culling age (weeks).
- Laying duration (weeks): this is the age of the hens at culling minus the age at which they start laying.
- Mortality rate (%) = $((\text{starting flock} - \text{remaining flock}) / \text{starting flock}) \times 100$.
- Consumption per cycle per hen (kg/hen) = amount of feed consumed per production cycle / the number of birds.
- Consumption per day per hen (g/hens per day) = total amount of feed consumed per day / number of hens
- Feed conversion index = quantity of feed consumed / (average egg weight x gross production).
Average egg weight = 60g.
- Egg production per starting hen: this is the number of eggs layed per hen during the entire production period.
- Peak laying rate (%): is the maximum egg production obtained during the entire production cycle.
- Laying rate (%) = $(\text{the number of eggs layed per day} / \text{the number of hens present}) \times 100$.
- Breakage rate (%) = $(\text{number of eggs broken} / \text{number of eggs laid}) \times 100$.

Statistical analyses

The recorded and/or calculated data were subjected to an analysis of variance using software R 3.6.1 with the band and strain as variation factors.

Results and discussion

Staffing levels

During the 15 years, the total number of laying hens raised was 1.43 million, with an average of 119104 ± 6114 hens per flock (Table 1) and an average of 30077 ± 2129 per building (Table 2), which is well above the average farm size in Algeria, estimated to 4705 laying hens per flock. This density is linked to the small surface area of the livestock buildings ($436\text{m}^2 \pm 162$), the under-utilisation of production capacity and the extensive nature of the production processes used (buildings with static ventilation) (Mahmoudi et al, 2015). The minimum implemented was recorded in the 8th band (107855 hens) and the maximum in the 10th band (134341 hens). This variability can be explained by a high level of mortality of hens during their transport from the production units of the pullets started to the production unit of table eggs.

Table 1. Number of laying hens installed between 1997 and 2012

Bands n°	Strains	Years	Total number of hens per year
1	Tetra-SL	1997-1998	117000
2	Tetra-SL	1998-1999	118770
3	Tetra-SL	1999-2001	117557
4	Tetra-SL	2001-2002	114790
5	Tetra-SL	2002-2003	121781
6	ISA Brown	2003-2004	117407
7	Tetra-SL	2004-2006	117165
8	Tetra-SL	2006-2007	107855
9	ISA Brown	2007-2008	119891
10	Hy-Line	2008-2010	134341
11	Tetra-SL	2010-2011	122450
12	ISA Brown	2011-2012	120242
Total			1429249
Mean $\pm$ Standard deviation			119104 ± 6114

Laying time

The laying duration is significantly longer in the 2nd band (Tetra-SL strain) and the 10 th band (Hy-Line strain), with 64 and 62 weeks respectively ($p < 0.001$; Table 2). According to Cloutier and Lemelin (2018), egg production begins around the 19th week of age (the laying age) and continues until the 70th week of age (the culling age), which corresponds to a 12-month laying cycle, i.e. 51 weeks. It is higher than the 59 ± 4 weeks recorded by Mahmoudi et al (2015) in Algeria in the M'sila region in private farms. It is also much higher than the French average in 2006, which was 48 weeks according to Pascale and Anne (2006). More recently, ITAVI (2017), on the

performance of caged laying hens in France, reports production durations ranging from 56 to 59 weeks.

The significant variation in laying duration over the 15 years is closely related to the significant variation in the age of laying (Table 2) as well as the variation in the age of culling which is later in the 2nd and 10th band (Table 2), respectively 84 weeks of age (Tetra-SL strain) and 83 weeks (Hy-Line strain).

According to the breeding and management guidelines for the Tetra-SL and Hy-line strains, the production period can be between 18 and 90 weeks of age respectively, i.e. a laying period of 72 weeks, and between 18 and 100 weeks of age respectively, i.e. a laying period of 82 weeks.

Mortality rate

The mortality rates (average 26%) are significantly different in the 12 bands ($p < 0.001$; Table 2). They are very high compared to the average (4.99%) recorded in eastern Algeria by *Alloui et al (2001)* and that (13.3%) reported for the M'sila region by *Mahmoudi et al (2015)*. They are also higher than the average of 7% recorded in Morocco (*Pascale and Franz, 2003*) and the French average of 6.1% (*Pascale and Anne, 2006*).

Mortality rates of hens per week according to the strains exploited, T  tra-SL, ISA Brown and Hy-Line, are significantly similar ($p = 0.369$; Table 3). These mortality rates during the overall average laying time per strain respectively 53 weeks (26.50%); 54 weeks (24%) and 62 weeks (26%) are also too high compared to the average recommended by the guides for the three strains, which are respectively 5% to 7% at a laying time of 72 weeks; 6% at a laying time of 72 weeks and 2.9% with the same laying time (62 weeks).

The highest peak mortality was observed in the 4th Tetra-SL strain band with a rate of 48.52%, i.e. a loss of 24,752 birds in a single night due to the failure of the ventilation and cooling system, which led to an increase in temperature and hen mortality. According to the strain's rearing guides, the mortality rate must not exceed 5 to 7% in a production period of 18 to 90 weeks of age and a building temperature of 20  C. The harmful effects of heat in poultry farming are known and have been widely studied (*Ain Baziz, 1996*).

Badly insulated buildings, insufficient ventilation and sometimes failure of the cooling system lead to an increase in temperature above the recommended 20  C, which causes excessive stress to the birds that die from hyperthermia (*Pavlovski et al, 2005*). Prolonged exposure to very high temperatures (42  C) is lethal to hens (*Yahav, 2009*).

The mortality rates recorded in the last three flocks can be explained by Marek's disease, which affected the flock. This disease poses severe threats to factory farming and the development of strategies to control it and is currently one of the greatest challenges according to *Payne and Venugopan (2000)*. This secular disease, introduced into Algeria in the 1990s with the importation of chickens (*Veterinary Services Direction, 2005*), is constantly reappearing in different types of farming (*Zeghdoudi et al, 2013*). According to *GIPAC-USSEC (2017)*, in poultry farms with increasingly efficient strains that are therefore more sensitive to farming stress, introduction of certain pathogens into the farm can lead to lower productivity and lower product quality, and even mortality. There is also an increase in mortality beyond 12 months of production, which can be explained by the overexploitation of hens. The mortality rate of the Hy-Line strain increases with age until it reaches its highest rate at 100 weeks of age, which is 8.4%. In the case of the ISA Brown strain, the mortality rate of 0.1% at 18 weeks of age reaches 6.8% at 100 weeks of age.

Daily feed consumption per hen

The quantities of feed consumed per hen per day are significantly different (Table 3) between the three strains (Tetra-SL, ISA Brown and Hy-Line) but remain within the standards of 100-120g/hen/day recommended by *Van Eekeren et al (2006)*. The strain rearing guidelines recommend an average feed consumption of the Tetra-SL strain of 108-114g/d/hen and 107-113g/d/hen respectively with production durations of 62 weeks and 72 weeks. For the ISA Brown strain, the average is 111g/d/poultry at 82 weeks of age, while for the Hy-Line, the average is 105-112g/d/poultry with a production duration of 82 weeks.

A decrease in feed consumption (Table 2) was recorded for hens of the ISA Brown strain at the 6th flock; this is related to the frequent interruption of feed supply, bad presentation and abrupt change in feed form during this rearing period. Feeding guides for laying hens recommend at least 75-80% of the feed should contain particles between 0.5 and 3.2mm in size, i.e. a maximum of 15% of particles smaller than 0.5mm and a maximum of 10% of particles larger than 3.2mm. Feed consumption is reduced by 4g/day when the feed is finely ground and leads to a reduction in the mass of egg produced (*ISA Brown, 1999*). Laying hens select their feed intake according to the relative size of the particles in relation to the beak. In the case of a mixture of whole wheat and a feed in the form of meal, animals preferentially ingest particles larger than 2 mm (*Dezat et al, 2009*).

The main problem affecting egg production and egg weight of modern strains of laying hens is the reduction in feed intake often observed at the beginning of egg production (*Leeson and Summers, 2005*). Low feed intake results in hens not reaching standard weight at this age, which reduces egg size throughout the laying cycle (*Harms et al, 1982; Leeson and Summers, 1987*).

Feed consumption per production cycle

The global average consumption per cycle per hen was significantly different from one band to another (Table 2). The 2nd and 10th bands had a high feed consumption of 76.2 kg/hen (Tetra-SL strain) and 72.7 kg/hen (Hy-Line strain) respectively, due to their production time, which was significantly longer at 64 and 62 weeks of age respectively.

The lowest significant overall average consumption per hen during its production cycle was recorded by the 4th flock (Tetra-SL strain), i.e. 50.1kg/hen over 41.75 weeks of production, but remains higher than that recommended by *Pineau and Morinière (2010)*, according to which the average consumption of a hen over its laying year should not exceed 44kg of feed.

Globally, the difference in the level of feed consumption per hen per production cycle observed from one flock to another can be explained by the length of exploitation of hens in the production phase, which varies from one year to another, pathological problems and breakdowns in the feed chain. In fact, through the study of the technical data sheets, we have noted the irregularity of the feed supply but also its bad presentation. Feed consumption increases with heavier grain size (*Safaa et al, 2009*).

It has been known for a long time (*Hill et al, 1956*) that hens, as is the case with other livestock, adjust their feed intake to meet their energy requirements and, therefore, an increase in

the energy concentration of the feed should reduce feed consumption proportionally. An increase in energy content could improve nutrient utilization and egg size (*Grobas et al, 1999*).

Bouvarel et al (2010) reviewed a series of experiments on laying hens over the last 20 years and reported that on average a 10% increase in the energy content of the feed resulted in a reduction in feed intake of only 5.5%.

Feed conversion ratio

The average feed conversion ratio or consumption index (CI) calculated over the study period is 2.57 ± 0.23 , which is significantly similar across the 12 bands ($p=0.433$; Table 2). It is higher than that recorded by *Alloui et al (2001)* in eastern Algeria, i.e. 2.43 ± 0.02 .

By strain, CI was significantly different in the three strains ($p=0.001$; Table 3). That recorded by the Hy-Line strain remains significantly better (2.36) with an eggs laying time of 62 weeks; but remains higher than that recommended by the strain's rearing guide with a shorter (40 weeks) and longer (80 weeks) laying time (1.87 to 1.99 and 1.98 to 2.10 respectively). It is higher than the results reported by *Magdelaine and Conter (2006)* for France (2.11) and Reunion Island (2.2). On the other hand, it is better than those reported by the same authors for the Ivory Coast (3.27) and Senegal (3.11). The variation in consumption indices per strain is closely linked to the significant difference in egg production and the quantity of feed consumed by the strains exploited.

Production per "starting hen"

This production was significantly different from one band to another ($p<0.001$; Table 2). The best production was recorded by the Tetra-SL strain (band2 and band11) as well as the ISA Brown strain (band 6).

For the most exploited strain during the 15 years (Tetra-SL), its production remains within the standards recommended by the strain guide, i.e. a total number of eggs/hen of 325 to 330 for a longer laying period (72 weeks).

The average production recorded by the Hy-Line in the band 10 (254.50 eggs/start hen) with a laying time of 62 weeks is lower than the standards recommended by the strain guide, which are 264.5 to 273.7 eggs/start hen with the same laying time. Egg production is highest in the heat neutral zone. It decreases significantly (by more than 20 points) when hens are exposed to constant high temperatures (30°C) if the feed is not modified (*Balnave and Brake, 2005*).

It should be noted that production of 343 eggs/hen by the 2nd flock (Tetra-SL) is higher than that recommended by the breeding guide for the strain, which is 330 eggs/hen. It is also higher than that reported by *Mahmoudi et al. (2015)* for some private farms in the M'sila region, which is 280.9 eggs/hen. It is also higher than that recorded by *Magdelaine and Conter (2006)* in France (294 eggs/hen), the Czech Republic (310 eggs/hen) and Poland (315 eggs/hen), as well as the average reported by *Jacquet (2010)* in Belgium (323 eggs/hen).

Laying rate

The laying rate fluctuated throughout the 15 years (even within the same strain) from one band to another ($p<0.001$; Table 2). The best rate was recorded by hens of the Tetra-SL strain in the 4th flock with a rate of 80.71%, and better than that recorded by *Alloui et al (2001)* in eastern

Algeria, i.e. 77.75%. It is lower than the rate recommended by the breeding guide for the strain, i.e. 88.3% with the same production period (42 weeks of age).

By strain, the laying rate was significantly different in the three strains ($P < 0.001$; Table 3). It was better for the Hy-Line strain with a rate of 74.94%. It remains below the average recorded in France for the period 2014-2017, which varies from 81.4% to 85.1% according to *ITAVI (2017)*.

Peak egg-laying rate

The maximum production level was reached by the Tetra-SL strain in the first four bands and the ISA Brown strain in the sixth band (Table 2) with an average of 93.63%. This is lower than the peak laying rate recommended by the breeding guides for these two strains, which is 96%. The Hy-Line strain recorded a peak of 83.25% which is much lower than the peak laying rate recommended by the strain guide which is 95% to 96% and that recorded by *Meluzzi et al (2001)* with the same strain which is 97.1%. Egg production increases rapidly at about 20 weeks of age and peaks at about 28 to 30 weeks of age (*Bestman et al, 2011*).

Breakage rate

The breakage rate was significantly high in the 2nd band with the Tetra-SL strain (Table 2) at 1.91%. It is better compared to that recorded in France in 2014, 2015, 2016 and 2017 in cage breeding, which is respectively 5.4%, 5.4%, 3.9% and 7.1% (*ITAVI, 2017*). This breakage is mainly due to the collection system and the transport of eggs from the poultry buildings to the cold room; as it could be explained by the bad quality of the eggshell (*Rakonjac et al, 2018*). The resistance to eggshell breakage is significantly influenced by the increasing level of calcium and a clear tendency for the shell to be more resistant with the largest calcium particle (*Pavlovski et al, 2012*). *Sauveur and Picard (1987)* indicate that calcium requirements are of the order of 3.5 to 4% for egg formation during the laying period. In addition, an effect of genotype on egg shell quality is also reported by *Škrbić et al (2020)*.

The rate of broken and cracked eggs is low at the beginning of production and then increases during the laying cycle, reaching values of around 12 or even around 20% in some farms at the end of a production year, depending on management, feeding and environmental conditions (*Sauveur, 1988*).

Conclusion

The poultry complex studied is characterised by production performances close to those of the strains in some bands but low in others. Zootechnical and sanitary constraints are responsible for the poor performance, in particular the irregularity of the feed supply and its bad presentation, as well as pathological problems.

To improve its productivity, the poultry complex must improve its breeding conditions by investing in the installation of new equipment (feeding chains, ventilation systems, etc.). The supply in quantity and quality of raw materials and the formulation of feeds that meet the needs and requirements of the strains used are essential.

It is also necessary to avoid transport stress, control and respect sanitary barriers and intensify prophylactic measures in order to reduce the mortality rate which is too high during the whole study period and to reduce its impact on production yield.

Table 2. Performance recorded during the 15 years

Paramètres	Band1	Band2	Band3	Band4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9	Band 10	Band 11	Band 12	ESM	P
Average number of hens installed per building	29250 ab	29692.5 ab	29389.2 Ab	28697.5 ab	30445.25 b	29351.7 ab	29291.2 ab	26963.7 a	29972.7 b	33585.2 c	30612 .5 bc	30060.5 b	263.3	<0.001
Laying age (weeks)	20.25 a	20.00 a	19.00 A	21.25 ab	21.25 ab	19.50 a	23.50 bc	23.75 c	20.75 a	21.50 ab	20.75 a	23.75 c	0.26	<0.001
Reform age (weeks)	78.25 ce	84.00 e	72.00 Bc	63.00 a	67.25 ab	76.75 cd	78.50 ce	75.00 c	76.25 c	83.25 de	78.50 ce	74.75 c	0.91	<0.001
Laying time (weeks)	58 eg	64 g	53 Cde	41.75 a	46 ab	57.25 cdef	55 cde	51.25 bd	55.50 cdef	62 fg	57.75 dg	51 bc	0.95	<0.001
Mortality rate (%)	14.65 a	16.29 ab	27.30 Ac	48.52 d	28.53 ac	27.12 ac	30.87 c	14.35 a	20.67 ac	26.31 ac	29.43 bc	27.62 ac	1.49	<0.001
Feed consumption/ hen/day (g)	114.22 bce	114.35 bce	113.07 Bce	112.74 bcd	110.89 ac	106.33 a	119.10 e	116.88 ce	108.56 ab	113.27 bce	112.41 acd	117.40 de	0.60	<0.001
Feed consumption/ hen/cycle (kg)	68.7 df	76.2 f	64.9 Cde	50.1 a	57.2 abc	64.0 bde	67.2 df	55.4 ab	61.8 bd	72.7 ef	66.8 de	55.4 ab	0.12	<0.001
Production / starting hen	286.00 ce	343.25 f	280.25 Bce	235.75 a	229.00 a	309.25 ef	285.75 ce	244.0 ab	273.75 bce	254.50 ac	307.50 def	272.50 bcd	5	<0.001
Peak laying rate (%)	93.40 b	93.27 b	93.80 B	93.95 b	84.27 ab	93.76 b	89.87 ab	89.42 ab	78.86 a	89.55 ab	89.80 ab	86.15 ab	0.87	<0.001
laying rate (%)	69.71 a	74.82 ac	72.90 Ab	80.71 c	69.72 a	76.11 bc	73.47 ab	74.12 ab	69.42 a	74.83 ac	76.32 bc	74.41 ab	0.55	<0.001
Breakage rate (%)	1.23 d	1.91 e	0.79 C	0.43 a	0.44 a	0.41 a	0.60 b	0.49 ab	0.43 a	0.61 b	0.43 a	0.53 Ab	0.06	<0.001
Feed conversion ratio	2.69 a	2.54 a	2.53 A	2.40 a	2.74 a	2.46 a	2.69 a	2.63 a	2.66 a	2.38 a	2.50 a	2.58 a	0.03	0.433

Tableau 3. Evolution of the performances according to the strains

Parameters	Tetra-SL	ISA Brown	Hy-Line	Standard error	P
Starting number of hens	243068.51c	102809.65b	37455.79a	4358.89	<0.001
Number of deaths per week	1069.39c	437.10b	150.01a	51.24	<0.001
Mortality rate/week (%)	0.50a	0.44a	0.42a	0.02	0.369
Distributed feed (ton/week)	1.926c	0.764b	0.296a	0.03	<0.001
Feed consumption/ hen/day (g)	115.61b	110.03a	112.99ab	0.69	<0.001
Laying rate (%)	70.73a	72.06ab	74.94b	0.63	0.032
Breakage rate (%)	1.24b	0.49a	0.62a	0.04	<0.001
Feed conversion ratio	2.68b	2.54b	2.36a	0.02	<0.001

References

- AIN BAZIZ H. (1996) : Effet d'une température ambiante élevée sur le métabolisme lipidique du poulet en croissance. Thèse de Doctorat, Université de Tours, France.
- ALLOUI N., AYACHI A., ALLOUI-LOMBARKIA O., ZEGHINA D. (2001) : Evaluation de l'effet du statut hygiénique des poulaillers sur les performances zootechniques. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours v (France), 26 et 27 Mars 2003. http://www.journees-de-la-recherche-cunicole.org/JRA/Contenu/Archives/5_JRA/qualite/2-ALLOUI.
- BALNAVE D., BRAKE J. (2005): Nutrition and management of heat-stressed pullets and laying hens. World's Poultry Science Journal, 61, 399-406. <http://DOI:10.1079/WPS200565>
- BESTMAN M., RUIS M. HEIJMANS J., MIDDELKOOP T. (2011) : Signes de poules – Guide pratique de l'observation des volailles. Zutphen, Pays-Bas : Éditions Roodbont.
- BOUVAREL I., NYS Y., PANHELEUX M., LESCOAT P. (2010) : Comment l'alimentation des poules influence la qualité des œufs ? INRA Productions Animales, 23, 2, 167-182. <https://hal.inrae.fr/hal-02667258>
- CLOUTIER L., LEMELIN M. (2018) : Guide Bilan Alimentaire, Outil de performances agronomiques pour estimer le phosphore d'un lieu d'élevage de poulettes ou de production d'œufs de consommation. La Fédération des producteurs d'œufs du Québec. Guide technique, 40 p. https://www.craaq.qc.ca/documents/files/Effluents_elevage/MDAGT017_bilan_oeuf_19_12_18_Final.
- DEZAT E., FARUK M. U., LESCOAT P., RODDIFAL L., CHAGNEAU A. M., BOUVAREL I. (2009) : Réaction à court terme de poules pondeuses à un mélange de blé et d'aliments de granulométrie différente. 8èmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009. On line: https://www.cabi.org/Uploads/animal-science/worlds-poultry-science-association/WPSA-france-2009/32_fpd2009_dezat.

- DIRECTION OF VETERINARY SERVICES (2005): Declaration of Marek's disease, Annual health bulletin, Algiers, 2005.
- GIPAC-USSEC (2017) : Guide de Biosécurité dans les élevages avicoles au Moyen Orient et en Afrique du Nord. 36 p. <http://ussec.org/wp-content/uploads/2017/05/Biosecurity-Guide-FRENCH-12.pdf?segid=9466c5e1-25b8-4693-8cfc-9cddb6fcfb17>
- GROBAS S., MENDEZ J., DE BLAS C., MATEOS G. G. (1999): Influence of dietary energy, supplemental fat and linoleic acid concentration on performance of laying hens at two ages. *British Poultry Science*, 40, 5, 681-687. <https://doi.org/10.1080/00071669987089>
- HARMS R. H., COSTA P. T., MILES R. D. (1982): Daily feed intake and performance of laying hens grouped according to their body weight. *Poultry Science*, 61, 6, 1021-1024.
- HILL F. W., ANDERSON D. L., DANSKY L. M. (1956). Studies of the Energy Requirements of Chickens: 3. the Effect of Dietary Energy Level on the Rate and Gross Efficiency of Egg Production. *Poultry Science*, 35, 1, 54-59.
- ISA BROWN. (1999) : Guide d'élevage général des pondeuses commerciales. 41 p. <https://sansdents.com/wp-content/uploads/2019/02/ISA-BROWN-GUIDE-D%E2%80%99C3%89L%C3%89VAGE-GENERAL-DES-PONDEUSES-COMMERCIALES>
- ITAVI. (2017) : Performances techniques et coûts de production en Pondeuses et œufs de consommation. <https://www.itavi.asso.fr/content/performances-techniques-et-couts-de-production-resultats-2017>
- JACQUET M. (2010) : Aspects techniques et économiques de la garde des poules pondeuses en liberté. *Gembloux, Belgique : Filière Avicole et Cunicole Wallonne asbl*.
- KACI A. (2014). Les déterminants de la compétitivité des entreprises avicoles algériennes. Thèse Doctorat, ENSA, El Harrach, Alger. 243 p.
- KACI A., KHEFFACHE H. (2016) : La production et la mise en marché du poulet de chair dans la wilaya de Médéa (Algérie) : nécessité d'une coordination entre acteurs. *Les cahiers du cread*. 118, 113-132. <https://www.ajol.info/index.php/cread/article/download/176224/165623>
- LEESON S., SUMMERS J. D. (1987): Effect of immature body weight on laying performance. *Poultry Science*, 66, 12, 1924-1928. <https://doi.org/10.3382/ps.0661924>
- LEESON S., SUMMERS J. D. (2005): *Commercial Poultry Nutrition*. 3rdEd. Departement of Animal and Poultry Science, Univer-sity Guelph. University Books, Canada (CA).
- MADR.(2018). Economie Algérie : Malgré des chiffres encourageants : La filière avicole encore otage des importations. https://www.lemaghrebdz.com/?page=detail_actuelite&rubrique=Nation&id=97910
- MAGDELAINE P., CONTER A. (2006) : Evolution des filières avicoles chair et ponte en Pologne, Hongrie et république tchèque : contexte et facteurs de compétitivité. *Science et Technique Avicoles*. N°56. 16-25.
- MAHMOUDI N., IKHLEF H., KACI A., MAHMOUDI S. (2019) : Évaluation de la durabilité socio-économique des ateliers avicoles à M'sila (Algérie). *New medit : Revue méditerranéenne d'économie, agriculture et environnement*, 18(4), 65-77. <https://DOI : 10.30682/nm1904e>

- MAHMOUDI N., YAKHLEF H., THEWIS A. (2015) : Caractérisation technico-socioprofessionnelle des exploitations avicoles en zone steppique (wilaya de M'sila, Algérie). *Cah Agric* 24, 3, 161-169. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2015.0752>
- MELUZZI A., SIRRI F., TALLARICO N., FRANCHINI A. (2001): Effect of different vegetables lipid sources on the fatty acid composition of egg yolk and on hen performance. *Archiv fur Geflugelkunde*, 65, 5, 207-213.
- PASCALE R., FRANZ G. (2003) : Etude des performances techniques et des indicateurs économiques en élevage des poules pondeuses situées dans les zones chaudes. In *Production d'œufs de consommation en climat chaud*. Amand C., Albert C., Braine A., Cardinate F., Champagne J., Comte S., Dayon J.F., Drouin J.P., Goater E., Guerder F., Guibert F.M., Joly Y., Magdelaine P., Renault P., Valancony H., Fleury V. (eds). Paris, France, 13-19.
- PASCALE M., ANNE C. (2006) : Evolution des filières avicoles chair et ponte en Pologne, Hongrie et République tchèque : Contexte et facteurs de compétitivité. *Science et Technique Avicoles*, 56.10p.
- PAVLOVSKI Z., CMILJANIĆ R., ŠKRBIĆ Z., LUKIĆ M. (2005): New housing systems and marketing of table eggs. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 21, 5-6, 205-210. <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-9156/2005/1450-91560506205P>
- PAVLOVSKI Z., ŠKRBIĆ Z., LUKIĆ M., VITOROVIĆ D., LILIĆ S., PETRIČEVIĆ V. (2012): Shell quality: Everlasting problem in the today poultry science. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28, 3, 393-404. <http://DOI: 10.2298/BAH1203393P>
- PAYNE L. N., VENUGOPAN K. (2000): Neoplastic diseases, Marek's Disease, avian leucosis and reticuloendotheliasis. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, France, 19, 544-564.
- PINEAU C., MORINIERE F. (2010) : Concevoir son système de production. *Cahier Technique - Produire des œufs biologiques*. 5-6. <http://itab.asso.fr/downloads/cahiers-elevage/cahier-pondeuses-web>.
- SAFAA H. M., JIMÉNEZ-MORENO E., VALENCIA D. G., FRIKHA M., SERRANO M. P., MATEOS G. G. (2009): Effect of main cereal of the diet and particle size of the cereal on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in early phase of production. *Poultry Science*, 88, 3, 608-614. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119401107>
- RAKONJAC S., BOGOSAVLJEVIĆ-BOŠKOVIĆ S., ŠKRBIĆ Z., LUKIĆ M., DOSKOVIĆ V., PETRIČEVIĆ V., PETROVIĆ M. D. (2018): Quality and chemical composition of eggs affected by rearing system and hen's age. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34, 3, 335-344. <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-9156/2018/1450-91561803335R>
- SAUVEUR B. (1988) : Reproduction des volailles et production d'œufs, INRA Editions, France, 49p.
- SAUVEUR B., PICARD M. (1987): Environmental effects on egg quality. In: *Egg quality current problems and recent advances*. Well R.G., Belyavin C.G. (Eds). chap. 14, 219-234.
- ŠKRBIĆ Z., LUKIĆ M., PETRIČEVIĆ V., BOGOSAVLJEVIĆ-BOŠKOVIĆ S., RAKONJAC S., DOSKOVIĆ V., TOLIMIR N. (2020): Quality of eggs from pasture rearing layers of different genotypes. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 36, 2, 181-190. <http://147.91.1.89/bitstream/handle/123456789/711/05.BAH-20-2-14-29.4.2020.-Skrbic-et-al>

VAN EEKEREN E.N., MAAS A., SAATKAMP H.W., VERSCHUUR M. (2006): Small scale chicken production. Agrodok 4, 4th Revised Edition, Agromisa Foundation and CTA, Wageningen 91p.

YAHAV S. (2009): Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. World's Poultry Science Journal, 65, 4, 719-732. <http://doi:10.1017/S004393390900049X>

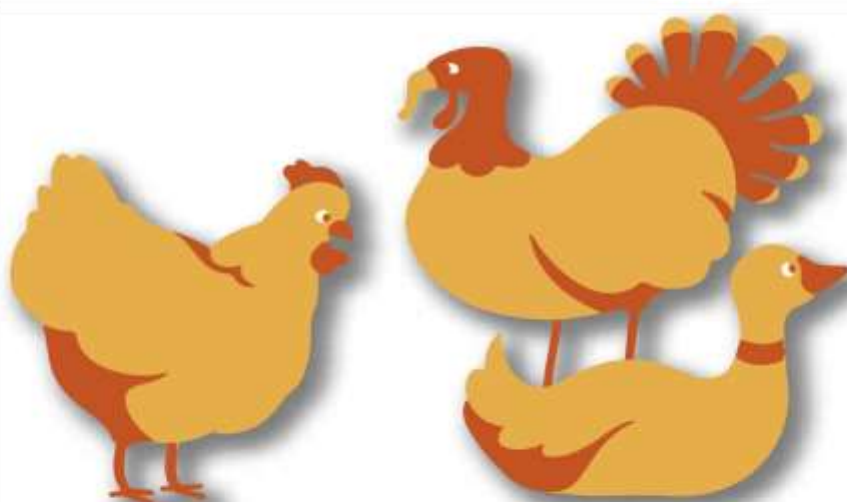
ZEGHDOUDI M., BOUZIDI N., AOUN L. (2013) : Etude lésionnelle de la maladie de Marek chez le poulet de chair et chez les reproducteurs dans l'Est algérien. Revue Méd. Vét, 164, 3, 106-111. https://www.revmedvet.com/2013/RMV164_106_111.

ESSAI 2

BELAID-GATER N., KADI S.A., MOUHOUS A., OULKADI T., NAIT SAADA L. 2019. Evaluation du bien-être des poules reproductrices chair en élevage industriel en Algérie. *13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 20 et 21 mars 2019.* PP : 802-806. <https://www.itavi.asso.fr/content/evaluation-du-bien-etre-des-poules-reproductrices-chair-en-elevage-industriel-en-algerie>

13^e JRA

**JOURNÉES DE LA
RECHERCHE AVICOLE ET
PALMIPÈDES À FOIE GRAS**



20 & 21 mars 2019
TOURS - Centre des congrès Vinci



EVALUATION DU BIEN-ÊTRE DES POULES REPRODUCTRICES CHAIR EN ELEVAGE INDUSTRIEL EN ALGERIE

Belaid-Gater Nadia, Kadi Si Ammar, Mouhous Azeddine., Oulkadi Tahar, Nait Saada Lahcene

Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. Département des sciences agronomiques, Université M. MAMMERI, UN1501, Tizi-Ouzou. Algérie

RÉSUMÉ

En Algérie, l'aviculture constitue une source stratégique de protéines animales pour les populations et se développe de plus en plus. De ce fait, la demande en poussin d'un jour ne cesse d'augmenter. Pour répondre à cette demande, des élevages industriels de reproducteurs chair ont commencé à se développer depuis quelques années. Cependant, cette augmentation de la production a engendré des problèmes d'ordre sanitaire, de conditions d'élevage et de bien-être des animaux. En ce sens, nous proposons d'évaluer, à l'aide de quelques indicateurs proposés dans le projet *Welfare Quality®*, le bien-être des reproducteurs de chair au niveau d'un centre d'élevage industriel spécialisé dans la région de Bouira. 40013 poules reproductrices (ISA F15) réparties équitablement dans six bâtiments (6 sujets/m²) ont fait l'objet de l'étude. 150 sujets, capturés au hasard en 5 points de chaque bâtiment (six bâtiments, n=900), ont été examinés à la 34^{ème} semaine de production. L'état de la litière, de 10 cm d'épaisseur constituée de paille hachée mécaniquement, est globalement acceptable (score variant de 0 à 2 dans les 6 bâtiments). Dans les trois premiers bâtiments, seulement la moitié de l'échantillon a présenté un plumage propre (score "0") alors que ce score a été de plus de 75% dans les 3 autres bâtiments. Le taux de brûlure des tarses est acceptable (66,3 % de score 0 et 1,6% de score 4). Alors que le taux de pododermatites est dans les normes (près de 84 % de score 0 et 0,6% de score 4), les boiteries ne sont malheureusement pas rares puisque seulement 74 % de score 0 a été noté alors que 13% sont notés 1 et le reste supérieur à 1. Il faut rappeler que les troubles locomoteurs sont souvent à l'origine d'une forte morbidité. Le taux de sujets ne présentant aucune lésion de la peau est de près de 80%. Seulement 15% des poules présentent des crêtes blessées causées généralement par les coqs au moment de l'accouplement. Des efforts sont à faire dans la conduite d'élevage à cause notamment de la disparité des résultats entre bâtiments. Une surveillance quotidienne et plus rigoureuse de la litière, notamment son humidité, est nécessaire.

ABSTRACT

Welfare evaluation of broiler breeder hens in factory farming in Algeria

In Algeria, poultry farming is a strategic source of animal protein for the population and is developing more and more. As a result, the demand for day-old chickens continues to increase. To meet this demand, industrial meat breeding farms have begun to develop in recent years. However, this increase in production has led to health, husbandry and animal welfare problems. In this sense, we propose to evaluate, using some indicators proposed in the *Welfare Quality®* project, the welfare of meat breeders at a specialized industrial breeding center in the Bouira region. 40013 breeding hens (ISA F15) evenly distributed in six buildings (6 subjects/m²) were studied. 150 subjects, randomly caught at 5 points in each building (six buildings, n=900), were examined during the 34th week of production. The condition of the bedding, 10 cm thick and made of mechanically chopped straw, is generally acceptable (score varying from 0 to 2 in the 6 buildings). In the first three buildings, only half of the sample had a clean plumage (score "0") so this score was more than 75% in the other 3 buildings. The hock burn rate is acceptable (66.3% score 0 and 1.6% score 4). While the rate of pododermatitis is within the norms (nearly 84% of score 0 and 0.6% of score 4), lameness is unfortunately not uncommon since only 74% of score 0 has been noted while 13% is rated 1 and the rest is higher than 1. it should be recalled that locomotor disorders are often the cause of high morbidity. The rate of subjects with no skin lesions is nearly 80%. Only 15% of hens have injured spines, usually caused by roosters at the time of mating. Efforts must be made in livestock management, particularly because of the disparity in results between buildings. Daily and more rigorous monitoring of the litter, particularly its humidity, is necessary.

INTRODUCTION

Durant ces dernières décennies, la filière avicole algérienne a connu l'essor le plus spectaculaire parmi les productions animales. L'offre en viande blanche est passée de 95000 à près de 300000 tonnes/an entre 1980 et 2010, soit une progression de +212% en 30 ans (Kaci et Cheriet. 2013). Pour suivre cette cadence et répondre à cette demande sans cesse croissante, les élevages industriels des reproducteurs chair ne cessent de croître. Mais cette augmentation de la production a engendré de véritables problèmes d'ordre sanitaire, de conditions d'élevage et de bien-être.

Le bien-être d'un animal dit de rente ne peut être respecté que si son environnement et les pratiques d'élevage le mettent à l'abri de la faim, de la soif, de la douleur, des blessures et maladies, de la peur et du stress et lui permettent d'exprimer un comportement normal pour l'espèce (Manning *et al.*, 2007). Le projet européen *Welfare Quality*® a proposé l'utilisation d'une échelle à différents scores pour le classement de plusieurs indicateurs du bien-être animal comme par exemple l'état et la propreté des plumes, la pododermatite, les boiteries etc...

Le bien-être des poulets de chair en élevage industriel en Algérie semble correct selon Kadi *et al.* (2015). Qu'en est-il de celui des reproducteurs chair chez lesquels la période d'élevage est nettement plus importante ? En ce sens, cette étude a pour objectif d'évaluer, à l'aide à l'aide de plusieurs indicateurs validés dans *The Welfare Quality*® *Assessment Protocol for poultry* (2009), le bien-être des reproducteurs chair au niveau d'un centre d'élevage industriel en Algérie.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Bâtiments et conduite d'élevage

Le centre de production des œufs à couver est doté de six bâtiments en préfabriqué, de type obscure et orientés vers le sud-est. Chaque bâtiment s'étend sur une surface de 1080 m² (72mx15m) avec une hauteur de 3,5 m, constitué de deux compartiments séparés par un mur en tôle galvanisée, soit l'atelier d'élevage et le sas sanitaire avec une surface de 45m² (3mx15m). L'espace entre les bâtiments est de 20 m.

La ventilation est dynamique, la température et l'hygrométrie sont contrôlées à partir de l'armoire de commande. Le système de refroidissement est de type pad cooling. L'éclairage est assuré par des lampes de

40w à raison de 112 lampes par bâtiment et fixées à 2 m du sol. La durée et l'intensité de la lumière sont fixées selon l'âge des poules, elles augmentent progressivement de 10h/j et 20 lux à l'âge de 20 Semaines pour atteindre 16h/j et 60 lux à 27 semaines. Chaque bâtiment dispose d'un silo de stockage d'aliment d'une capacité de 20 m³ (12,8 tonnes). Le système de distribution est automatique pour les poules et manuel pour les coqs. Les assiettes des poules sont munies d'un gréage qui permet uniquement leur alimentation et empêche les coqs d'y accéder. Le système d'abreuvement est automatique. La litière utilisée est constituée paille hachée et d'une épaisseur d'environ 10cm. Les poules pondent leurs œufs dans des nids individuels et communs et le ramassage est manuel et quotidien. La souche exploitée est ISA F15, la densité est de 6 sujets/m² (720 mâles et 6660 femelles par bâtiment). Un plan de prophylaxie préétabli est suivi par le vétérinaire du centre. La phase d'élevage s'étale du premier jour jusqu'à la 20ème semaine et la phase de production de la 20ème semaine jusqu'à la réforme. Au moment de l'étude, les volailles étaient à leur 34ème semaine dans les bâtiments.

1.2. Echantillonnages et paramètres étudiés

40013 poules reproductrices (ISA F15) réparties équitablement dans six bâtiments (6 sujets/m²) ont fait l'objet de l'étude. Un échantillon de 900 poules reproductrices a été constitué (34 semaines d'âge soit en pleine production) à raison de 150 poules par bâtiment capturées au hasard dans une dizaine de points/bâtiment et parquées dans un coin de chaque bâtiment dans le but de réaliser la prise des mesures.

La méthodologie suivie est celle du projet *Welfare Quality*® (2009). Les scores de notation sont :

-Usage et qualité de la litière : bon usage de la litière (score 0), usage modéré de la litière (score 1), mauvais usage de la litière (score 2). Pour la qualité de la litière, l'échelle de notation est de 5 scores : complètement sèche et écailleuse, facile à déplacer avec le pied (score 0), sèche mais difficile à déplacer avec le pied (score 1), pas complètement sèche (score 2), se colle facilement au bottes (score 3), se colle au bottes (score 4). Les observations sont faites dans 5 points/bâtiment après vérification que l'épaisseur de la litière est uniforme dans le bâtiment.

-Etat et propreté des plumes : Etat des plumes uniforme et propre (score 0), plumage moins propre avec des zones sans plumes inférieures à 3 cm (score 1), plumage moyen (score 2), plumage sale avec zones sans plumes supérieures à 3 cm (score 3).

-Pododermatites : Absence de pododermatites (score 0), présence minimale de pododermatites (score 1 et 2), présence évidente de pododermatites (score 3 et 4).

-Brûlures des tarses : Pas de brûlures du jarret (score 0), une brûlure minimale du jarret (score 1 et 2), une brûlure évidente du jarret (score 3 et 4).

-Boiteries : La démarche de la poule est normale (score 0), un léger défaut de démarche (score 1), défaut affectant la démarche (score 3), défaut sévère et la poule marche difficilement (score 4), la poule est incapable de se déplacer (score 5).

-Lésions de la peau : Pas de lésion (score 0), une lésion qui ne dépasse pas 3 cm de diamètre (score 1), une lésion qui dépasse 3 cm de diamètre (score 2).

-Etat de la crête : crête saine (score 1), mauvaise crête ou blessé (score 2).

-Test de poussière : Mettre une feuille de papier noir A4 sur un porte-document à placer sur une surface horizontale, au-dessus de la hauteur des oiseaux, à l'écart des distributeurs d'aliment. Retirez ensuite le papier à la fin de l'évaluation des autres critères. Ecrire ensuite avec un doigt sur le papier pour obtenir une impression de la quantité de poussière qui s'y est déposée : Aucun signe de poussière (score 0), présence minimale de poussière (revêtement mince) (score 1), beaucoup de poussière (couleur du papier n'est pas visible) (score 2).

Les données collectées ont été rassemblées dans un fichier de type tableur dans *Microsoft Excel*® 2013. La proportion de chaque score pour chaque indicateur est calculé comme suit : $\text{Pourcentage du score "S"} = (\text{nombre de poules ayant le score "S"} / \text{nombre de poules examinées}) * 100$

Ensuite, les données des différents scores ont été soumises à une analyse statistique à l'aide du test Z de Wald et t de Student.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Usage et qualité de la litière

Les scores de notation de l'usage de la litière varient d'un bâtiment à un autre. Au niveau des trois premiers bâtiments, les poules peuvent gratter et manipuler la litière sans pour autant pouvoir effectuer des bains de poussière. Ce qui signifie un usage modéré de la litière (score 1) puisqu'elles sont dérangées soit par leurs congénères où bien par l'entassement de la litière dû au passage des agents ou par la dégradation de celle-ci. Les

facteurs majeurs de la dégradation de la litière, comme le taux élevé d'humidité et les fuites d'eau sous les abreuvoirs, la rendent mouillée et collante aux bottes, ce qui confirme un score de 1 et même de 2 par endroits. Au niveau des bâtiments 4, 5 et 6 il est noté un bon usage de la litière, ce qui indique le score 0 justifié par les bains de poussière effectués par les poules. D'après Zimmerman *et al.* (2003), le bain de poussière et l'exploration représentent des priorités comportementales pour les poules. L'état écailleux et sec de la litière, facile à déplacer avec les pieds, permet d'y mettre un score 0 pour ces trois bâtiments et conforme aux conditions décrites par Humain Farm Animal Care (2009) mais il existe des zones de score 1 dues aux fuites d'eau.

2.2. Etat et propreté des plumes

L'état des plumes des poules est principalement lié à l'état de la litière ; il varie d'un bâtiment à un autre (figure 1). Au niveau du 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} bâtiment, la moitié des échantillons pris pour l'étude ont un plumage uniforme et propre « score 0 » (57%, 52%, 53% respectivement). Tandis que dans le 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment où les meilleures litières « score 0 » sont observées, les taux sont plus élevés avec 77%, 71% et 82% respectivement. Sur l'ensemble des bâtiments, les « score 0 » et « score 1 » sont très significativement ($p < 0,0001$) dominants. Le « score 3 » ((plumage sale avec des zones sans plumes supérieures à 3 cm) est enregistré dans tous les bâtiments avec un taux faible dans les bâtiments 4, 5 et 6. Dans tous les bâtiments, le « score 3 » qui ressort toujours est engendré par les coups de bec et l'entassement dû à une densité excessive. La saleté du plumage est corrélée à la fois à la présence des lésions au niveau des tarses et à la boiterie (Arnould et Colin 2009).

2.3. Brûlures des tarses

Les brûlures de tarses sont des dermites de contact qui se trouvent sur la partie caudale du jarret. Les taux des brûlures observés varient d'un bâtiment à un autre (figure 2). Ainsi, dans les bâtiments 1, 2 et 3, la moitié des poules présente un jarret sain « score 0 » avec respectivement 58,6%, 48% et 50%. Cependant, les taux les plus élevés du score 0 sont enregistrés au niveau du 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment (82,6% ; 83,3% et 75,3% respectivement). Les scores 3 et 4 sont observés avec des fréquences faibles dans le 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment respectivement 3,9% ; 3,3% et 2%. Ces scores s'expliquent par la bonne qualité de la litière. Au niveau du 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} bâtiment, les proportions des scores 3 et 4 sont plus élevées (respectivement 6,6% ; 8,6% et 10,6%). Ces différences

s'expliquent par la litière mouillée qui favorise l'apparition des brûlures. Il est connu que la qualité de la litière notamment son humidité est souvent à l'origine des brûlures des jarrets des volailles (Kaukonen *et al.*, 2016). Ceci est d'autant plus vrai dans le cas des reproducteurs car ceux-ci passent nettement plus de temps en élevage que les poulets en engraissement. Toutefois, les « score 0 » et « score 1 » sont très significativement ($p < 0,0001$) dominants dans l'ensemble du centre de production.

2.4. Pododermatites

Les scores observés des pododermatites dans les six bâtiments d'élevage (figure 3) s'expliquent aussi par l'état de la litière. En effet, le type de litière et sa qualité est un facteur de risques des pododermatites (Ekstrand et Algers, 1997). Scahaw (2000) rapporte que la dermatite de contact est liée à la mauvaise qualité de la litière, au surpeuplement, à la restriction de mouvements et à la faiblesse des pattes. Pour ce paramètre, les résultats enregistrés ne montrent qu'un peu plus de la moitié des sujets dans le 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} bâtiment présentant un score 0 (respectivement 57%, 59% et 58%) synonyme d'absence de pododermatite et une présence non négligeable du score 1 dans les mêmes bâtiments (respectivement 24,6% ; 20,6% et 22%) avec un taux de blessures évidentes du score 3 et 4 (respectivement de l'ordre de 7,3% ; 7,3% et 10,3%). Dans le 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment, les fréquences sont beaucoup plus élevées pour le score 0, synonyme d'absence de pododermatite (respectivement 84%, 80% et 80,6%), tandis que les blessures minimales du score 1 sont nettement plus faibles que celles enregistrées dans les trois premiers bâtiments. Les « score 0 » et « score 1 » sont très significativement ($p < 0,0001$) représentés sur l'ensemble des six bâtiments. Le taux de présence de pododermatites évidentes du score 3 et 4 est faible, 6% et 4,6% respectivement dans le 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment et quasi nul dans le 4^{ème} bâtiment.

2.5. Boiteries

Les fréquences de boiteries enregistrées sont faibles dans les six bâtiments (figure 4). Les trois premiers bâtiments enregistrent en moyenne 63,3% de score 0 (absence de boiterie), alors que les trois derniers dépassent les 85%. Le score 5 (la poule est incapable de se déplacer) est rare et en moyenne 1,21%. Les résultats des boiteries sont dans l'ensemble corrects et le bien-être est respecté puisque ce dernier est considéré comme altéré à partir du score 3 (McGowan *et al.*, 1999) et que les «score 0 » et « score 1 » sont les plus représentés ($p < 0,0001$).

2.6. Lésions de la peau

Les scores des lésions de la peau des poules blessées par les coups de bec de leurs congénères et les coqs varient selon les bâtiments (figure 5). Les agressions des mâles envers les femelles sont de plus en plus fréquentes chez les reproducteurs chair (Millman *et al.*, 2000). Le pourcentage du score 0 qui signifie absence de lésion de la peau est très élevé et significativement ($p < 0,0001$) dominant ; il varie de 67,3% (bâtiment 3) à 92,6% (bâtiment 4), ceci s'expliquerait par l'état de la litière sèche qui permet le picotage et la préhension de bain de poussière par les poules, ce qui diminue le risque de piquage et de cannibalisme. Le score maximum de 2, présence des lésions sur les poules qui dépassent les 3 cm de diamètre, est très faible (3,3%) au niveau du 4^{ème} bâtiment, mais il est plus élevé dans le 3^{ème} bâtiment (10%).

2.7. Etat de la crête

Les crêtes sont majoritairement saines même si l'on détecte quelques mauvaises crêtes dans différents bâtiments. Ainsi, le pourcentage du score 1 qui signifie crêtes saines est significativement ($p < 0,001$) très élevé. Il varie de 79,3% (bâtiment 6) à 93,3% (bâtiment 1). Le score 2 (mauvaises crêtes) est de l'ordre de 20% dans le 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment et nettement inférieur dans 1^{er} bâtiment (6,6%). Les crêtes blessées sont causées généralement par les coqs au moment de l'accouplement (D'Eath et Keeling, 2003).

2.8. Test de poussière

La présence minimale de poussière (revêtement mince) (score 1) est représentée dans le 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} bâtiment. Ceci s'explique par la qualité de la litière qui est humide et entassée par les fuites du système d'abreuvement. Au niveau du 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment où les meilleures litières sont observées, une présence importante de poussière est enregistrée (score 2) (la couleur du papier n'est pas visible). Ceci est favorisé par la qualité de la litière sèche et bains de poussière effectués par les poules.

CONCLUSION

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure que les indicateurs du bien-être des reproducteurs chair au niveau du centre sont globalement dans les normes, les scores indicateurs étant significativement les plus élevés. Les bâtiments 1 à 3 présentent une litière dans un état plus dégradé que les bâtiments 4 à 6 en raison d'un excès d'humidité provenant des abreuvoirs. La propreté des plumes semble plus basse dans les bâtiments où la litière est plus humide et les brûlures de jarret, les boiteries, les

lésions de la peau plus élevées. Pour optimiser le bien-être des poules reproductrices dans ce centre, nous suggérons une surveillance quotidienne et plus rigoureuse de la litière notamment son humidité. D'autres études similaires sur les élevages privés sont

nécessaires afin d'améliorer le bien-être des volailles dans les élevages en Algérie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arnould C., Colin L., 2009. 8èmes JRA, St Malo, 2009/03/25-26: 55-59.
- D'Eath R. B., Keeling L. J., 2003. *Applied animal behaviour science*, 84(3), 197-212.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.08.010>
- Ekstrand C., Algers B., 1997. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 38(2), 167-174.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8057025/pdf/13028_1997_Article_BF03548496
- Humain Farm Animal Car., 2009. <https://certifiedhumane.org/>
- Kaci A., Cheriet. F., 2013. *New Medit*, vol.12, 2:11-21.
- Kadi S.A., Bouchema A., Mouhous A., 2015. 11èmes JRA & JRPFG, Tours (France), 25-26/3/2015: 989-994.
- Kaukonen E., Norring M., Valros A., 2016. *Avian Pathology*, 45: 667–673.
<https://doi.org/10.1080/03079457.2016.1197377>
- Manning L., Chadd S.A., Baines R.N., 2007. *World's poultry Science. J.*, 63, 46-62.
[https:// DOI: 10.1079/WPS2005126](https://doi.org/10.1079/WPS2005126)
- McGowan D., Danbury T.C., Waterman-Pearson A.E., Kestin S.C. 1999. *Vet Rec* 144:668–67.
- Millman, S. T., I.J.H. Duncan., T. M. Widowski., 2000. *Poult. Sci.* 79: 1233 –1241.
<https://doi.org/10.1093/ps/79.9.1233>
- Scahaw (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare)., 2000. European commission. 150p.
- The Welfare Quality® Assessment Protocol for poultry*, 2009. <http://www.welfarequalitynetwork.net>
- Zimmerman, P.H., Lundberg, A., Keeling, L.J., Koene, P., 2003. *Anim. Welf.*, 12, 315-326.

Figure 1. Proportions des scores de la propreté du plumage des poules au niveau du centre avicole

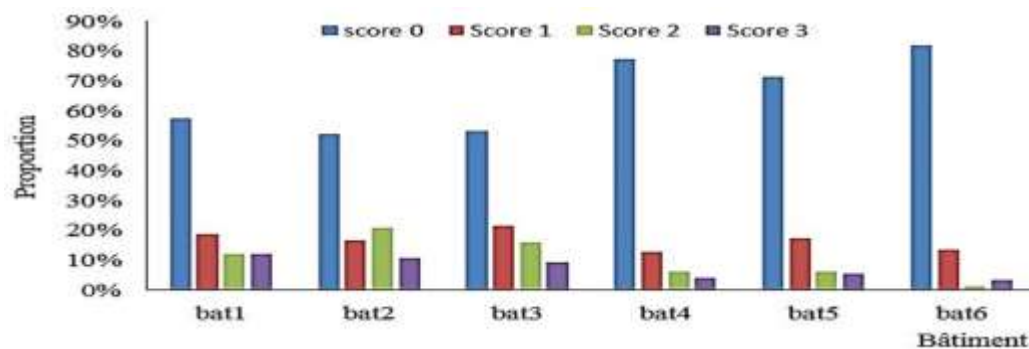


Figure 2. Proportions des scores de brûlures du jarret des poules au niveau du centre avicole

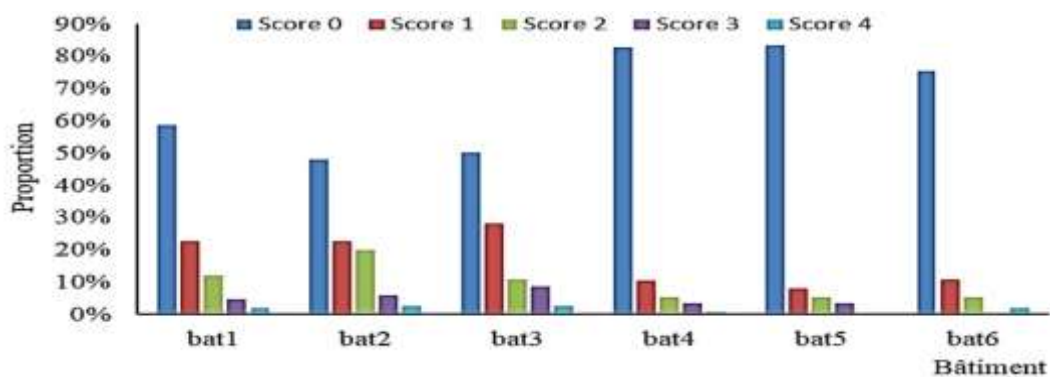


Figure 3. Proportions des scores des pododermatites des poules au niveau du centre avicole

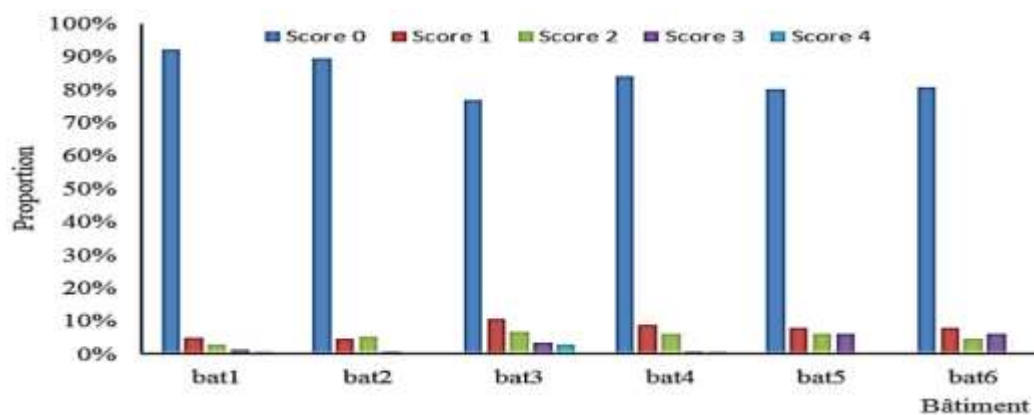


Figure 4. Proportions des scores de boiterie des poules au niveau du centre avicole

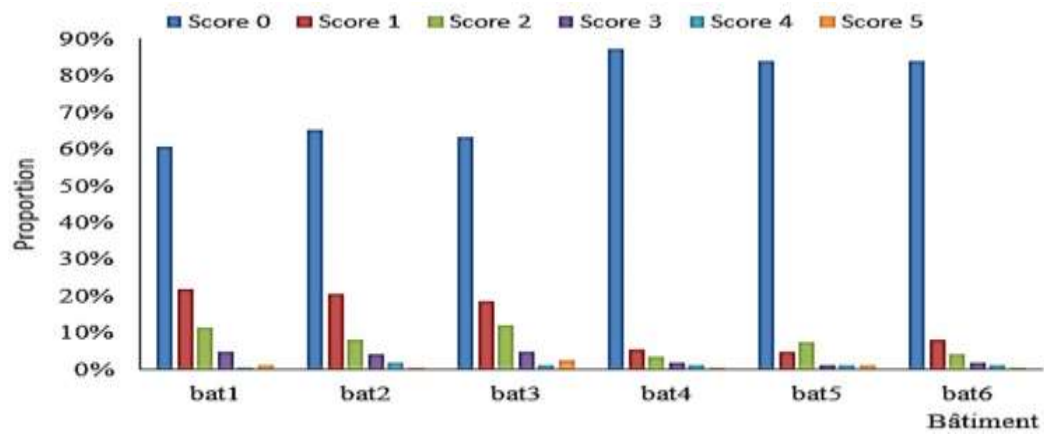
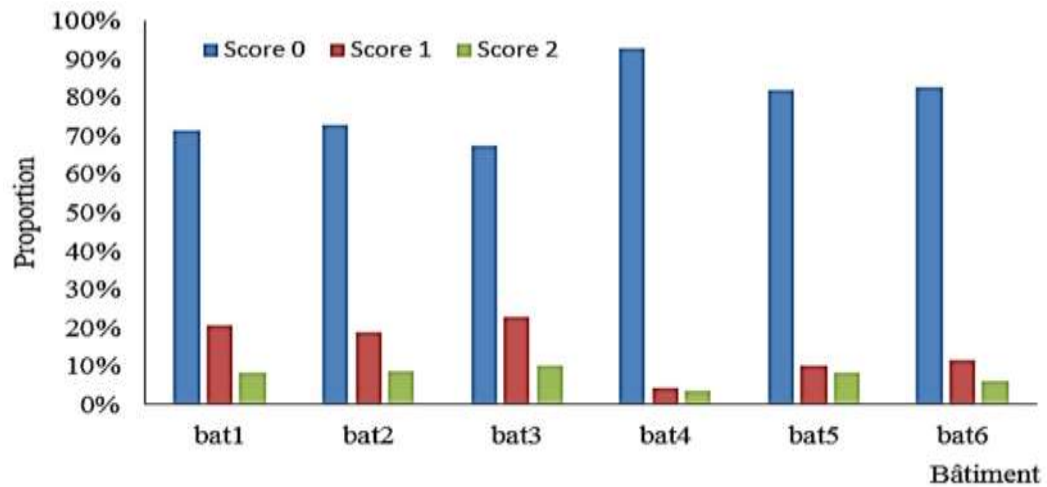


Figure 5. Proportions des scores des lésions de peau des poules au niveau du centre avicole



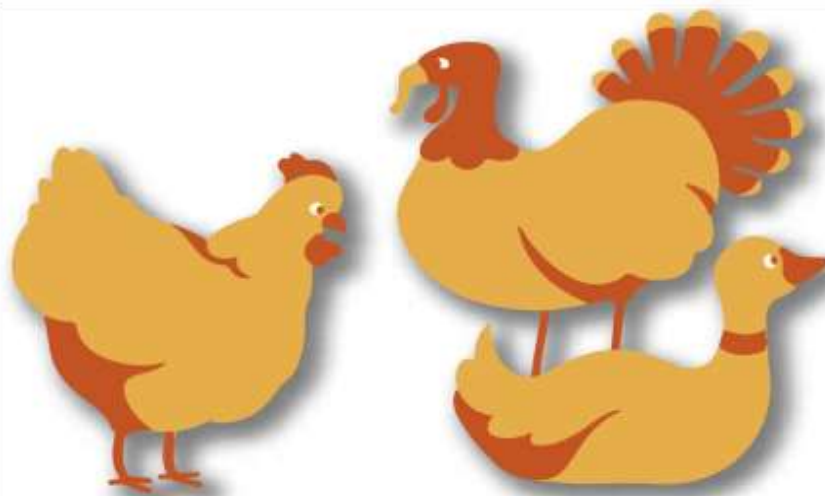
Essai 3

BELAID-GATER N., KADI S.A., MOUHOUS A., TAHIR L., HAMADACHE M. 2019. Efficacité alimentaire des poules pondeuses dans un élevage industriel de production des œufs de consommation en Algérie. *13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 20 et 21 mars 2019*. PP : 535-538. <https://www.itavi.asso.fr/content/efficacite-alimentaire-des-poules-pondeuses-dans-un-elevage-industriel-de-production-des>

13^e

JRA

JOURNÉES DE LA
RECHERCHE AVICOLE ET
PALMIPÈDES À FOIE GRAS



20 & 21 mars 2019
TOURS - Centre des congrès Vinci



EFFICACITE ALIMENTAIRE DES POULES PONDEUSES DANS UN ELEVAGE INDUSTRIEL DE PRODUCTION DES ŒUFS DE CONSOMMATION EN ALGERIE

Belaid-Gater Nadia., Kadi Si Ammar, Mouhous Azeddine, Tahir Lynda, Hamadache Malika.

*Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. Département des sciences agronomiques,
Université M. MAMMERI UN1501, Tizi-Ouzou. Algérie
kadisiammar@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

En Algérie, la production des œufs de consommation couvre largement les besoins de la population (6,6 milliards d'unités produites en 2017 soit un ratio de plus de 156 œufs/habitant/an). Les charges alimentaires représentent plus de 60% du prix de revient dans les ateliers de production des œufs de consommation. De ce fait, le volet alimentation influence directement et la rentabilité de l'élevage et le prix de l'œuf sur le marché. C'est dans cette optique que nous nous proposons d'évaluer le niveau de maîtrise de ce volet par l'évaluation de l'efficacité alimentaire enregistrée sur une période de 15 années au niveau d'un centre d'élevage industriel spécialisé dans la région de Bouira en Algérie. La qualité des bâtiments, la mécanisation des opérations, l'importance des effectifs ainsi que la tenue à jour des enregistrements sont les critères qui ont motivés le choix de ce centre. Ce dernier est constitué de quatre bâtiments d'élevage ponte de type obscur contenant chacun cinq batteries à trois étages superposées. Les bilans de fin de bande (12 bandes : 8 de souche Tétra-SL, 3 souche ISA Brown et une de souche Hy-Line), les fiches hebdomadaires et les registres d'élevage ont été utilisés pour constituer la base de données contenant les performances d'un total de plus de 1,4 millions de poules (plus de 119 000 poules/bande). Un seul aliment est offert dès l'entrée en production sans passer par un aliment de transition souvent recommandé entre 18 et 22 semaines. Cet aliment est constitué à près de deux tiers par du Maïs complété par du Son de blé et du Tourteau de soja. La production/poule a été de $271,23 \pm 19,82$ œufs. La consommation moyenne d'aliment par sujet a été de $112,70 \pm 1,61$ g/poule/jour, la consommation moyenne d'aliment par cycle de $42,03 \pm 5,77$ Kg/poule et l'indice de consommation de $2,61 \pm 0,07$. Cet indice est largement supérieur à celui préconisé (2,15) dans le guide d'élevage des trois souches, ce qui influence négativement et la rentabilité du centre d'élevage et le prix de vente sur le marché locale.

ABSTRACT

Feed efficiency of laying hens in an industrial egg production farm in Algeria

In Algeria, the production of eggs for consumption covers largely the needs of the population. (6.6 billion units produced in 2017, a ratio of more than 156 eggs per capita per year) Feed costs represent more than 60% of the cost price in the egg production farms. As a result, the feed component directly influences the profitability of the farm and the price of the egg on the market. It is with this in mind that we propose to evaluate the level of control of this component by evaluating the feed efficiency recorded over a period of 15 years at a specialized industrial breeding center in the region of Bouira in Algeria. The quality of the buildings, the mechanization of operations, the size of the staff and the up-to-date records are the criteria that motivated the choice of this center. The latter consists of four dark-type breeding buildings, each containing five superimposed three-storey batteries. End-of-band (12 flocks: 8 Tetra-SL strain, 3 ISA Brown strain and one Hy-Line strain), weekly records and breeding records were used to form the database containing the performance of a total of more than 1.4 million hens (more than 119 000 hens / band). A single feed is offered from the start of production without going through a transition feed often recommended between 18 and 22 weeks. This feed is made up of nearly two-thirds of corn supplemented with wheat bran and soybean meal. Production/hen was 271.23 ± 19.82 eggs. The average feed consumption per subject was 112.70 ± 1.61 g / hen / day, the average feed consumption per cycle was 42.03 ± 5.77 kg / hen and the feed consumption index was 2.61 ± 0.07 . This feed conversion ratio is much higher than that recommended (2.15) in the breeding guide for the three strains, which negatively influences the profitability of the breeding center and the selling price on the local market.

INTRODUCTION

En Algérie, la production des œufs de consommation couvre largement les besoins de la population (6,6 milliards d'unités produites en 2017 soit un ratio de plus de 156 œufs/habitant/an). Cependant, cette filière se caractérise par une importante fluctuation des quantités produites dans le temps et dans l'espace mais surtout par une importante instabilité des prix sur le marché de cette denrée très demandée (Kaci et Cheriet, 2013). Les charges alimentaires représentent plus de 60% du prix de revient dans les ateliers de production des œufs de consommation (Larbier et Leclercq, 1992). De ce fait, l'alimentation influence directement et la rentabilité de l'élevage et le prix de l'œuf sur le marché.

C'est dans cette optique que nous nous proposons d'évaluer le niveau de maîtrise de ce volet par l'évaluation de l'efficacité alimentaire enregistrée, sur une période de 15 années, au niveau d'un centre d'élevage industriel spécialisé dans la région de Bouira en Algérie.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Bâtiment et conduite d'élevage

La qualité des bâtiments, la mécanisation des opérations, l'importance des effectifs ainsi que la tenue à jour des enregistrements sont les critères qui ont motivé le choix de ce centre. Il est doté de quatre bâtiments en préfabriqué de type obscur orientés vers le nord, d'une surface de 1296m² (12mx108m) chacun avec une hauteur de 2,8m. Chaque bâtiment est constitué d'un atelier de l'élevage et d'un sas sanitaire séparés avec un mur en tôle galvanisée. L'espace qui sépare les bâtiments est de 20m. Chaque bâtiment est doté de cinq batteries d'une largeur de 142m et l'espace entre batteries est de 85cm. Chaque batterie est conçue en trois étages superposés et équipée d'un dispositif automatique assurant l'alimentation, l'abreuvement et l'évacuation des fientes. La température est fixée à 21°C avec des limites de 18°C et 24°C où l'alarme est activée. La ventilation est dynamique de type unilatéral. Chaque bâtiment dispose de 140 ouvertures de secours en cas de canicule ou de défaillance du système de ventilation. Le système de refroidissement de l'air est de type pad cooling. L'éclairage est assuré avec des lampes de 40w, à raison de 150 par bâtiment (6 rangées de 25 lampes). Elles sont fixées à 2m du sol. L'espace entre les lampes est de 4m en longueur et de 1m en largeur. L'intensité lumineuse appliquée est de 20lux

tout au long de la durée de production et contrôlée par un variateur situé au niveau du sas sanitaire. Tous les facteurs d'ambiance peuvent être maîtrisés à l'aide de l'armoire de commande placée au niveau du sas sanitaire. Les souches exploitées sont la Tétré-SL, la ISA Brown et la Hy-line. La poulette a pour origine cinq centres de production de poulettes démarrées.

Un seul aliment est distribué pendant toute la période de production. Il est à base de maïs, de tourteaux de soja, d'issues de meunerie et complété par du calcaire, du phosphate bi-calcique et du CMV. Chaque batterie dispose d'un chariot automatique relié au silo de stockage (d'une capacité de 20 tonnes) par un système de canalisation. La distribution se fait à raison de trois fois /j : à 8h, à 10h et à 14h. L'enregistrement de la consommation se fait à l'aide de balances reliées à l'armoire de commande. Le ramassage des œufs était automatique, il est devenu manuel durant les deux dernières années.

1.2. Recueil des données et paramètres étudiés

Le matériel de travail est constitué des bilans de fin de bande, des fiches hebdomadaires et des registres d'élevage archivés durant 15 années consécutives (1997 à 2012). Les données collectées sont saisies et organisées dans un tableur sur *Microsoft Office Excel®2013*.

Les paramètres étudiés sont :

- effectifs mis en place.
- consommation par cycle de production
- consommation par poule/jour
- production d'œufs/poule présente
- indice de consommation

Le poids moyen de l'œuf utilisé dans les calculs est celui rapporté dans le standard des souches soit 62,5 g pour la Hy-Line, 59,25 g pour ISA BROWN et 63,3 g pour TETRA-SL

Les données des différentes bandes ont été regroupées pour avoir une vision globale des performances. Ensuite, elles ont été réparties en deux phases (8 premières années vs 7 dernières) dans le but d'étudier l'évolution des performances dans le temps. Le test ANOVA a été appliqué à l'aide du logiciel XLSTAT 2014.5.03.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances globales

Les performances globales enregistrées durant les 15 années sont présentées dans le tableau 1.

2.2. Effectifs mis en place

Le nombre total de poules pondeuses mises en place durant les 15 années a été de 1,42 millions à raison d'une moyenne $122231,25 \pm 7156,27$ poules (Tableau 1). Il est à remarquer l'importante variabilité des effectifs qui s'explique surtout par une importante mortalité des poules pendant leur transport des centres de production des poulettes démarrées vers le centre de production des œufs de consommation. L'évolution des effectifs mis en place a été stable ($p=0,5410$; Tableau 2).

2.2. Consommation par poule par jour

Les quantités d'aliment consommées par poule par jour ont été en moyenne de $112,70 \pm 1,61$ g (Tableau 1). Ces consommations sont dans les normes de 100 à 120g/poule/jour préconisées par Van Eekeren et al. (2006) et variant selon la souche, la qualité de l'aliment ainsi que la température environnante. Aussi, ces quantités n'ont pas variées significatives entre la première et la deuxième moitié de la période d'étude ($p=0,4759$; Tableau 2).

2.3. Consommation par cycle de production

La consommation moyenne globale par cycle a été de $42,03 \pm 5,77$ kg (Tableau 1). Elle a été quasiment stable et n'a pas évolué significativement ($p=0,6478$; Tableau 2).

Elle a été en moyenne de $43,67 \pm 6,84$ kg/poule dans la souche Tétra-SL, de $39,8 \pm 1,70$ dans la souche ISA Brown et de 42,7 dans la souche Hy-Line.

On a noté une consommation importante pour les bandes 1, 2 et 10 (54,5 ; 48,8 et 42,7 Kg/poule respectivement) du fait de la durée de production plus longue, respectivement de 58, 64 et 62 semaines.

Globalement, la différence du niveau de consommation observée d'une bande à une autre s'explique par la durée d'exploitation des poules en phase de production qui varie d'une année à une autre, par des problèmes pathologiques ainsi que les pannes de la chaîne d'alimentation. En effet, nous avons noté à travers l'étude des fiches techniques, l'irrégularité de l'approvisionnement en aliment mais aussi sa mauvaise présentation. Il est à noter que la durée de la phase de production préconisée par les guides d'élevages est de 63 à 72 semaines. D'après Pineau et Morinière (2010),

la moyenne consommée par une poule sur son année de ponte ne devrait pas dépasser 44 kg d'aliment.

2. 4. Production d'œufs par poule présente

Globalement, la production moyenne d'œufs par poule présente a été de $271,23 \pm 19,82$ (Tableau 1) pour une durée de production moyenne de 54 ± 6 semaines. Cette quantité d'œufs a été similaire et n'a pas évolué de la première à la deuxième moitié de la période d'étude ($p=0,4759$; Tableau 2).

Par souche, la production a été respectivement de 277 ± 38 , 285 ± 20 et 284 œufs/poule respectivement pour les souches Tétra-SL, ISA Brown et Hy-Line. Ces résultats restent inférieurs par rapport aux moyennes enregistrées sur les mêmes souches par Magdelaine et Conter (2006) en France (294 œufs/poule), en République Tchèque (310 œufs/poule) et en Pologne (315 œufs/poule) ainsi qu'à la moyenne rapportée par Jacquet (2010) pour la Wallonie en Belgique (323 œufs/poule). Il à noter la performance réalisée par la deuxième bande (Tétra-SL) et dans laquelle la quantité moyenne d'œufs pondus/poule a été de 343 soit une production supérieure à celle préconisée par le guide d'élevage de la souche et qui est de 330 œufs/poule.

2. 5. Indice de consommation

L'indice de consommation correspond à la quantité d'aliment fourni à une pondeuse et nécessaire pour obtenir une quantité donnée d'œufs (Pascale et Franz, 2003). C'est le rapport qui permet d'évaluer l'efficacité alimentaire. Il correspond à la quantité d'aliment mis à la disposition de l'animal sur la quantité de produit obtenue. L'indice de consommation moyen calculé a été de $2,61 \pm 0,07$ (Tableau 1) et n'a pas évolué significativement dans le temps ($p=0,4388$; Tableau 2). Par souche, il a été de $2,59 \pm 0,1$, $2,57 \pm 0,1$ et 2,93 respectivement pour Tétra-SL, ISA Brown et Hy-Line. Ces indices sont relativement supérieurs à celui (2,15) préconisé dans les guides d'élevages des souches utilisées et aux résultats rapportés par Pascale et Franz (2003) pour la France (2,11), l'Ile de Réunion (2,2) et le Maroc (2,44). Ils sont, par contre, meilleurs que ceux rapportés par les mêmes auteurs pour la Côte d'Ivoire (3,27) et le Sénégal (3,11). La variation des indices de consommation durant les quinze années est étroitement liée à la différence de production d'œufs par poule et la quantité d'aliment consommée. Cette dernière est plus élevée pour la production d'un œuf dans les conditions locales, ce qui affecte la rentabilité économique, sachant que l'aliment à lui seul constitue 70% du coup de production (Drogoul et al., 2004).

CONCLUSION

L'efficacité alimentaire enregistrée dans ce centre industriel de production d'œufs de consommation sur une période de quinze années et un effectif global de 1,42 millions de poules est largement supérieur aux normes préconisées dans les guides d'élevage des

souches utilisées. En ce sens, dans les conditions de production locales, la quantité d'aliment nécessaire pour la production d'un œuf de consommation étant trop élevée, la rentabilité de ce type de centre et par conséquent le prix de vente des œufs sur le marché local se trouvent affectés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Kaci A., Cheriet F., 2013. New Medit, 12:2, 11-21

Larbier M., Leclercq B., 1992. INRA éditions, 368p.

Drogoul C., Gadoud R., Joseph M., Jaussiau R., Lisberny M., Mangeol B., Montmeas L., Tarrit A., 2004. Educagri Editions.312p.

Jacquet M., 2010. Gembloux, Belgique. Filière Avicole et Cunicole Wallonne asbl.

Magdelaine P., Conter A. 2006. Science et Technique Avicoles. N°56. 16-25.

Pascale R., Franz G., 2003.1ère édition. Paris. 13-19.

Pineau C., Morinière F., 2010. Cahier Technique. Produire des oeufs biologiques. 5-6.

Van Eekeren E.N., Maas A., Saatkamp H.W., Verschuur M. 2006. 4th Edition, Agromisa Foundation and CTA, Wageningen 91p.

Tableau 1. Performances globales enregistrées durant 15 années

Paramètres	Moyenne	Ecart Type
Effectif mis en place (poules)	122231,25	7156,27
Age d'entrée des poules en ponte (semaines)	21,49	0,99
Age des poules à la réforme (semaines)	76,60	3,73
Durée de ponte (semaines)	55,11	4,30
Taux de ponte moyen (%)	72,67	1,98
Consommation/poule/jour (g)	112,70	1,61
Consommation/poule/cycle (Kg)	42,03	5,77
Indice de consommation	2,61	0,07
Production/poule présente (œuf/poule)	271,23	19,82

Tableau 2. Evolution des performances des principaux paramètres liés à l'efficacité alimentaires

Paramètres	Partie 1 (8 premières années)	Partie 2 (7 dernières années)	p
Effectif mis en place (poules)	117843,83	120955,80	0,5410
Consommation/poule/jour (g)	112,30	115,81	0,4759
Consommation/poule/cycle (Kg)	40,06	40,00	0,6478
Production/poule présente (œuf/poule)	275	273	0,4759
Indice de consommation	2,59	2,60	0,4388

Essai 4

BELAID-GATER N., MOUHOUS A, SAIDJ D., KADI S.A. 2021. Effect of quantitative feed restriction on growth performance and economical efficiency in broiler chickens. *VETERINARIJA ir ZOOTECHNIKA*. (Under review).

Effect of quantitative feed restriction on growth performance and economical efficiency in broiler chickens

Belaid-Gater N.^{1,2}, Mouhous A.¹, Saidj D.³, Kadi S.A.¹

¹Department of Agronomical Sciences, Faculty of Biological and Agronomical sciences, Analytical biochemistry and biotechnology laboratory (LABAB), Mouloud Mammeri university, UN1501, Tizi-Ouzou, Algeria.

²Specialised Institute of Technology and Agricultural Means (ITMAS), Boukhalfa, Tizi-Ouzou, Algeria

³Veterinary Sciences Institute, Saad Dahleb University, B.P. 270, Route de Soumâa, 09000. Blida, Algeria

Corresponding author: e-mail: kadisiammar@yahoo.fr

Abstract

Effect of quantitative feed restriction on growth performance and economical efficiency in broiler chickens

Five hundred broilers chickens of Cobb 500 strain were used to study the effect of a quantitative feed restriction during the growth phase on the zootechnical performance. The chickens were raised collectively, under the same conditions, during the starter period and a part of the growing period, i.e. from the first to the 25th day. During the growth period, at 26 days of age, chickens (average live weight = 1257g) were divided into three groups, taking into account the total weight of the group and the number of chickens, housed in floors of equal area and under the same conditions. One control group (T) was fed ad libitum and two restricted groups (R1 and R2). The chickens of lots R1 and R2 were restricted, respectively, to 10% and 20% of the daily ad libitum feed intake of the control lot between 32 and 42 days of age, i.e. a period of 11 days. At 43 days of age, the chickens were re-fed ad libitum until the end of the raising at 49 days of age. At this age (49d), 13 randomly selected chickens from each lot were slaughtered to record the weight of the heat carcass. Analysis of the results showed that the average final live weight and the average heat carcass weight were statistically similar in the three lots. The restrained animals recovered, through compensatory growth, the weight to reach the level of the control lot. In addition, feed efficiency was improved in the restricted chickens. The quantitative feed restriction allowed to save 641.1g and 1282.1g feed per chicken, respectively in lot R1 and R2, without any effect on health or performance, and thus to reduce feed costs. Because feed is the main component of input costs in broiler farming and accounts for up to 70% of the total cost of production, the quantitative feed restriction provides a significant economy in feed costs in broiler production, a reduction in carcass cost price and, consequently, a significant improvement in farmers' income.

Keywords: Broiler, feed restriction, growth, consumption, economical efficiency

Résumé

Effet de la restriction quantitative de l'aliment sur les performances de croissance et l'efficacité économique chez le poulet de chair

500 poulets de la souche Cobb 500 ont été utilisés pour étudier l'effet d'une phase de restriction alimentaire quantitative durant la phase de croissance sur les performances zootechniques du poulet de chair. Durant la période croissance, à 26 jours d'âge, les poulets d'un poids moyen de 1257g ont été répartis en trois lots homogènes, en tenant compte du poids total du lot et du nombre de poulets, logés dans des parquets de surfaces égales et dans les mêmes conditions. Un lot témoin (T) alimenté ad libitum et deux lots restreints (R1 et R2). Les poulets des lots R1 et R2 ont été limités respectivement à 10% et 20% de la prise alimentaire ad libitum journalière du lot témoin, entre 32 jours et 42 jours d'âge soit une durée de 11 jours. A 43 jours d'âge, les poulets ont été réalimentés ad libitum jusqu'à la fin de la période d'élevage à 49 jours d'âge. A la fin de l'expérience, 13 poulets choisis aléatoirement dans chaque lot ont été abattus pour mesurer le poids de la carcasse chaude. L'analyse des résultats obtenus a révélé que le poids vif final moyen et le poids moyen de la carcasse chaude étaient similaires dans les trois lots. Les animaux restreints ont repris, grâce à une croissance compensatrice, du poids pour se hisser à la hauteur de ceux du lot témoin. Aussi, l'efficacité alimentaire a été améliorée chez les poulets restreints. La restriction a permis d'économiser, sans effet sur la santé et les performances des poulets, 641,1g et 1282,1g par poulet, respectivement dans le lot R1 et R2 et donc de réduire les charges alimentaires. Parce que l'alimentation est le principal poste de dépenses dans l'élevage de poulets de chair et représente jusqu'à 70 % du coût total de production, la restriction alimentaire quantitative se traduit par une importante économie des coûts alimentaires dans la production des poulets de chair, une réduction du prix de revient de la carcasse et, par conséquent, une sensible amélioration du revenu des éleveurs.

Mots clés : Poulet de chair, restriction alimentaire, croissance, consommation, efficacité économique

Introduction

The poultry sector in Algeria has seen significant development in recent decades. Population growth and changes in feeding habits that have accompanied the country's urbanization are the main determinants of this development (Kaci 2015). The strong development of the poultry sector contributes to job creation and reduction of animal protein deficits (Kaci 2009). The national poultry industry is undergoing changes that create new constraints. Indeed, the basic factors necessary for its operation (maize and soybean, biological materials, veterinary products, etc.) are exclusively imported (Mouhous et al 2015). The foreign currency resources allocated annually to this sector are very important and constantly increasing.

Under these conditions, the formulation of the feed is made almost exclusively with corn and soybean meal. The value of imports of these two raw materials amounts annually to about 1 billion US dollars (Mouhous et al 2015). As feed is the most important component of expenses in broiler farming (more than 60%), the cost price per kilogram of chicken is highly impacted and dependent on the fluctuation of corn and soybean meal prices on the world market.

The high growth rate of chickens increases the deposition of fat in the carcasses, which leads to human health problems, metabolic and skeletal disorders in poultry, feed wastage through ad libitum feeding and high mortality (Baghbanzadeh and Decuypere 2008). Also, the syndrome of sudden death (Khurshid et al 2019) and ascitis (Kalmar et al 2013) are well-known common problems in high-growth broiler chickens.

Broiler farmers are looking for high productivity with reduced production costs. This objective is closely related to the quantitative feed restriction practiced in broilers to induce compensatory growth, improve feed utilization efficiency and reduce maintenance requirements in the growth and finishing phases (Teimouri et al 2005) but also to reduce the incidence of metabolic diseases (Sahraei 2014). This restriction decreases the fat content in the carcass and decreases the incidence of disease associated with high growth rate such as ascites (Afsharmanesh et al 2016). This will ultimately lead to a reduction in feed and production costs, resulting in higher quality, leaner and cheaper meat with lower mortality rates (Zubair and Leeson 1996a and b, NavidShad et al 2006, Mahmood et al 2007). Also, recent studies on the topic, such as those of Trocino et al (2020), report that feed restriction stimulates activity during and after the restriction phase without any relevant effect on the stress state of the chickens.

It is in this sense that the present work, whose aim is to study, under the real conditions of local production, the effect on the growth, slaughter and economical performance of broilers, of a phase of quantitative feed restriction during the growth period.

Materials and methods

Presentation of the experimental site

This experiment was carried out in a poultry house of the Institute of Technologies and Specialized Agricultural Means (ITMAS) located in Boukhalfa, 5 km north-west of the capital of the province of Tizi-Ouzou (Algeria). The study started on February 3, 2019 (installation of the birds) and finished on March 23, 2019, i.e. a 49-day period. The house is an open type building with a total surface of 129m² and the occupied surface is 90m². It is provided with a natural ventilation system assisted by three small ventilators and three small extractors. The heating is provided by a pancake brooder of 1450 kcal. The temperature inside the building has changed inversely with the age of the chickens and has decreased from 33°C to 21°C. The humidity level recorded varied between 50% and 70%. The lighting was combined (natural and artificial). Feed distribution was manual, with feeders adapted to the age of the chickens. The chickens were watered ad libitum and manually at starter period and automatically during the growing and finishing periods.

Feeds and animals

Five hundred day-old chicks (mixed sexes) of Cobb 500 strain were delivered from a private hatchery located in the same area. The rearing period was divided into three periods. The start period was from the 1st to the 13th day of age, the growth period from the 14th to the 42nd day of age and the finishing period from the 43rd to the 49th day of age.

Three different diets were used in this experiment: a Starter diet (crumbled), a Growth diet (pellet) and a Finish diet (pellet). These three diets are available on the local market, in high demand and used by many breeders, and manufactured and marketed by a private feed factory in the region.

During the starter period (13 days) and the first 11 days of the growing period (24 days), all birds were raised collectively in same and conventional broiler rearing conditions. At 24 days of age, the chickens were divided into three equal lots taking into account the number of chickens (163 chickens each) and the total weight of the lot. The control lot (C) was fed ad libitum and two experimental lots R1 and R2 were subjected to quantitative dietary restriction for 11 consecutive days (from 32 to 42 days of age) with two levels of restriction respectively 10% (R1) and 20% (R2) of the daily intake of the control lot. Ad libitum re-feeding with the finishing feed began at 43 days of age of the chickens and ended the last day of the experiment, i.e. at 49 days of age.

Measures performed or calculated

The monitoring of mortality was daily. During the seven weeks of the experiment, weekly monitoring of individual body weight was carried out. A daily control of the quantities of consumed feed (quantities distributed - quantities refused) was carried out per lot and per period: before restriction (adaptation period from 24th to 32nd day), during restriction (from 32nd to 42nd day) and after restriction (from 43rd to 49th day).

The economic efficiency (AD= Algerian Dinar) was calculated according to the model of Harouz-Chérifi et al (2018):

Economic efficiency (%) = [(Weight gain income in AD/kg - Total feed cost in AD/kg) / Total feed cost in AD/kg] X100

Weight gain income, DA/kg = total weight gain (kg) * price per kg live weight (in AD)

Total feed cost (feed loads) = the total amount of feed consumed (kg/chicken) * price per kg of feed.

Gross Margin (DA) = Weight Gain Income (DA) - Total Feed Cost (DA).

Cost/benefit ratio = Total cost of feed consumed/gross margin.

The price of the feed, which was bought on the local market, was 52 DA/kg.

Slaughter

At the end of the experiment, 13 randomly selected chickens from each lot were slaughtered without fasting. The total live weight per slaughter cage and the weight of the hot carcass were recorded.

Chemical analysis

The chemical analyses of diets covered dry matter, mineral content, crude protein (NA652-1992), fat (NA654-1992), calcium (AFNOR) and phosphorus (NA657-1992).

Statistical analysis

The recorded and/or calculated data were subjected to an analysis of variance using software R 3.6.1, with the restriction level as the only variation factor.

Results and discussion

Chemical composition of the feeds

The crude protein, calcium and phosphorus contents of the starter diet are higher than those recommended by the strain guide (Table 1). According to Leclercq and Beaumont (2000), fillet yields are better when the requirements for a minimum feed conversion are optimized during the first two rearing phases.

The growth diet contains a crude protein content (Table 1) that is 1.75% higher than the standards recommended in the strain guide. According to Larbier and Leclercq (1992), when the energy requirement is provided in growing chickens, the excess of protein moderately reduces the appetite without affecting growth, and raising the protein level by 1 point (10g/kg diet) results in a 3% increase in water consumption. Thus, the amount of water taken in per gram of diet, which is on average 1.77, can exceed 2 when the high-protein diet is ingested. The protein concentration of the finishing diet also exceeds the nutritional recommendations of the strain by 2.66%. According to Drogoul et al (2004), for a given energy concentration, the crude protein and amino acid content of the diet decreases as the age of the chickens increases.

Calcium and phosphorus levels in the growing diet exceed the nutritional recommendations of the strain guide (Vantress 2018). A combined and balanced intake of these 2 elements is necessary for bone growth, calcium plays a determining role on phosphorus availability (Narcy et al 2009). In addition, nutritionists use wide safety margins to ensure adequate phosphorus intake, which is crucial for skeletal integrity and growth performance in broilers (Flaten et al 2003).

For the finishing diet, the phosphorus content is higher than the recommended intake according to the strain guide (Vantress 2018), in contrast to the calcium content. According to Waldenstedt (2006), the calcium content must be less than 0.70% after 28 days of age of the chickens.

Globally, the nutrient intakes of the three types of diets, especially nitrogen, exceed the recommendations, which has negative repercussions on the costs of these diets, generates significant nitrogen rejections and indicates the lack of adequate knowledge regarding the formulation aspect at the level of the feed mills.

Table 1. Chemical composition (% DM) of the three types of diets used in the test

Parameter	Starter diet	Growth diet	Finishing diet
Dry matter	83,83	88	89,5
Crude ash	5,4	5,6	5,6
Organic matter	94,6	94,4	94,4
Crude protein (N×6.25)	21,49	21,74	20,66
Crude fat	4,4	4,87	3,7
Calcium	1,1	0,93	0,7
Phosphor	0,68	0,74	0,6
Metabolizable energy (kcal/kg)*	3811,42	3832,62	3807,43

* Estimate from the equation de Zarghi et al (2010)

Health status

Throughout the restriction phase, the chickens' health status was good, only two chickens died in lot R1 on the last day, probably due to the stress of handling (the final weighing). These results are in agreement with those reported in the literature regarding the reduced mortality rate and sudden restriction death syndrome (Tottori et al 1997, Bhat and Banday 2000, Saleh et al 2005, Boostani et al 2010).

Evolution of feed consumption and growth

During the restriction period (11 days), as expected and contrary to the pre-restriction period, daily consumption per chicken was significantly lower in restricted lots R1 and R2 compared to the control lot (Table 2). These results are in agreement with those reported in the literature on this type of trials (Demir et al 2004, Novele et al 2008, Malpotra et al 2017, ...).

After the return to ad libitum feeding ("post-restriction" period), there was an increase in feed intake in the chickens that were restricted, resulting in a similar average feed daily intake in the three lots ($p=0.002$) during this period. These results are in agreement with those recorded by Dozier et al (2003), Jahanpour et al (2014) and Zomrawi et al (2019). However, the opposite was recorded by Bouallegue and Aschi (2015) who explained their results by the severity of the level of restriction applied, with the restricted chickens receiving the same amount of feed for 8 successive days while those of the control lot gradually increased their consumption. Our results would be due to the low level of restriction applied in this experiment. Chickens from lots R1 and R2 were restricted for 11 successive days. The amounts consumed by these chickens were calculated on the basis of the amount consumed by the chickens in the control lot every day. The control chickens gradually increased their consumption. The difference in average daily consumption recorded per restricted chickens during the 11 days of restriction ranged from 350 g to 450 g less than that fed ad libitum.

Table 2. Evolution of average daily feed consumption per chicken according to the level of restriction before, during and after restriction.

Period \ Lots	C	R1	R2	SEM	P
Before restriction	151.04a	150.22a	144.65a	8.23	0.949
During restriction	210.89b	177.85a	169.89a	5.77	0.002
After restriction	186.29a	183.01a	200.63a	5.53	0.404

C : Control. R1 : Lot with 10% of restriction. R2 : Lot with 20% restriction.

Values followed by different letters on the same line are significantly different.

The average live weights (Table 3), obtained at the end of the trial (49 days of age), are similar between lot T and lots R1 and R2, respectively 3416.34 g, 3456.38 g and 3432.10 g ($p>0.05$). These results are in agreement with those reported by Scheideler and Baughman (1993), Deaton (1995), Cristofori et al (1997) and Khetani et al (2009) who reported that restricted chickens expressed compensatory growth after re-feeding ad libitum. The highest was noted for the most severe level of restriction with an average daily gain (ADG) of 95.43g/day during the post-restriction period (Table 6). This is slightly higher than that recommended, at the same time, by the Cobb 500 strain guide and confirms the results recorded by Summers et al (1990), Leeson and Zubair (1997) and Saleh et al (2005).

The average final live weight at 49 days (3434.94g) recorded in this study was better than those (2760 g) reported by Mouhous et al (2012) recorded at 57 days of age in private farms in the same region (Tizi-Ouzou) or those reported by Mouhous et al (2014) for the Béjaia region, which borders Tizi-Ouzou. However, it is slightly lower than the average weight of the Cobb 500 strain and recommended by the strain guide at 49 days, i.e. 3506 g.

Table 3. Comparison of average live weight (g) according to restriction level and period

Lots \ Periods	Before restriction	During restriction	After restriction
C	1673.46a	2305.91a	3416.34a
R1	1665.80a	2247.62b	3456.38a
R2	1652.80a	2258.60b	3432.10a
SEM	13.99	19.73	18.94
P	0.152	0.038	0.682

C : Control. R1 : Lot with 10% of restriction. R2 : Lot with 20% restriction.

Values followed by different letters on the same line are significantly different.

In terms of absolute value, the feed conversion seems to be at the same level in the three lots or even more interesting in the restricted lots with an overall feed conversion ratio (at 49 days) of 1.77 for lot R1, 1.78 for lot R2 and 1.90 for the control lot (Table 4). These results are similar to those reported by several authors notably Bowes et al (1988), Deaton (1995), Sahraei (2012), and

Bouallegue and Aschi (2015). The value of the overall feed conversion ratio recorded for the two restricted lots (1.77) is slightly better than the performance of the Cobb 500 strain (1.82) recommended, at the same age of the chickens, by the strain guide.

Table 4. Evolution of the average daily gain (ADG) and the feed conversion ratio (FCR) according to the level of feed restriction.

average daily gain (ADG), g/d				
Lots \ periods	Before restriction	During restriction	After restriction	global ADG
C	85.16	91.91	66.98	70.13
R1	84.07	89.72	85.44	70.97
R2	72.50	92.13	95.43	70.46
feed conversion ratio (FCR)				
Lots \ periods	Before restriction	During restriction	After restriction	global FCR
C	1.62	1.91	2.24	1.90
R1	1.52	1.97	2.04	1.77
R2	1.81	1.61	2.76	1.78

C : Control. R1 : Lot with 10% of restriction. R2 : Lot with 20% restriction.

The average hot carcass weight (Table 5) is similar in the three lots (T, R1 and R2). Which is very interesting and indicates that the experimental chickens managed to regain growth during their re-feeding ad libitum period after feed restriction and to reach the weight of the control lot with reduced feed intake. Jayasiri et al (2019) also reported this type of result.

For indication, the average carcass yield in the restricted lots was 78.44% compared to 74.61% in the control lot. The recommended yield for chickens of this strain at this age by the Cobb 500 Guide is 75.42%. Lee and Lesson (2001) suggest that there is no loss in meat yield if chickens achieve compensatory growth during their re-feeding period after feed restriction.

Table 5. Effect of feed restriction on hot carcass weight of chickens

Lot	hot carcass weight (g)
C	2549.16a
R1	2732.72a
R2	2670.90a
SEM	53.10
P	0.367

C : Control. R1 : Lot with 10% of restriction. R2 : Lot with 20% restriction.

Values followed by different letters on the same line are significantly different.

Economical efficiency

The results of the economic study of this experiment (Table 6) show the advantage of the feed restriction and confirm the results of the bibliography notably those of Ewa et al (2006), Sahraei (2012), Zomrawi et al (2019), Trocino et al (2020), ...

The feed restriction, at the end of the growth period, resulted in an improvement of 20% and 42% in economic efficiency, respectively for lot R1 and lot R2, compared to that of the Control lot. Similarly, restriction reduced the total feed cost per chicken by 9.52% and 19.97% for lot R1 and lot R2, respectively, compared to the control. This reduction is explained by the amount of feed saved due to the restriction of 10% and 20% of the Control's consumption, which are 641.1g and 1282.1g per chicken, respectively.

The restricted lots also enabled an improvement in the income per kg of meat produced, with a reduction of 31.72 AD for R1 and 66.56 AD for R2 for each kg of meat produced.

In addition, restricted lots R1 and R2 had better cost/income ratios than the control lot. These results are in agreement with those of Proudfoot and Hulan (1982) and Jayasiri et al (2019), who reported that chickens restricted and then fed ad libitum had a higher benefit than those fed ad libitum without restriction (control).

Table 6. Production economy per 49-day-old chicken in the three lots (T, R1 and R2)

Parameters	Control Lot (C)	R1 Lot	R2 Lot
Average live weight of a day-old chick (g)	49.73	49.70	49.75
Average live weight at 49 days (g/chicken)	3416.34	3456.38	3432.10
Total weight gain (kg)	3.37	3.41	3.38
Selling price AD/kg live weight	250	250	250
Income as live weight gain DA/kg	842.5	852.5	845
Total feed consumed/chicken (kg)	6.41	5.8	5.13
Price per 1kg of feed (AD)	52	52	52
Total feed/chicken cost (AD/kg)	333.32	301.6	266.76
Economical efficiency (%)	153	183	217
Gross margin (DA)	509.18	550.9	578.24
Cost/benefit ratio	0.65	0.54	0.46

C : Control. R1 : Lot with 10% of restriction. R2 : Lot with 20% restriction.

AD : Algerian Dinar

Conclusion

The results of this experiment confirm the advantages of quantitative feed restriction in broiler farming. Applied at two levels (10% and 20%) during the late growing period (31 to 42 days of age), it did not affect the health status or zootechnical performance of the chickens. It induced sufficient compensatory growth to reach a final live weight and hot carcass weight similar to the control lot with an appreciable economy of feed consumed.

The quantitative feed restriction mainly results in a significant economy of feed costs in broiler production, which is very profitable for the breeders but also, indirectly, for the consumers.

Acknowledgements

The authors would like to thank H. Bouibed, N. Kacel, AZ. Belaireche and A.Taha for their technical collaboration in the execution of this essay.

References

- Afsharmanesh M, Lotfi M and Mehdipour Z 2016** Effects of wet feeding and early feed restriction on blood parameters and growth performance of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 2(3), 168-172. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654516300270>
- Baghbanzadeh A and Decuypere E 2008** Ascites syndrome in broilers: physiological and nutritional perspectives. *Avian pathology*, 37(2), 117-126. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03079450801902062>
- Bhat G A and Banday M T 2000** Effect of feed restriction on the performance of broiler chicken during winter season. *Indian Journal of Poultry Science*, 35(1), 112-114. <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijps&volume=35&issue=1&article=030>
- Boostani A, Ashayerizadeh A, Mahmoodian F H and Kamalzadeh A 2010** Comparison of the effects of several feed restriction periods to control ascites on performance, carcass characteristics and hematological indices of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 12(3), 170-177. <https://www.scielo.br/pdf/rbca/v12n3/06.pdf>
- Bouallegue M et Aschi M S 2015** Effet de la restriction alimentaire quantitative sur les performances de poulets de chair élevés en Tunisie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 68(1), 27-31. <https://revues.cirad.fr/index.php/REMVT/article/download/20573/20329>
- Bowes VA, Jillian R J, Leeson S and Stritzinger T 1988** Effect of Feed Restriction on Feeding Efficiency and Incidence of Sudden Death Syndrome in Broiler Chickens. *Poultry Science*, 67: 1102 –1104. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119566342/pdf?md5=a86710e25ab479fa18d8af8cd613a5be&pid=1-s2.0-S0032579119566342-main.pdf>
- Cristofori C, Meluzzi A, Giordani , and Sirri F 1997** Early and late quantitative feed restriction of broilers: effects on productive traits and carcass fatness. *Archiv fur Geflugelkunde*, 61(4), 162-166. <https://www.european-poultry-science.com/Early-and-late-quantitative-feed-restriction-of-broilers-effects-on-productive-traits-and-carcass-fatness,QUIEPTUwMDM0MzYmTUIEPTe2MTAxNA.html>
- Deaton J W 1995** The effect of early feed restriction on broiler performance. *Poultry science*, 74(8), 1280-1286. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119454916/pdf?md5=45221424c162bf0d74350274ce90f580&pid=1-s2.0-S0032579119454916-main.pdf>

Demir E, Sarica S, Sekeroglu A, Ozcan M A and Seker Y 2004 Effects of early and late feed restriction or feed withdrawal on growth performance, ascites and blood constituents of broiler chickens. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 54(3), 152-158. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09064700410004852>

Dozier III W A, Lien R J, Hess J B and Bilgili S F 2003 Influence of early skip-a-day feed removal on live performance and carcass yield of broilers of different sexes and strain sources. *Journal of applied poultry research*, 12(4), 439-448. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S105661711931880X/pdf?md5=d914288caa669b7ba9d9bd8412be4f43&pid=1-s2.0-S105661711931880X-main.pdf>

Drogoul C, Gadoud R, Joseph Mm, Jussiau R, Lisberney Mj, Mangeol B, Montmeas L, Tarrit A. 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. 2eme édition. Educagri Editions, Dijon, 270p.

Ewa V U, Nwakpu P E and Otuma M 2006 Effect of feed restriction on growth performance and economy of production of broiler chicks. *Animal Research International*, 3(3), 513-515. <https://www.ajol.info/index.php/ari/article/viewFile/40781/8360>

Flaten D, Snelgrove K, Halket I, Buckley K, Penn G, Akinremi W and Tyrchniewicz E 2003 Acceptable phosphorus concentrations in soils and impact on the risk of phosphorus transfer from manure amended soils to surface waters. Review of literature for the Manitoba Livestock Manure Management Initiative. 235p. <http://www.manure.mb.ca/projects/pdfs/02-hers-01.pdf>

Harouz-Cherifi Z, Kadi S A, Mouhous A, Berchiche M, Bannelier C et Gidenne T 2018 Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement : performances de croissance, d'abattage et efficacité économique. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 30, Article #110 <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/cheri30110.html>

Jahanpour H, Seidavi A and Qotbi A A 2014 Effects of intensity and duration of quantitative restriction of feed on broiler performance. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 65(2), 83-98. <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/jhvms/article/download/15519/13972>

Jayasiri, H P B S, Nayananjali W A D and Adikari A M J B 2019 Effect of Quantitative Early Feed Restriction on Growth Performances, Meat Quality, Abdominal Fat and Serum Lipid Profile in Broiler Chicken. *Sabaragamuwa University Journal*, 17(1), 6-14. <https://suslj.sljol.info/articles/10.4038/suslj.v17i1.7727/galley/5922/download/>

Kaci A 2009 Présentation des résultats d'enquêtes sur l'aviculture. 3èmes journées sur les Perspectives Agricoles et Agro-alimentaires Maghrébines. Libéralisation et Mondialisation. Projet PAMLIM les 27, 28 et 29 Mai, Casablanca.

Kaci A 2015 La filière avicole algérienne à l'ère de la libéralisation économique. *Cahiers Agricultures*, 24(3), 151-160. <https://www.cahiersagricultures.fr/articles/cagri/pdf/2015/03/cagri2015243p151.pdf>

Kalmar I D, Vanrompay D and Janssens G P 2013 Broiler ascites syndrome: collateral damage from efficient feed to meat conversion. *The Veterinary Journal*, 197(2), 169-174.

Khetani T L, Nkukwana T T, Chimonyo M and Muchenje V 2009 Effect of quantitative feed restriction on broiler performance. *Tropical animal health and production*, 41(3), 379.

Khurshid A, Khan A A, Banday M T, Ganai A M, Khan H M, Choudhary AR and Ashaq Manzoor I A 2019 Effect of feed restriction on performance of broiler chicken. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(2): 1054-1056
<http://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartR/7-2-250-999.pdf>

Larbier M et Leclercq B 1992. Nutrition et alimentation des volailles. INRA Editions, 355 p.

Leclercq B et Beaumont C 2000 Etude par stimulation de la réponse des troupeaux de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines. *Productions Animales* 1 (13), 47-59.
https://www6.inrae.fr/productions-animales/layout/set/print/content/download/4043/41834/version/1/file/Prod_Anim_2000_13_1_05.pdf

Lee K H and Leeson 2001 Performance of broilers fed limited quantities of feed or nutrients during seven to fourteen days of age. *Poultry science*, 80(4), 446-454.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119411103/pdf?md5=e78c3c2abe6a9475f05b8263dfc6a6a2&pid=1-s2.0-S0032579119411103-main.pdf>

Leeson S and Zubair A K 1997 Nutrition of the broiler chicken around the period of compensatory growth. *Poultry science*, 76(7), 992-999.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119406408/pdf?md5=564c832106dba167e69783ca61ab102a&pid=1-s2.0-S0032579119406408-main.pdf>

Mahmood S, Mehmood S, Ahmad F, Masood A and Kausar R 2007 Effects of feed restriction during starter phase on subsequent growth performance, dressing percentage, relative organ weights and immune response of broilers. *Pakistan Veterinary Journal*, 27(3), 137.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.631.8591&rep=rep1&type=pdf>

Malpotra K, Singh U, Sethi A P S, Singh P and Hundal J S 2017 Growth performance of broiler chicken as affected by phased feed restriction and fat supplementation. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 34(3), 329-337. https://www.academia.edu/download/56830498/Effect_on_broiler.pdf

Mouhous A, Benterzi S, Slimani H, Kadi S A, Djellal F et Guermah H 2012 L'élevage du poulet de chair en zone de montagne : Cas de la région de Tizi-Ouzou. *II^{èmes} Journées Nationales des Sciences de la Nature et de la Vie. Les 7 et 8 novembre 2012, université de Bejaia, Algérie.*

Mouhous A, Chabat S, Maza H et Kadi S A 2014 Les performances technico-économiques de l'élevage du poulet de chair en zone de montagne : Cas de la région de Bejaia (Algérie). 3^{ème} Forum National Agro-Vétérinaire, Université Ibn-Khaldoun de Tiaret, du 13 au 15 Mai 2014.
http://www.univ-tiaret.dz/fr/fichiers_joints/RecueilForum-Agro-Veto-2014-Final.pdf

Mouhous A, Kadi S A, Guermah H, Djellal F, Berchiche M 2015 Performances des élevages de poulet de chair en zone de montagne : cas de la région de Tizi-Ouzou. *11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours (France), 25 et 26 mars 2015.* <http://www.itavi.asso.fr/download/8802>

Narcy A, Jondreville C, Letourneau-Montminy M P, Magnin M et Nys Y 2009 Voies nutritionnelles d'économie de phosphore chez le poulet. *Journ. Rech. Avicole, Saint-Malo, France, 115 -123*

Navidshad B, Shivazad M, Shahneh A Z and Rahimi G 2006 Effects of feed restriction and dietary fat saturation on performance and serum thyroid hormones of broiler chickens. *Int. J. Poult. Sci, 5, 436-440.* <https://www.academia.edu/download/50810589/fin531.pdf>

Novele D J, Ng'Ambi J W, Norris D and Mbajiorgu C A 2008 Effect of sex, level and period of feed restriction during the starterstage on productivity and carcass characteristics of Ross 308broiler chickens in South Africa, *Int. J. Poult. Sci., 7, 530–537.* <http://free-journal.umm.ac.id/files/file/Effect%20of%20Sex,%20Level%20and%20Period%20of%20Feed%20Restriction%20During.pdf>

Proudfoot F G and Hulan H W 1982 Effects of reduced feeding time using all mash or crumble-pellet dietary regimens on chicken broiler performance, including the incidence of acute death syndrome. *Poultry Science, 61(4), 750-754.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119421172/pdf?md5=992a6636a815ecb99221f8fa799b53dd&pid=1-s2.0-S0032579119421172-main.pdf>

Sahraei M 2012 Feed restriction in broiler chickens production: a review. *Global Veterinaria, 8(5), 449-458.* [http://www.idosi.org/gv/GV8\(5\)12/4.pdf](http://www.idosi.org/gv/GV8(5)12/4.pdf)

Sahraei M 2014 Effects of feed restriction on metabolic disorders in broiler chickens: a review. *Biotechnology in Animal Husbandry, 30(1), 1-13.* <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-9156/2014/1450-91561401001S.pdf>

Saleh E A, Watkins S E, Waldroup A L and Waldroup P W 2005 Effects of early quantitative feed restriction on live performance and carcass composition of male broilers grown for further processing. *Journal of applied poultry research, 14(1), 87-93.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119317787/pdf?md5=3e0c4909b99a9774fa599193e560bdf8&pid=1-s2.0-S1056617119317787-main.pdf>

Scheideler S E and Baughman G R 1993 Computerized early feed restriction programs for various strains of broilers. *Poultry Science, 72(2), 236-242* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911933826X/pdf?md5=2c8bc31c95ae914e182ece059bdcfe41&pid=1-s2.0-S003257911933826X-main.pdf>

Summers J D, Spratt D and Atkinson J L 1990 Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poultry Science, 69(11), 1855-1861.*

- Teimouri A, Rezaei M, Pourreza J, Sayyazadeh H and Waldroup P W 2005** Effect of diet dilution in the starter period on performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Int. J. Poult. Sci*, 4(12), 1006-1011. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.491.2998&rep=rep1&type=pdf>
- Tottori J, Yamaguchi R, Murakawa Y, Sato M, Uchida K and Tateyama S 1997** The use of feed restriction for mortality control of chickens in broiler farms. *Avian diseases*, 433-437.
- Trocino A, White P, Bordignon F, Ferrante V, Bertotto D, Birolo M, Pillan M and Xiccato G 2020** Effect of Feed Restriction on the Behaviour and Welfare of Broiler Chickens. *Animals*, 10(5), 830. <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/5/830/pdf>
- Vantress C 2018** Cobb broiler management guide. *Cobb-Vantress, Siloam Springs, AR, USA*. 112p. <https://www.cobb-vantress.com/assets/5c7576a214/Broiler-guide-R1.pdf>
- Waldenstedt L 2006** Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4), 291-307. https://slunik.slu.se/kursfiler/HV0055/40021.1112/Waldenstedt_nutrition_leg_health.pdf
- Zarghi H, Golian A, Kermanshahi H 2010** Relationship of chemical composition and metabolisable energy of triticale for poultry. In *WPSA (UK Branch) Annual Meeting*. Queen's University, Belfast, Northern Ireland, 13th– 14th April 2010. <http://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1036510.pdf>
- Zomrawi W B, Mohamed K E, Algam T A, Abdalhag M A and Osman R H 2019** Effect of Feed Restriction on Compensatory Growth and Broiler Chicks Performance. *International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries*, 7(3), 30. <http://www.openscienceonline.com/author/download?paperId=5330&stateId=8000&fileType=3>
- Zubair A K and Leeson S 1996a** Compensatory growth in the broiler chicken: a review. *World's Poultry Science Journal*, 52(2), 189-201.
- Zubair A K and Leeson S 1996b** Changes in body composition and adipocyte cellularity of male broilers subjected to varying degrees of early-life feed restriction. *Poultry science*, 75(6), 719-728. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119425364/pdf?md5=1f23abaa720ac8bc59728b1e4928a323&pid=1-s2.0-S0032579119425364-main.pdf>

Essai 5

BELAID-GATER N., GAOUA S., KADI S.A. 2021. Effect of sagebrush (*Artemisia herba-alba* Asso) and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) on growth performances, some biochemical traits and carcass qualities for broiler chickens. *Veterinaria*. Vol. 70. Issue 2 (2021). The article link <https://doi.org/10.51607/22331360.2021.70.2.245>

Effect of sagebrush (*Artemisia herba-alba* Asso) and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) on growth performances, some biochemical traits and carcass qualities for broiler chickens

Belaid-Gater N.^{1,2}, Gaoua S.¹ Kadi S.A.¹

¹ Département des sciences agronomiques, Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques, Laboratoire de biochimie analytique et biotechnologies (LABAB), Université Mouloud Mammeri, UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie. gaternadia@gmail.com

² Institut de technologie et moyens agricoles spécialisé (ITMAS) de Boukhalfa, Tizi-Ouzou, Algérie

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of two medicinal plants, Fenugreek and sagebrush, on the performance (growth, slaughter parameters and meat quality, biochemical and blood lipid parameters, bacteriological, virological and parasitological analyses) of broiler chickens. 300 Cobb 500 broiler chicks were used. On the 11th day of age, they were weighed and distributed in three lots of 100 chicks at a rate of 04 replicates of 25 chicks. The chickens in the control lot consumed pure water, those in the two experimental lots water, one with Fenugreek infusion and the other with sagebrush infusion. The experiment finished when the chickens reached 6 weeks of age, i.e. 42 days. Supplementation with Fenugreek and sagebrush infusions significantly affected final body weight, weight gain, feed intake, feed conversion and water consumption. However, no significant difference was noted for slaughter parameters except for liver weight which was higher in the sagebrush lot. The blood biochemical parameters of the chickens in the two experimental lots were not affected. In addition, the meat of the chickens in the sagebrush and Control lots was noted to be very tender and juicier than the meat of the chickens in the Fenugreek lot. Mortality was significantly similar in the two experimental lots and the control lot.

Keywords: Broiler, fenugreek, performance, sagebrush.

INTRODUCTION

Growth promoters (antibiotics, probiotics, enzymes, chemicals, etc.) have an active role in the experimental and commercial production of large and small animals (Abaza et al., 2003).

Supplementation of poultry feed with several growth promoters from different sources is now common and widely used to improve nutrient utilisation (Boulos et al., 1992).

In animal husbandry, growth promoters, combined with vaccinations and improved hygienic conditions, make a major contribution to the development of so-called 'industrial' livestock farming. Poultry are interesting in this respect, because poultry farming was the first to become

industrialized and it was also in chicken that another property of antibiotics was discovered: the growth-promoting effect (Guillot, 1989).

The negative effects of chemicals, particularly antibiotics, led to the use of natural products, i.e. medicinal plants, to improve the feed use efficiency and growth performance of poultry.

Several researchers have reported that the use of medicinal plants in broiler diets improved body weight gain and feed conversion efficiency and reduced feed costs (Azoua, 2001).

Eleven spontaneous species of *Artemisia* are present in the Algerian flora (Quezel and Santa 1963). Among these, *Artemisia herba-alba* Asso (Greuter, 2006-2009), commonly known as sagebrush or desert sagebrush (Arabic name Chih) is the most common. *Artemisia* is known for its anti-inflammatory effects (Yun et al., 2016), hypocholesterolemia and hypotriglyceridemia (Lee et al., 2017). In Algeria, it is used to treat several diseases such as digestive and respiratory problems (Ait Kaki et al., 2018). In addition, antihelmintic and antileishmania effects of *Artemisia* have been reported in several studies (El Rhaffari and Zaid., 2002; Houmani et al., 2004; Hamza et al., 2011; Lee et al., 2017).

Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) is a medicinal plant with a wide range of therapeutic and antimicrobial growth-promoting effects (Purushothaman et al., 2015). Fenugreek seeds have many therapeutic effects such as hypoglycaemic, anthelmintic, antibacterial, hypocholesterolemia, anti-inflammatory, antipyretic, antimicrobial and antioxidant properties (Xue et al., 2007). They also contain neurine, biotin and trimethylamine, which tend to stimulate appetite through their action on the nervous system (Al-Habori and Roman, 2002).

Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of Fenugreek seed powder and the aerial part of sagebrush on growth performance, biochemical parameters, health status and slaughter parameters, and meat quality of broilers.

MATERIAL AND METHODS

The study was carried at a private broiler breeder located 5 km northwest of the wilaya (district) of Tizi-Ouzou (Algeria).

Three hundred one-day-old chicks of the Cobb 500 strain, with an average weight of 33.68 g, were received from a hatchery in the same area. The rearing period was divided into three periods (starting, growing and finishing).

Three commercial feeds, available on the local market, were used during this experiment: a starter feed (crumbled), a growth feed (pelleted) and a finish feed (pelleted).

For the first 11 days of the starter period, all animals were raised together. At 11 days of age, the chicks were weighed, identified individually and divided into three equal lots taking into account the number of chicks (100 chicks per lot) and the total weight of the lot with four replicates of 25 subjects per lot.

A control diet called T1 received pure water and two experimental diets: the called T2 received water containing an infusion of Fenugreek seed powder and the one called T3 received water containing an

infusion of powder from the aerial part of the sagebrush plant. The infusions were renewed every 24 hours, for 31 consecutive days (from 11 to 42 days of age).

The infusions of Fenugreek seed powder and the powder of the aerial part of the White Mugwort plant, purchased from a local herbalist, were prepared according to the method described by Leila (1977). Throughout the trial, the infusions were prepared overnight for both experimental lots using the same steps. A quantity of 60 g powder of each herbal additive (Fenugreek or sagebrush, depending on the lot) is mixed with 1 L of water, each in a bottle, and kept at ambient temperature for 8 hours. In the morning, the two aqueous solutions obtained are filtered, poured and mixed each in 40 L of water.

During the six weeks of the trial, according to the methodology inspired from several works as Alloui et al. (2012), El Tazi et al. (2014) and Ait Kaki et al. (2018), the following parameters were controlled: weekly individual live weight, daily quantities of feed consumed, daily quantities of water consumed, weekly feed conversion index and mortality rate. At the end of the trial, one randomly selected chicken from each sub-lot, 12 chickens, was slaughtered and then eviscerated without fasting. The final live weight, weight of legs, head, liver, gizzard, heart, full intestines and hot carcass were measured immediately after slaughter. The carcasses were placed in the refrigeration at 4°C for 24 hours. Then the weights of the cold carcasses, thighs, wings and breast were measured.

Biochemical analysis

A blood sample was taken at the end of the experiment on a chicken randomly selected from each sub-batch. The blood samples were then analyzing in a private Medical Biology laboratory. The parameters measured were as follows: Glycaemia, Blood Urea, Blood Creatinine, Total Proteins, Total Cholesterol, HDL Cholesterol, LDL Cholesterol and Triglycerides.

Bacteriological, virological and parasitological analyses

At the end of the experiment, bacteriological, virological and parasitological tests were carried out at a specialized veterinary laboratory in the district of Tizi-Ouzou.

Taste test

A tasting test of the chicken meat from the three lots was carried out at the laboratory of animal nutrition and animal products at the Mouloud Mammeri University in Tizi-Ouzou to assess the effect of the two medicinal plants on the quality of the meat.

Statistical analysis

The recorded and/or calculated data were subjected to an analysis of variance (ANOVA) using software R 3.6.1, with Fenugreek or sagebrush infusion as the only variation factor. The differences were considered significant at $p < 0.05$.

RESULTS

As was expected, results for initial average body weights (Table 1) showed no significant difference between the groups. At the end of the 42 days of rearing, water supplementation of Fenugreek and sagebrush significantly ($p=0.0075$) increased the final average body weight in the Fenugreek group by 207 g compared to the sagebrush group but remained significantly similar to the control group.

Also, the results obtained showed that the daily weight gain was similar in the control and Fenugreek lots but was significantly lower in the sagebrush lot (Table 1).

Table 1 Effects of fenugreek and Sagebrush on growth performance of broiler chickens from 13 to 42 days of age

Parameters	Control lot	Fenugreek lot	Sagebrush lot	SEM	P
Initial body weight (g)	244.32 a	245.58 a	246.19 a	1.12	0.53
Final body weight (g)	2353.10b	2371.32b	2164.19a	60.06	0.0075
Weight Gain (g)	2179.1b	2181.7b	1681.8a	140.14	0.00142
Feed consumption (g)	4096.65b	4090.24b	3454.93a	197.84	0.0112
Feed conversion ratio	2.23ab	2.15a	2.52b	0,10	0.0234
Water consumption (L)	1.09b	1.02ab	0.90a	0.04	0.0094

Throughout the trial period (29 days), average consumption per chicken was significantly lower in the Sagebrush lot compared to the Control and Fenugreek lots, which were significantly similar in the latter two lots (Table 1). These results are very close to the average consumption per chicken during the same period (13 to 42 days) recommended by the Cobb 500 strain performance guide, i.e. 4160g for the control lot and the Fenugreek lot, but less than 706g for the Sagebrush lot.

The results in Table 1 show that water consumption is significantly low in the Sagebrush lot compared to the other experimental lot and the control lot. Water consumption in the Fenugreek lot is significantly similar to that of the control lot, meaning that the infusion of Fenugreek seed powder in water does not affect the water consumption of broilers; contrary to the Sagebrush lot.

The overall feed conversion ratio was significantly better in the Fenugreek lot followed by the control lot and then the Sagebrush lot (Table 1). This proves the effectiveness of infusing fenugreek seed powder in water.

The plasma values of the biochemical parameters studied (Table 2), in particular Blood Sugar, Total Protein, Total Cholesterol and Triglycerides, were in advantage of the control lot compared to the two experimental lots.

Contrary to several studies that report positive effects of Fenugreek and Artemisia supplementation in chicken diets, in the present study no improvement was noted in the serum biochemical parameters of the chickens compared to the control group. However, these results remain within the usual values proposed by some authors.

Table 2 Biochemical and blood lipid parameters of the chickens in the three lots

	Control lot	Fenugreek lot	Sagebrush lot
Biochemical balance			
Blood glucose (mg/ml)	1.61	2.11	2.37
Blood urea (mg/ml)	<0.04	<0.04	<0.04
Blood creatinine (mg/ml)	0.003	0.004	0.004
Total Protein (mg/ml)	31	29	30
Lipidic balance			
Total cholesterol (mg/ml)	1.04	1.16	1.17
HDL Cholesterol (mg/ml)	0.59	0.65	0.55
LDL cholesterol (mg/ml)	0.39	0.39	0.49
Triglycerides (mg/ml)	0.29	0.6	0.65

The analytical results of the samples at the end of the 6 weeks of rearing of the two experimental lots and the control lot showed that the chickens were free of disease throughout the rearing period in all three lots.

No significant difference was observed in average weight of offal (gizzard, heart and intestines) in all three lots. On the other hand, liver weight was significantly higher in the Sagebrush lot ($p=0.029$; Table 3).

Table 3 Effects of fenugreek and Sagebrush on the slaughter parameters of broiler chickens from 13 to 42 days of age

Parameters (g)	Control lot	Fenugreek lot	Sagebrush lot	SEM	p
Live weight	2662.50	2822.50	3030.0	94,30	0.305
Feathered weight	2476.50	2629.50	2821.50	93,13	0.348
Head	52.50	58.50	60.50	2,54	0.449
Jabot	26.50	13.50	28.50	6,28	0.615
Legs	90.00	93.50	96.50	3,76	0.811
Liver	57.10b	53.80b	70.22a	4,48	0.029
Gizzard	44.50	54.50	46.50	4,84	0.713
Heart	12.50	13.00	15.5	0,81	0.294
Stomach	63.50	69.50	61.00	4,52	0.769
Intestines	126.0	168.00	178.00	11,44	0.138
Hot carcass	2035.50	2144.50	2297.00	77,72	0.424
Cold carcass	2021.50	2124.50	2278.0	76,62	0.427
Straight thigh	295.50	307.5	330.50	12,24	0.539
Left thigh	289.00	306.00	325.50	11,86	0.496
Wings	187.5	189.50	200.00	5,84	0.686
White	781.00	814.00	854.00	28,97	0.633
High	258.5	287.00	304.5	11,54	0.28
Down	208.00	214.50	258.5	9,86	0.056

Results of the effect of fenugreek seed powder and powder supplementation of the aerial part of the *Artemisia* plant in drinking water on the meat characteristics of broilers showed that the meat quality in all three lots was not affected for the parameters of flavor, taste, fat content and meat structure (Table 4). The meat was very tender, moderately juicy with a non-spicy smell for the Sagebrush lot as well as the control lot compared to the meat of the fenugreek lot which was of medium tenderness, low juiciness but with a spicy smell.

Table 4 Proportions of the tasting panel's responses on the quality of the organoleptic characteristics of the meat coming from the three lots

Organoleptic characteristics		Control lot (%)	Fenugreek lot (%)	Sagebrush lot (%)
Colour	White	37.04	46.15	53.85
	Beige	55.56	46.15	46.15
	Rose	7.4	7.69	0
Tenderness	Not tender	14.82	18.18	15.38
	Very tender	44.44	27.27	46.15
	Average	40.74	54.55	38.46
Jutosity	Low quantity	29.63	41.67	15.38
	Average	59.26	25	76.92
	Large quantity	11.11	33.33	7.69
Flavor	Low intensity	29.63	20	23.08
	Average	55.56	70	53.85
	Great	14.81	10	23.08
Odor	spiced	40.74	69.23	46.15
	Not spiced	59.26	30.77	53.85
Savour	Bitter	7.41	15.38	15.38
	Salted	74.07	53.85	69.23
	Sweet	11.11	15.38	15.38
	Acid	7.41	15.38	0
Farinaceous	Yes	22.22	23.08	16.67
	No	77.78	76.92	83.33
Fat	Low	81.48	100	84.62
	Average	14.82	0	15.38
	Forte	3.7	0	0
Tights	High	7.41	7.69	0
	No	92.59	92.31	100

DISCUSSION AND CONCLUSION

Live weight and weight gain

In this study, fenugreek did not significantly improve the live weight of the chickens (Table 1). These results are in agreement with those of Awadein et al. (2010) who reported that fenugreek seeds had no significant effect on body weight. This is in contrast to several studies that report that the inclusion of fenugreek seeds in feed significantly improves body weight in broilers (Abaza, 2001; Alloui et al., 2012; Parvizi et al., 2020). EL-Mallah et al. (2005) noted that the 2% fenugreek seeds in the diet of turkey chicks caused a significant increase in digestibility and nutrient absorption and improved body weight gains. The improvement in body weight has been attributed to the presence of essential fatty acids and high quality protein in fenugreek seeds (Murray et al., 1991) and stimulating effect on the digestive system (Hernandez et al., 2004; Hind et al., 2013). Yassin et al (2020) suggested that fenugreek seeds might have an effect on the hypothalamus gland to stimulate appetite and predicted intake, which in turn might lead to improved body weight and performance.

According to Weerasingha and Atapattu (2013) the addition of 5% fenugreek tends to reduce body weight and feed intake at 38 days of age of chickens and the optimal level of dietary fenugreek that induces positive effects on growth performance is less than 1%.

Increasing the concentrations of natural seed feed supplements (fenugreek, mung bean and garden cress seeds) leads to a decrease in body weight and increases the feed conversion rate. High Fenugreek concentrations of 1.5 and 2.5% should be avoided because of the adverse effects on growth performance, especially on body weight reduction and increased feed conversion (Al-Homidan et al., 2020).

The average live weight recorded at 42 days of age in the fenugreek lot in this trial was significantly better than that recorded by Alloui et al. (2012) at the same age with a 3% Fenugreek inclusion in the feed (2371g vs. 1712g).

In this trial, the use of Sagebrush infusion in water significantly decreased the final live weight of the chickens (Table 1). This is in agreement with the results of Tunç et al. (2019) who observed the lowest average body weights of the chickens in the group receiving 0.5% of tarragon (*Artemisia dracunculus*) for 42 days. In contrast to Gholamrezaie et al. (2013) who report that the addition of *Artemisia* leaves in poultry feed could improve daily weight gain. According to Zahid et al. (2014), *Artemisia Herba-alba* powder improves poultry health through its antibacterial, antioxidant and antifungal properties.

The live weight at 42 days recorded in the Sagebrush lot is slightly lower than that recorded by Ait Kaki et al. (2018) at the same age of the chickens (42 days old) (2164.19 vs 2230, 10). According to Messaï et al. (2014) despite interesting anticoccidial activity, one of the undesirable effects of incorporating the plant *Artemisia herba-alba* was without negative effect on body weight gain. The long duration of use (4 consecutive weeks) as well as the possible anti-nutritional effect of the plant's tannins could be responsible for this.

The results recorded in the Sagebrush lot are in agreement with the results of the experiment of Dragan et al. (2010), where chickens treated with Artemisia in powder form in the feed had the highest body weight gain among the treated experimental groups, especially the one treated with the same plant in water. However, in the study by Ait Kaki et al. (2018), daily weight gain was positively affected in the group fed with the basal diet + 2% Artemisia herba-alba.

The average total gains recorded in the two experimental lots F and A respectively 2181.7g and 1681.8g were lower than the average total gain of the Cobb 500 strain recommended by the strain's performance and nutritional recommendations guide, i.e. 2672g.

Feed consumption, water consumption and feed conversion ratio

The results obtained concerning consumption are in agreement with those recorded in several studies (Baciu et al., 2006; Brisibe et al., 2008; Dragan et al., 2010 and Gholamrezaie et al., 2013) in which the same mode of administration of Sagebrush (infusion in water) was adopted.

Overall consumption per chicken over 29 days in the Fenugreek lot was similar to that recorded in the control lot. Abaza (2007) and Awadein et al. (2010) reported that fenugreek seeds at 0.5% reduced feed consumption in laying hens. However, the feed inclusion of Fenugreek up to 0.5% may not be sufficient to affect the apparent digestibility and fermentation profile of growing rabbits (Zemzmi et al., 2020).

Contrary to what Alloui et al. (2012) noted, feeding broilers with a fenugreek seed level of 3 g/kg in the feed significantly increases feed intake. Fenugreek contains neurine, biotin, tri-methylamine which tend to stimulate appetite through their action on the nervous system (Ahmadiani et al., 2001).

According to Bishop (2011), chickens consume drinking water about 1.6 to 2 times the amount of feed they consume. Water consumption in the Fenugreek lot is significantly similar to that of the Control lot, meaning that the administration of the infusion of Fenugreek seed powder in water does not affect the water consumption of broilers; in contrast to the Sagebrush lot. According to Astuti and Suripta (2020) the administration of Meniran and Moringa extracts in drinking water does not affect the water consumption of broilers.

The global feed conversion ratio was better in the Fenugreek lot followed by the control lot and then the Sagebrush lot. This proves the effectiveness of infusing fenugreek seed powder in water. Dixit et al. (2005) showed that fenugreek seed powder improved the metabolism of broilers. The results of this trial are consistent with the findings of Hamden et al. (2010) and Yassin et al. (2020) who reported that the inclusion of fenugreek seed powder improves the feed conversion efficiency of broilers.

The feed conversion ratio recorded in the Sagebrush lot at the end of the trial (42 days) was higher (2.52) than that recorded by Ait Kaki et al. (2018) (1.87) at 42 days of age of chickens fed the basal diet + 2% Sagebrush powder. Pop et al. (2017) found that the use of lower concentrations of artemisinin (5 ppm) in Ross 308 broilers (1 to 28 days) increased average daily feed intake, average

daily weight gain and improved feed conversion rate, while the higher concentration of artemisinin (500 ppm) resulted in reduced weight gain, inefficient feed conversion and lower feed intake.

Biochemical parameters

The results obtained in this essay are within the usual values suggested by some authors. Usual blood glucose values in poultry are around 2g/l (Larbier and Leclercq, 1992); between 2.27 and 3g/l (Hochleithner, 2013) but higher than the blood glucose reference value of 1.72g/l (Arzour-Lakehal et al., 2019). The total proteins of the two experimental lots Fenugreek and Sagebrush and control lot respectively 29, 30 and 31g/l are within the usual range of 25-45g/l proposed by Campbell (2004) and Arzour-Lakehal et al. (2019).

The results of the analysis of the total cholesterol of the two experimental lots and the control lot are within the usual values proposed by Fontaine (1992) and Hochleithner (2013) respectively.

The blood urea concentration is the same in all three lots, it is less than 0.04g/l but slightly higher than that recommended for broiler chicken, which should be less than 0.01g/l (Campbell, 2004). The blood urea concentration can be influenced by liver activity, since the liver is the main organ of its synthesis and its concentration in non-carnivorous birds is 0 to 5 mg d / L (Schmidt et al., 2007).

The results of blood creatinine analysis of the two experimental lots and the control lot (Table 2) are higher than the reference value of 2.44 mg/l (Arzour-Lakehal et al., 2019). But they are very low compared to the usual values proposed by Fontaine (1992) and Hochleithner (2013), which are between 9 and 18 mg/l. Creatine is excreted in the urine where it can be converted into creatinine. This urinary excretion of creatine is one reason why blood creatinine levels do not provide an accurate assessment of avian kidney function (Bell and Freeman, 1971).

Bacteriological, virological and parasitological analyses

The chickens were free of disease throughout the rearing period in all three lots. In contrast to the results of this study the results of Safaei et al. (2013) showed that the use of Fenugreek extract in drinking water had a significant effect on the immune system response compared to the control group.

Slaughter parameters

As the average weight of offal (gizzard, heart and intestines) is similar in all three lots, this means that the infusion of Fenugreek, which has antimicrobial and antibiotic properties, does not seem to influence the relative weight value of offal compared to the control lot. This is consistent with the findings of Guo et al. (2004). Also, these results are consistent with the findings of Abaza (2001), Guo et al. (2004) and Faman Ullah et al. (2009) found that gizzard and liver were not significantly affected by dietary fenugreek seeds.

Meat quality

The colour of the meat was white in the Sagebrush and the control lots, white and beige in the Fenugreek lot. The meat was very tender, moderately juicy for the mugwort batch as well as the

control batch compared to the meat of the fenugreek batch which was moderately tender, low juiciness. It was more spicy in the two experimental lots compared to the control lot. In Algeria, the plant *Artemisia herba alba* and fenugreek seeds are commonly used as spices in cooking and as a treatment in traditional medicine.

The steppe rangelands with white mugwort (*Artemisia herba alba*) have been recognized for a long time as pastures well appreciated by the sheep herds. The meat from these farms is highly sought after by the Algerian consumer.

The study of Abdalla et al. (2018) recommended using 1% fenugreek seed powder in the feed to improve the quality of chicken meat. The results of Wan et al. (2017) indicated that supplementation with *Artemisia Annua* improved meat quality. Also, El Tazi et al. (2014) did not observe differences between all garlic treatment groups in subjective meat quality scores (colour, flavour, juiciness and tenderness) and all scores were above moderate values. Quinche et al. (2019) showed favourable acceptance of flavour, tenderness and juiciness for the meat of Cobb 500 strain chickens receiving mint (*Mentha spicata* L.) infusion treatments compared to the control group.

This study demonstrated that the use of two medicinal plants, infusion of Fenugreek seed powder and powder of the aerial part of the *Artemisia* plant in water during the growing and finishing periods of broilers was found to be beneficial. The infusion of Fenugreek resulted in the best feed conversion and the infusion of Sagebrush produced effects that improved the meat quality of the chickens. The biochemical parameters and lipid balance were not affected by the Fenugreek and Sagebrush infusion.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declared that there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Abaza IM. 2007. Effect of using fenugreek, chamomile and radish as feed additives on productive performance and digestibility coefficients of laying hens. *Poult Sci*, 27, 199-218.
- Abaza IM. 2001. The use of some medicinal plants as feed additive in broiler diets. Ph D Thesis, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Egypt.
- Abaza IM, Asar MA, Elshaarawi GE, Hassan MF. 2003. Evaluation of some medicinal plants as feed additives in broiler diets: effect of using nigella seeds, chamomile flowers, thyme flowers and harmala seeds as feed additive on performance of broiler. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 81, 735-750.

- Abdalla I, Ahmed J, Ali S. 2018. Effects of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed powder, as a feed supplement, on broiler carcass and meat characteristics. *Gezira Journal of Agricultural Science*, 16(1).
- Ahmadiani A, Javan M, Semnani S, Barat E, Kamalinejad M. 2001. Anti-inflammatory and antipyretic effects of *Trigonella foenum-graecum* leaves extract in the rat. *Journal of ethnopharmacology*, 75(2-3), 283-286.
- Ait Kaki A, Diaw MT, Geda F, Moula N. 2018. Effects of *Artemisia herba-alba* or olive leaf (*Olea europaea*) powder supplementation on growth performance, carcass yield, and blood biochemical parameters in broilers. *Veterinary World*, 11(11), 1624. doi: 10.14202/vetworld.2018.1624-1629
- Al-Habori M, Roman A. 2002. Pharmacological properties in fenugreek-The genus *Trigonella*. 1st Ed., London and New York: Taylor and Francis
- Al-Homidan IH, Ebeid TA, Al-Muzaini A, Abou-Emera OK, Mostafa MM, Fathi MM. 2020. Impact of dietary fenugreek, mung bean, and garden cress on growth performance, carcass traits, blood measurements, and immune response in broiler chickens. *Livestock Science*, 242, 104318.
- Alloui N, Ben Aksa S, Alloui MN, Ibrir F. 2012. Utilization of Fenugreek (*Trigonella Foenum-Graecum*) as Growth Promoter for Broiler Chickens. *J World's Poult Res*, 2(2), 25-27.
- Arzour-Lakehal N, Boudebza A, Jaillardon L. 2019. Détermination des valeurs de référence de 14 constituants biochimiques sanguins chez des poulets de chair de la souche Arbor Acres. Treizièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20 et 21 Mars 2019. (In French)
- Astuti P, Suripta H. 2020. Performance of Broiler Chicken Carcass Provided with Water Extract (*Phyllanthus niruri* L) and Moringa (*Moringa oleifera* Lam). *Bantara Journal of Animal Science*, 2(2), 61-67.
- Awadein NB, Eid YZ, Abd El-Ghany FA. 2010. Effect of dietary supplementation with phytoestrogens sources before sexual maturity on productive performance of mandarah hens. *Egypt Poult Sci*, 30(3), 829-846.
- Azoua HM. 2001. Effect of hot pepper and fenugreek seeds supplementation on broiler diets. Ph D Thesis, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Egypt.
- Baciu H, Truta M, Cernea M, Cozma V. 2006. Evaluation of the antieimerian effect of some plant extracts in quail eimeriosis. *Bull Univ Agric Sci Vet Med Cluj-Napoca*, 63, 182-185.
- Bell DJ, Freeman BM. 1971. Physiology and biochemistry of the domestic fowl. New York: Academic press.
- Bishop 2011. How is the Quality of Our Farm Broiler Drinking Water. www.ceva.co.id. (Accessed December 15, 2020)
- Boulos NZ, Shalash MES, Hm A, Na H. 1992. Effect of the biogenic enhancer Ascogenr on laying hen performance. *Egypt Poult Sci*, 12, 679-695.

- Brisibe E A, Umoren UE, Owai PU, Brisibe F. 2008. Dietary inclusion of dried *Artemisia annua* leaves for management of coccidiosis and growth enhancement in chickens. *African Journal of Biotechnology*, 7(22), 4083-4092.
- Campbell TW. 2004. Blood chemistry of lower vertebrates. In 55th Annual meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP) and the 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology (ASVCP). www.avis.org
- Dixit P, Ghaskadbi S, Mohan H, Devasagayam TP. 2005. Antioxidant properties of germinated fenugreek seeds. *Phytotherapy Research*, 19(11): 977-983. doi: 10.1002/ptr.1769
- Dragan L, Titilincu A, Dan I, Dunca I, Dragan M, Mircean V. 2010. Effects of *Artemisia annua* and *Pimpinella anisum* on *Eimeria tenella* (Phylum *Apicomplexa*) low infection in chickens. *Sci Parasitol*, 11(2), 77-82.
- El-Mallah GM, Ibrahim SAM, Abdo MAZ. 2005. Garlic and fenugreek as feed additives to different levels of protein and energy in diets of growing turkeys. *Egypt. Poult. Sci.*, 25: 911-929.
- El Rhaffari L, Zaid A. 2002. Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet). Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée. In Fleurentin J (Eds), *Des sources du savoir aux médicaments du futur* (pp. 293 – 318), Paris, France : IRD (In French)
- El Tazi SM, Zolikh MA, Mohamed KA, Mukhtar MA. 2014. Response of broiler chicks to diets supplemented with garlic essential oil as natural growth promoter. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3, 152-156.
- Faman Ullah K, Durrani FR, Asad S, Rifat Ullah K, Shabana N. 2009. Effects of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seed extract on visceral organs of broiler chicks. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 4, 1: 58- 60
- Fontaine M. 1992. *Vade-mecum du vétérinaire*. 15th ed. Paris, France : Vigot
- Gholamrezaie SL, Mohammadi M, Jalali SJ, Abolghasemi SA, Roostaie AMM. 2013. Extract and leaf powder effect of *Artemisia annua* on performance, cellular and humoral immunity in broilers. *Iran J Vet Res*, 14(1), 15-20.
- Greuter W. 2006–2009. *Compositae (pro parte majeure)*. In Greuter W, Raab-Straube E (Eds), *Compositae. Euro+Med Plantbase-the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity*. <http://ww2.bgbm.org>
- Guide Cobb 500. 2015. Performances et recommandations nutritionnelles. Cobb-vantress.com
- Guillot JF. 1989. Apparition et évolution de la résistance bactérienne aux antibiotiques. *Annales de Recherches Vétérinaires*, 20 (1), 3-16. (In French)
- Guo FC, Kwakkel RP, Soede J, Williams BA, Verstegen MWA. 2004. Effect of a Chinese herb medicine formulation, as an alternative for antibiotics, on performance of broilers. *British poultry science*, 45(6), 793-797.

- Hamden K, Jaouadi B, Carreau S, Bejar S, Elfeki A. 2010. Inhibitory effect of fenugreek galactomannan on digestive enzymes related to diabetes, hyperlipidemia, and liver-kidney dysfunctions. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 15(3), 407-413.
- Hamza N, Berke B, Cheze C, Le Garrec R, Lassalle R, Agli AN, et al. 2011. Treatment of high fat diet induced type 2 diabetes in C57BL/6J mice by two medicinal plants used in traditional treatment of diabetes in the east of Algeria. *Journal of ethnopharmacology*, 133(2), 931-933
- Hernandez F, Madrid J, Garcia V, Orengo J, Megias MD. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry science*, 83(2), 169-174.
- Hind AA, Saadia, AA, Khalid ME. 2013. Effect of Different Natural Feed additives Compared to Antibiotic on Performance of Broiler Chicks under High Temperature Environment. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 2, 139-144.
- Hochleithner M. 2013. Biochemistries. *Avian medicine online*, 223-245.
- Houmani M, Houmani Z, Skoula M. 2004. Intérêt de *Artemisia herba-alba* Asso. dans l'alimentation du bétail des steppes algériennes. *Acta Bot Gall*, 151(2), 165–172. (In French)
- Larbier M, Leclercq B. 1992. *Nutrition et alimentation des volailles*, 1st ed. Pari, France : INRA 355p. (In French)
- Lee J, Narayan VP, Hong EY, Whang WK, Park T. 2017. *Artemisia Iwayomogi* extract attenuates high-fat diet-induced hypertriglyceridemia in mice: potential involvement of the adiponectin-AMPK pathway and very low-density lipoprotein assembly in the liver. *International journal of molecular sciences*, 18(8), 1762.
- Leila SFM. 1977. A manual on some Philippine medicinal plants (preparation of drug materials). *Bot Soc UP*, 20, 78-82.
- Messaï A, Bensegueni A, Abdeldjelil MC, Agabou A, Redouane-Salah S. 2014. Effects of white wormwood (*Artemisia herba-alba* Asso), during an experimental coccidiosis in broilers. *Annals of Biological Research*, 5(4), 11-16.
- Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. 1991. *The Text Book of Harpers Biochemistry*. 22nd edn. Appleton and Large, Norwalk, Connecticut/Loss Altos, California.
- Parvizi O, Khani RT, Aboozari M, Fathizadeh F. 2020. Performance, some immune parameters and intestinal microbial flora of Ross 308 broiler chicks fed by Fenugreek essential oil. *Network Biology*, 10(3), 77-83
- Pop LM, Ștefănuț LC, Tăbăran AF, Paștiu AI, Kalmár Z, Magdaș CA, et al. 2017. Influence of dietary artemisinin supplementation on productive performance and haematological parameters of broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(2), 130-137.
- Purushothaman MR, Chandrasekaran D, Kathirvelan C, Janani SR. 2015. Feeding value of fenugreek residue in layer mash. *Indian Journal of Poultry Science*, 50(2), 167-170.

Quezel P, Santa S. 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris, France : CNRS.

Quinche ARS, Saldarriaga JCS, Guerrero JNQ, Romero JRP, Baena IP. 2019. Effect of *Mentha spicata* L. infusion on the productive performance and organoleptic characteristics of Cobb 500 broilers. Acta Agronómica, 68(4), 312-318.

Safaei A., Rahanjam SM, Gharajanlu M. 2013. Effect of *Trigonella foenum-graecum* on immune response and some blood parameters of broilers. J Agric Sci, 3, 117-120.

Schmidt E, Paulillo A, Locatelli-Dittrich R, Santin E, Da Silva P, Beltrame O, et al. 2007. The effect of age on hematological and serum biochemical values on juvenile ring-necked pheasants (*Phasianus colchicus*). Int Jour of Poultry science, 6(6), 459-461.

Tunç MA, Yildirim S, Yorük MA. 2019. Effects of tarragon (*Artemisia dracunculus*) powder on broiler performance parameters and histopathology of internal organs. Austral journal of veterinary sciences, 51(3), 113-118.

Wan XL, Song ZH, Niu Y, Cheng K., Zhang JF, Ahmad H, et al. 2017. Evaluation of enzymatically treated *Artemisia annua* L. on growth performance, meat quality, and oxidative stability of breast and thigh muscles in broilers. Poultry science, 96(4), 844-850.

Weerasingha AS, Atapattu NSBM. 2013. Effects of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed powder on growth performance, visceral organ weight, serum cholesterol levels and the nitrogen retention of broiler chicken. Tropical Agricultural Research, 24(3), 289-295

Xue WL, Li XS, Zhang J., Liu YH, Wang ZL, Zhang RJ. 2007. Effect of *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek) extract on blood glucose, blood lipid and hemorheological properties in streptozotocin-induced diabetic rats. Asia Pac J Clin Nutr, 16 (1), 422-6.

Yassin M, Nurfeta A, Banerjee S. 2020. The effect of supplementing fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed powder on growth performance, carcass characteristics and meat quality of Cobb 500 broilers reared on conventional ration. Ethiopian Journal of Agricultural Sciences, 30(3), 1291-42.

Yun C, Jung Y, Chun W, Yang B, Ryu J, Lim C, et al. 2016. Anti-inflammatory effects of Artemisia leaf extract in mice with contact dermatitis in vitro and in vivo. Mediators of Inflammation, vol. 2016, Article ID 8027537, 8 pages. doi.org/10.1155/2016/8027537

Zahid ASS, Khan MS, Sher HK. 2014. Comparative anthelmintic efficacy of *Caesalpinia crista* *Nigella sativa* and oxfendazole in broilers with experimentally induced *Ascaridia galli* infection. Univ J Clin Med, 2(3),53–57.

Zemzmi J, Ródenas L, Blas E, Abdouli H, Najar T, Pascual JJ. 2020. Preliminary evaluation of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seed gum as a potential prebiotic for growing rabbits in Tunisia: effects on in vivo faecal digestibility and in vitro fermentation. World Rabbit Science, 28(3), 113-122.

Discussion générale

En Algérie, l'aviculture est une source d'approvisionnement privilégiée en protéines animales des populations qui ne cessent de croître depuis l'indépendance. Par conséquent, la demande en poussin chair et poussin futur producteur d'œufs de consommation accroit d'année en année. Pour pallier à cette demande, des élevages industriels de reproducteurs sont développés depuis quelques années. Cependant, cette augmentation de la production a engendré de véritables problèmes d'ordre sanitaire, de conditions d'élevage et de bien-être.

La filière avicole se distingue par une dépendance structurelle vis à vis des matières premières alimentaires importées (maïs et tourteau de soja) pour lesquelles l'Algérie consacre annuellement une enveloppe d'environ 1 milliard de dollars US, l'importance des coûts de production enregistrés au niveau des exploitations de production sont en liaison avec la hausse des prix des intrants (Kaci et Kheffache, 2016). Comme l'alimentation constitue le poste de dépenses le plus important en élevage du poulet de chair et en élevage des poules pondeuses, les prix de revient du kilogramme de poulet et celui des œufs de consommation se trouvent très impactés et dépendent de la fluctuation des prix du maïs et du tourteau de soja sur le marché mondial.

Outre les contraintes d'aliment, d'après Kaci et Cheriet (2013), la filière avicole algérienne continue à souffrir de problèmes de performance des élevages notamment au niveau des paramètres tels que la mortalité et l'allongement du cycle de production par manque de maîtrise de l'alimentation et de la prophylaxie. Par conséquent, le poids et la composition des produits deviennent très variables. C'est dans cette optique que plusieurs travaux de recherche ont été menés au sein du laboratoire de nutrition animale de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. Nous contribuons pour notre part à cet axe de recherche en évaluant le niveau de maîtrise de l'élevage des poules pondeuses à travers l'étude des performances zootechniques obtenues sur une période de 15 années au niveau d'un centre d'élevage industriel spécialisé dans la région de Bouira (**Essai 1**). Dans un autre centre d'élevage industriel spécialisé dans l'élevage des reproducteurs chair dans la même région, le bien-être des poules reproductrices chair a été évalué à l'aide de plusieurs indicateurs validés dans *The Welfare Quality® Assessment Protocol for poultry* (2009) (**Essai 2**).

Comme cité précédemment, l'alimentation constitue la charge économique la plus importante avec plus de 60% du prix de revient dans les ateliers de production des œufs de consommation et les ateliers de production des poulets de chair. Elle influence directement la rentabilité de l'élevage et le prix de la viande et de l'œuf sur le marché. C'est dans cette optique que nous avons mesuré le niveau de maîtrise de ce volet par l'évaluation de l'efficacité alimentaire enregistrée sur une période de 15 années au niveau d'un centre d'élevage industriel spécialisé dans la région de Bouira en Algérie (**Essai 3**). La restriction alimentaire, en plus de ses effets bénéfiques sur la santé et le bien-être (Trocino et al., 2020) des poulets de chair, aurait un avantage économique en améliorant l'efficacité alimentaire (Bhat et Banday, 2000 ; Lee et Lesson, 2001) et en réduisant le coût de l'alimentation (Zomrawi et al., 2019 ; Ewa et al., 2006). C'est dans cette optique que s'inscrit un essai effectué au niveau du poulailler pédagogique de l'ITMAS de Boukhalfa (Tizi-Ouzou) dans le but de déterminer l'effet sur les performances de croissance, d'abattage et paramètres

économiques du poulet de chair, d'une phase de restriction quantitative de l'aliment à la fin de la période de croissance (**Essai 4**). Aussi, augmenter la production de viande de volaille pour la demande actuelle n'est plus le seul objectif que l'industrie propose puisqu'elle doit tenir compte des demandes du marché (Quinche et al., 2019). Cela soulève une réorganisation de la production, étant donné que les systèmes de production doivent considérer l'aspect écologique (Onrust et al., 2015 ; Ricke, 2015), c'est pourquoi l'industrie des poulets de chair doit évoluer selon la tendance du marché, devenir un grand défi pour les producteurs d'oiseaux. Cependant, des preuves scientifiques suggèrent que l'utilisation massive des additifs chimiques artificiels a conduit à un problème accru de résistance aux antibiotiques (Diarra et al., 2007 ; Forgetta et al., 2012 ; Furtula et al., 2010) et à la présence de résidus d'antibiotiques dans les aliments pour animaux et l'environnement (Carvalho et Santos, 2016 ; Ronquillo et Hernandez, 2017), qui compromet la santé humaine et animale (Diarra et al., 2010). Par conséquent, il est de plus en plus nécessaire de trouver des alternatives efficaces pour contrôler les maladies infectieuses et limiter la propagation des bactéries résistantes, ainsi que les stratégies alternatives disponibles dans la production de poulets de chair. Le but de ces alternatives est de maintenir un faible taux de mortalité, un bon niveau de rendement animal tout en préservant l'environnement et la santé des consommateurs (Mehdi et al., 2018). Un essai a été effectué dans ce sens dans un poulailler privé situé à Ouaguenoun (Tizi-Ouzou) afin de déterminer les effets de deux poudres, une de graine et l'autre de la partie aérienne de deux plantes médicinales à savoir le Fenugrec et l'Armoise blanche en tant qu'additifs alimentaires naturels sur les performances de croissance, les paramètres biochimiques, l'état sanitaire et les paramètres d'abattage ainsi que sur la qualité de la viande des poulets de chair (**Essai 5**).

Les performances enregistrées dans le centre de production des œufs de consommation (**Essai 1**), durant les 15 années (12 bandes), sur un total de 1,43 millions de poules pondeuses mises en place soit une moyenne de 119104 ± 6114 poules par bande, montrent que la durée de ponte la plus longue a été enregistrée avec la souche Tétra-SL (64 semaines) et la souche Hy-Line (62 semaines). La réforme des poules était précoce par rapport à la durée préconisée par les guides d'élevage et de la gestion des deux souches, Tétra-SL et Hy-line (Tétra-SL-LL, 2019 et Hy-line Brown, 2018) dont la durée de production était respectivement, de 72 semaines et 82 semaines. Les taux de mortalité enregistrés dans les 12 bandes étaient très élevés avec une moyenne de 26%. Ils dépassent largement les taux de mortalité les plus élevés des trois souches exploitées préconisés par les guides d'élevage avec des durées de production plus longues allant jusqu'à 90 semaines pour la souche Tétra-SL et jusqu'à 100 semaines pour la souche Hy-Line et la souche ISA Brown respectivement 7%, 8,4% et 6,8% (Tétra-SL LL, 2020 ; Hy-line, 2018 et ISA Brown, 2009). Le plus fort pic de mortalité a été observé dans la 4^{ème} bande (souche Tétra-SL) avec un taux de 48,52% soit une perte de 24752 sujets en une seule nuit dû à la défaillance du système de ventilation et de refroidissement qui a conduit à une augmentation de la température dans le bâtiment et la mortalité des poules. La mauvaise isolation des bâtiments, l'insuffisance de ventilation et parfois la défaillance du système de refroidissement conduisent à l'augmentation de

la température au-delà de 20°C recommandée, ce qui entraîne un stress excessif chez les oiseaux qui meurent par hyperthermie (ITAVI, 2003).

L'indice de conversion moyen calculé au cours de la période d'étude pour les 12 bandes a été de $2,57 \pm 0,23$. Par souche, celui enregistré par la souche Hy-Line était meilleur (2,36) avec une durée de ponte de 62 semaines ; mais reste supérieur à celui préconisé par le guide d'élevage de 1,98 à 2,1 (Hy-Line, 2017), malgré une durée de ponte plus longue (80 semaines). La variation des indices de consommation par souche est étroitement liée à la différence de la quantité d'aliment consommée et à la production d'œufs par les souches exploitées. La production par poule départ a été marquée par une production de 343 œufs/poule réalisée par la 2^{ème} bande (Tétra-SL) supérieure à celle préconisée par le guide d'élevage de la souche, à savoir 330 œufs/poule (Tétra-SL LL, 2020). Les quantités d'aliment consommées par poule par jour étaient différentes entre les trois souches (115,61g/poule/jour pour Tétra-SL, 110,03g/poule/jour pour ISA Brown et 112,99g/poule/jour pour Hy-Line) mais restent dans les normes de 100 à 120g/poule/jour préconisées par Van Eekeren et al. (2006). Par ailleurs, une baisse de consommation a été enregistrée chez les poules de la souche ISA Brown soit 106,33g/poule/jour à la 6^{ème} bande. Cette baisse est liée à la rupture fréquente d'approvisionnement, à la mauvaise présentation et au changement brusque de la forme de l'aliment pendant cette période d'élevage. La consommation moyenne globale par cycle par poule a été différente d'une bande à une autre. Globalement la différence enregistrée d'une bande à une autre s'explique par la durée d'exploitation des poules en phase de production qui varie d'une année à une autre, par des problèmes pathologiques ainsi que des pannes de la chaîne d'alimentation. Nous avons noté à travers l'étude des fiches techniques l'irrégularité de l'approvisionnement en aliment ainsi que sa mauvaise présentation.

Le meilleur taux de ponte a été enregistré par les poules de la souche Tétra-SL dans la 4^{ème} bande avec un taux de 80,71%. Il est inférieur au taux préconisé par le guide d'élevage de la souche soit 88,3% avec la même durée de production soit 42 semaines d'âge (Tétra-SL-LL, 2019). Le meilleur taux de pic de ponte a été atteint par la même souche (Tétra-SL) et la souche ISA Brown avec une moyenne de 93,63%. Il est proche du pic de ponte préconisé par les guides d'élevage de ces deux souches qui est de 96% (Tétra-SL LL, 2020 et NOVOgen Brown, 2017). Le taux de casse le plus élevé a été enregistré avec la souche Tétra-SL soit un taux de 1,91%. Il est nettement meilleur comparé à celui enregistré en France durant la période 2014 - 2017 dans les mêmes type d'élevage (ITAVI, 2017).

D'après les résultats, ce centre de production des œufs de consommation est caractérisé par des performances de production proches de celles des souches dans certaines bandes mais faibles dans d'autres. Des contraintes zootechniques et sanitaires sont responsables de ces mauvaises performances. Cependant, l'état du bien-être des animaux pourrait aussi en être responsable. Ce paramètre a été étudié dans un centre d'élevage des reproducteurs chair (Essai 2).

Dans ce centre, un échantillon de 900 poules reproductrices âgées de 34 semaines, à raison de 150 poules par bâtiment, sur un total de 40013 de la souche ISA F15 a été contrôlé selon la

méthodologie du projet *Welfare Quality*®(2009). La litière utilisée dans les bâtiments d'élevage avicole étudiés, d'une épaisseur de 10cm, était composée de paille hachée mécaniquement. Les scores de notation enregistrés montrent que les meilleurs scores sur l'usage de la litière étaient enregistrés dans les bâtiments 4,5 et 6, un bon usage de la litière, ce qui indique le score 0 justifié par les bains de poussière effectués par les poules. Le bain de poussière et l'exploration représentent des priorités comportementales pour les poules (Zimmerman et al., 2003). Dans les mêmes bâtiments, l'état écailleux et sec de la litière, facile à déplacer avec le pied, a été observé et synonyme d'un score 0. Par conséquent, nous pouvons retenir que la litière de ces trois bâtiments répond aux conditions décrites par Human Farm Animal (Mench, 2008). Dans les trois autres bâtiments (1, 2 et 3), nous avons enregistré un usage modéré de la litière (score 1), ce qui signifie que les poules peuvent gratter et manipuler la litière sans pour autant pouvoir effectuer des bains de poussière. Elles sont dérangées soit par leurs congénères, soit par l'entassement de la litière dû au passage des agents ou bien par la dégradation de celle-ci. Les facteurs majeurs de la dégradation de la litière, comme le taux élevé d'humidité et les fuites d'eau sous les abreuvoirs, la rendent mouillée et collante aux bottes, ce qui confirme un score de 1 et même de 2 par endroits. Vu que les poules passent la majorité de leurs temps sur cette litière, sa qualité influence les scores de la propreté de plumage, les brûlures de jarret, les pododermatites ainsi que le nombre de boiteries enregistrés dans ces bâtiments.

La propreté du plumage est liée principalement à l'état de la litière. Les zones sans plumages, sont la conséquence directe de la densité du cheptel, et de l'agressivité des poules due au stress engendré par la restriction alimentaire. Les résultats au niveau des bâtiments 1, 2 et 3, montrent que la moitié des échantillons ont un plumage uniforme et propre respectivement 57%, 53% et 52% (score 0), l'autre moitié est partagée entre celles qui ont un plumage moins propre avec des zones sans plume inférieures à 3 cm (score 1) et celles ayant un plumage moyen (score 2). Par contre, dans les bâtiments 4, 5 et 6, les pourcentages des poules ayant un plumage propre et uniforme respectivement 77%, 71% et 82% (score 0) sont les plus élevés, même si sur l'ensemble des bâtiments, les scores 0 et 1 sont dominants. Le score 3 qui signifie plumage sale avec des zones sans plumes supérieures à 3 cm est enregistré dans tous les bâtiments avec un taux faible dans les bâtiments 4, 5 et 6. Généralement le score 3 est engendré par les coups de bec et l'entassement dû à une densité excessive et la saleté du plumage est corrélée à la fois à la présence des lésions au niveau des tarsi et à la boiterie (Arnould et Colin, 2009).

Les dermatites de contact qui se trouvent sur la partie caudale du jarret et les résultats des brûlures des tarsi dans les bâtiments 1, 2 et 3 montrent que la moitié des poules présentent un jarret sain (score 0) avec respectivement 58,6%, 48% et 50%. Par ailleurs, les bâtiments 4,5 et 6 présentent un pourcentage très élevé de sujets ayant un score « 0 » respectivement 82,6%, 83,3% et 75,3% et les scores 3 et 4 sont enregistrés avec des fréquences faibles (3,9%, 3,3% et 2%). Ces résultats s'expliquent par la bonne qualité de la litière qui est sèche. Les scores 3 et 4 sont plus élevés dans les trois premiers bâtiments (6,6%, 8,6% et 10,6%), ces différences s'expliquent par la litière mouillée qui favorise l'apparition des brûlures. De nombreux auteurs ont rapporté des corrélations positives entre la qualité de la litière, en particulier l'humidité, et l'incidence de la dermatite des

coussinets plantaires (Ekstrand et Algers, 1997 ; Meluzzi et al., 2008 ; Kaukonen et al., 2016 et Kaukonen et al., 2017). Toutefois, le score 0 et le score 1 sont très dominants dans le centre.

Les scores observés des pododermatites dans les six bâtiments d'élevage sont aussi étroitement liés à l'état de la litière. Cependant, les résultats enregistrés montrent que les pourcentages sont beaucoup plus élevés pour le score 0, synonyme d'absence de pododermatite dans le 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment, (respectivement 84%, 80% et 80,6%). Un peu plus de la moitié des sujets dans le 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} bâtiment présentant le score 0 (respectivement 57%, 59% et 58%), et une présence non négligeable du score 1 (présence minimales de pododermatites) dans les mêmes bâtiments (respectivement 24,6% ; 20,6% et 22%), tandis que les blessures minimales du score 1 dans le 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} bâtiment sont plus faibles jusqu'à quasi nuls dans le 4^{ème} bâtiment que celles enregistrées dans les trois premiers bâtiments. La dermatite de contact est liée à la mauvaise qualité de la litière, au surpeuplement, à la restriction de mouvements et à la faiblesse des pattes (Scahaw, 2000).

Les résultats des boiteries sont dans l'ensemble corrects et le bien-être est respecté puisque ce dernier est considéré comme altéré à partir du score 3 (McGeown et al., 1999) et que le score 0 (la démarche de la poule est normale) et le score 1 (un léger défaut de démarche) sont les plus représentés dans les six bâtiments. Avec un taux moyen de 63,3% de score 0 dans les trois premiers et les trois derniers dépassent les 85%. Le score 5 (la poule est incapable de se déplacer) est rare et en moyenne de 1,21%. Les lésions de la peau des poules engendrées par les coups de bec de leurs congénères et par les coqs enregistrés dans les bâtiments 1, 2 et 3, montrent que le score 0, qui signifie absence de lésion de la peau, est très élevé respectivement 71,33%, 72,66% et 67,33%. Dans les autres bâtiments 4, 5 et 6 les scores 0 sont beaucoup plus élevés respectivement 92,66%, 82% et 82,66%. Ceci s'expliquerait par l'état sec de la litière des trois derniers bâtiments qui permet le picotage et la préhension de bain de poussière par les poules et diminue le risque de picage et cannibalisme. Comme attendu, les fréquences les plus élevées du score 1 qui signifie lésion qui ne dépasse pas 3 cm de diamètre sont enregistrés dans le bâtiment 3 soit 22,66% et les plus faibles dans le bâtiment 4 soit 4% et de même pour le score 2 (une lésion qui dépasse 3cm de diamètre) est plus élevé dans le bâtiment 3 (10%) et très faible dans le bâtiment 4 (3,33%).

Concernant les pignes, les résultats sont assez proches dans pratiquement tous les bâtiments. Ils sont très élevés pour le score 1 qui signifie une crête saine qui varie de 79,33% (bâtiment 6) à 93,33% (bâtiment 1). Le score 2 (mauvaise crête) est plus élevé dans les bâtiments 5 et 6 (20%) mais beaucoup plus inférieur dans le bâtiment 1 avec un score de 6,66%. Les crêtes blessées sont causées généralement par les coqs au moment de l'accouplement (D'Eath et Keeling, 2003).

Pour le test de poussière, les résultats obtenus dans les bâtiments 1, 2 et 3 étaient de score 1, ce qui indique une présence minimale de poussière (revêtements mince) due à la qualité humide de la litière et son entassement (fuite du système d'abreuvement). La poussière présente dans ces bâtiments est le résultat de quelques points secs de la litière ou les poules effectuent des bains de poussière. La présence minimale de poussière (revêtement mince) (score 1) est représentée dans le 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} bâtiment. Ceci s'explique par l'état humide de la litière qui est entassée par les

fuites du système d'abreuvement. Au niveau du 4ème, 5ème et 6ème bâtiment où les meilleures litières sont observées, une présence importante de poussière est enregistrée (score2) (la couleur du papier n'est pas visible). Ceci est favorisé par la qualité de la litière sèche et bains de poussière effectués par les poules. **Au niveau de ce centre, les indicateurs du bien-être des reproductrices chair sont globalement dans les normes.**

Le bien-être et les performances en élevage avicole sont généralement influencés par les conditions d'élevage et par la disponibilité d'aliment complet et équilibré. Ce dernier a un impact direct sur l'indice de conversion (Essai 3).

L'indice de conversion est le ratio entre la quantité d'aliment consommée (kg) et la quantité de production (Kg) pour une période donnée. Souvent exprimé en %, il permet d'évaluer l'efficacité alimentaire. Le paramètre d'efficacité alimentaire (EA) le plus largement utilisé en pratique est celui relatif à l'élevage avicole global. Cette EA globale est estimée par le rapport entre la masse d'aliment acheté (consommé + gaspillé) et la masse des œufs ou de viande produites (vendus). Cet indice de consommation économique global (ICg) est donc un paramètre très utile d'un point de vue pratique et économique, quel que soit le système d'élevage, car il permet de mesurer le niveau technique global de l'exploitation et son efficacité (Gidenne et al., 2019). La consommation moyenne globale par poule par cycle pendant les 15 années a été de $42,03 \pm 5,77$ kg. Par souche, elle a été en moyenne de $43,67 \pm 6,84$ kg/poule dans la souche Tétr-SL, de $39,8 \pm 1,70$ dans la souche ISA Brown et de 42,7 dans la souche Hy-Line. Globalement, la différence du niveau de consommation observée d'une bande à une autre s'explique par la durée d'exploitation des poules en phase de production qui varie d'une année à une autre, par des problèmes pathologiques ainsi que par les pannes de la chaîne d'alimentation. En effet, nous avons noté l'irrégularité de l'approvisionnement en aliment mais aussi sa mauvaise présentation. Il est à noter que la durée de la phase de production préconisée par les guides d'élevages est de 63 à 72 semaines (Tétr-SL LL, 2020 ; NOVOgen White, 2019 et Hy-line, 2018). D'après Pineau et Morinière (2010), la moyenne consommée par une poule sur son année de ponte ne devrait pas dépasser 44 kg d'aliment.

La production moyenne d'œufs par poule présente a été de $271,23 \pm 19,82$ pour une durée de production moyenne de 54 ± 6 semaines. Par souche, la production a été respectivement de 277 ± 38 , 285 ± 20 et 284 œufs/poule respectivement pour les souches Tétr-SL, ISA Brown et Hy-Line. L'indice de consommation moyen a été de $2,61 \pm 0,07$ et n'avait pas évolué significativement dans le temps ($p=0,4388$). Par souche, il a été de $2,59 \pm 0,1$, $2,57 \pm 0,1$ et 2,93 respectivement pour Tétr-SL, ISA Brown et Hy-Line. Ces indices sont relativement supérieurs à celui (2,15) préconisé dans les guides d'élevages des souches utilisées (Tétr-SL LL, 2020 ; Hy-Line Brown, 2018 et ISA-Brown, 2011) et aux résultats rapportés par Magdelaine et Conter (2006) pour la France (2,11), l'Ile de Réunion (2,2) et le Maroc (2,44). Ils sont, par contre, meilleurs que ceux rapportés par les mêmes auteurs pour la Côte d'Ivoire (3,27) et le Sénégal (3,11). Globalement, la variation des indices de consommation durant les quinze années est étroitement liée à la différence de production d'œufs par poule et la quantité d'aliment consommée. Cette dernière est plus élevée pour la production d'un œuf dans les conditions locales, ce qui affecte la rentabilité économique

sachant que l'aliment à lui seul constitue 70% du coût de production (Drogoul et al., 2004). La rentabilité ce de centre et par conséquent le prix de vente des œufs sur le marché local se trouvent affectés.

Dans les élevages de poulets de chair, une stratégie d'alimentation souhaitable serait de produire des poulets avec une masse corporelle maigre (la graisse corporelle et la graisse abdominale réduites), un poids final élevé avec une quantité d'aliment réduite. Pour atteindre cet objectif **la restriction alimentaire est l'une des méthodes qui permettent de limiter la consommation d'aliments**. Un essai sur la restriction alimentaire en fin de période de croissance sur une souche de poulet de chair Cobb 500 a été réalisé (**Essai 4**).

Les résultats obtenus à l'issue de cet essai confirment que la restriction alimentaire a un effet favorable sur les performances zootechniques. L'état sanitaire des poulets et les résultats confirment l'avantage économique de la restriction alimentaire et la croissance compensatoire chez les poulets de chair. Les poids vifs moyens finaux obtenus à l'issue de l'expérience (49 jours d'âge des poulets) sont similaires dans le lot témoin T et les deux lots expérimentaux R1 (10% de restriction) et R2 (20% de restriction), ce qui signifie que les poulets restreints ont exprimé une croissance compensatrice. Ces résultats corroborent ceux de Jahanpour et al. (2015) ; Jahanpour et al. (2014) et Butzen et al. (2013). Pendant la période de restriction alimentaire (11 jours), comme attendu, contrairement à la période d'avant restriction, la consommation journalière par poulet a été significativement inférieure dans les lots restreints R1 et R2 comparée à celle du lot témoin. Après la reprise de l'alimentation *ad libitum* (période "après restriction"), il a été constaté une augmentation de la prise alimentaire chez les poulets qui étaient restreints, d'où une consommation moyenne quotidienne similaire dans les trois lots durant cette période. Ces résultats sont en accord avec ceux enregistrés par Dozier et al. (2003) ; Jahanpour et al. (2014) et Zomrawi et al. (2019). Le poids vif final moyen à 49 j d'âge des poulets (3434,94g) est inférieur de 71,06g au poids moyen de la souche Cobb 500 préconisé par le guide de la souche à 49 jours soit 3506 g. En valeur absolue, la conversion alimentaire a été meilleure dans les lots restreints avec un indice de consommation global (à 7 semaines d'âge) de 1,77 pour le lot R1 ; 1,78 pour le lot R2 et 1,90 pour le lot témoin. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par la bibliographie (Saleh et al., 2005 ; Sahraei, 2012 ; et Bouallegue et Aschi, 2015).

Le poids moyen de la carcasse chaude est similaire dans les trois lots (T, R1 et R2). Un résultat intéressant qui dénote que les poulets des lots expérimentaux ont réussi à reprendre leur croissance, pendant leur période de réalimentation après restriction alimentaire, et à compenser leur retard de croissance à hauteur du poids des animaux du lot témoin avec moins d'aliment consommé. La valeur du rendement moyen en carcasse dans les lots restreint a été meilleur (78,44%) que celle du lot témoin (74,61 %) et celle préconisée pour les poulets de cette souche (Cobb500) au même âge (75,42%). Environ 60 à 70% des dépenses liées à la production de volaille sont des coûts d'alimentation. L'aliment constitue une partie essentielle du circuit de production en aviculture intensive et rencontre dans sa fabrication de nombreuses difficultés. D'après Kaci et Kabli (2000), le prix des matières premières importées (maïs et soja) connaissent des fluctuations sur les marchés

internationaux qui se répercutent sur la production. En valeur, plus de 90% des importations destinées au secteur avicole sont représentées par le maïs et le tourteau de soja rentrant dans la fabrication des aliments. C'est dire, combien cette filière est conditionnée par les prix et la disponibilité de ces deux produits sur le marché international (Boukersi, 2008). L'insuffisance et l'incohérence de l'approvisionnement alimentaire est un problème majeur pour une production animale efficace. Nji et al. (1999) attribuent cette insuffisance de l'approvisionnement à deux facteurs majeurs à savoir l'insuffisance et le coût élevé des aliments conventionnels protéinés et énergétiques, et à la concurrence pour ces produits de l'homme, du bétail et des secteurs agro-industriels. La restriction d'alimentation quantitative a été appliquée avec succès pour gérer ces problèmes d'aliments. L'une de ces méthodes consiste à limiter le montant alimentaire quotidien (Novel et al., 2009).

Les résultats de l'étude économique de cette expérience montrent que la restriction alimentaire, vers la fin de la période de croissance, a permis une amélioration de 20% et de 42% l'efficacité économique, respectivement pour le lot R1 et le lot R2, par rapport à celle du lot Témoin et elle a permis de réduire de 9,52% et de 19,97% le coût total d'aliment par poulet respectivement pour le lot R1 et le lot R2 par rapport au lot témoin. Cette réduction s'explique par les quantités d'aliment économisées grâce à la restriction de 10% et de 20% de la consommation du Témoin. Les lots restreints ont permis également d'améliorer le revenu par kg de viande produite, et de réaliser une économie de 31,72 DA pour le lot R1 et de 66,56 DA pour le lot R2 pour chaque kg de viande produit. En plus de tous les avantages de la restriction obtenus dans cet essai, elle permet de produire des carcasses maigres très demandées actuellement par le consommateur de plus en plus exigeant qui cherche avant tout un produit sain, c'est à dire exempt de germes pathogènes, mais aussi de résidus des médicaments et plus spécialement de résidus d'antibiotiques dangereux pour la santé humaine. L'acuité et l'importance de ce problème de santé publique nous ont amené à nous intéresser à ce thème.

Il est indispensable de minimiser ces composants avec des substituts naturels à base de plantes médicinales. Ainsi, un autre essai (**Essai 5**) a été réalisé afin d'étudier **les effets de deux types de plantes, en l'occurrence le Fenugrec et l'Armoise blanche, en tant qu'additifs alimentaires biologiques naturels dans l'eau de boisson des poulets de chair de la souche Cobb 500.**

Les résultats enregistrés à la fin de cet essai (42 jours d'âge des poulets) montrent que la supplémentation dans l'eau de deux poudres, une de graine et l'autre de la partie aérienne de deux plantes médicinales à savoir le Fenugrec et l'Armoise blanche, en tant qu'additifs alimentaires naturels, a augmenté significativement le poids vif moyen final dans le lot Fenugrec de 207g par rapport au poids du lot Armoise mais reste significativement similaire avec le lot témoin. Donc le fenugrec n'a pas amélioré le poids vif des poulets. Ces résultats sont en accord avec plusieurs travaux rapportés dans la bibliographie. Cependant, plusieurs autres études ont montré que l'inclusion des graines de Fenugrec dans le régime améliore considérablement le poids corporel des poulets de chair.

Dans cet essai, l'utilisation de l'infusion de l'Armoise dans l'eau a diminué le poids vif final des poulets. Ce qui est en accord avec les résultats de Messaï et al. (2014) et Tunç et al. (2019). Selon Zahid et al. (2014), la poudre d'*Artemisia Herba-alba* utilisée dans le 3^{ème} lot améliore la santé des volailles grâce à ses propriétés antibactériennes, antioxydantes et antifongiques. Le poids vif final faible du lot Armoise est engendré par le gain moyen qui a été plus faible dans le lot Armoise par rapport aux lots Témoin et Fenugrec respectivement 1681.8g, 2179.1g et 2181.7g.

Cependant, les poids vifs finaux moyens enregistrés dans les deux lots expérimentaux (Fenugrec et Armoise) à 42 jour d'âge respectivement (2371,32g et 2164,19g) sont inférieurs au poids moyen de la souche Cobb 500 à 42 jours préconisé par le guide des performances et recommandations nutritionnelles de la souche soit 2857 g. Le taux de conversion alimentaire global était meilleur dans le lot Fenugrec (2,15). Donc IC des trois lots prouve l'efficacité de l'infusion dans l'eau de la poudre des graines de fenugrec bien que la consommation globale par poulet durant 29 jours dans le lot Fenugrec était similaire avec celle enregistrée dans le lot témoin. Ces résultats sont en accord avec les conclusions de Yassin et al. (2020) et Hamden et al. (2010) qui ont rapporté que l'inclusion de la poudre de graine de Fenugrec a amélioré l'efficacité de la conversion alimentaire des poulets de chair.

Les indices de conversion enregistrés dans cette étude dans les deux lots expérimentaux "F" et "A", respectivement 2,15 et 2,52, sont supérieurs à IC de la souche Cobb 500 préconisé par le guide des performances et recommandations nutritionnelles de la souche à 42 jours d'âge des poulets qui est de 1,67 (Cobb 500, 2015). Les résultats de l'essai montrent que la consommation d'eau est faible dans le lot Armoise par rapport à l'autre lot expérimental Fenugrec ainsi qu'au lot Témoin mais elle est similaire dans ces deux derniers lots. Selon Nuriyasa (2017), le poulet est moins sensible au goût, car il n'a que 24 sens du goût, donc la consommation d'eau est affectée par l'Armoise que par le Fenugrec. Selon Astuti et Suripta (2020), l'administration d'extraits de Meniran et de Moringa dans l'eau potable n'affecte pas la consommation d'eau des poulets de chair.

Malgré les nombreux effets positifs de la supplémentation de Fenugrec et d'*Artemisia* dans l'alimentation des poulets cités dans la littérature, le présent travail n'a montré aucun effet positif sur les paramètres biochimiques sériques des poulets des deux lots expérimentaux par rapport au lot Témoin. Les résultats de cette étude sont en accord avec ceux de Weerasingha et Atapattu (2013) avec de différents niveaux de fenugrec utilisés dans leur expérience ainsi que les résultats de Hosseinzadeh et Farhoomand (2014) avec des rations expérimentales à différents niveaux d'*Artemisia Dracunculus*. Mais ces résultats restent dans les valeurs usuelles proposées par quelques auteurs pour la glycémie (Larbier et Leclercq, 1992 ; Hochleithner, 2013), les protéines totales (Campbell, 2004 ; Thrall et al., 2012 et Arzour-Lakhel et al., 2019) et le cholestérol total (Fontaine, 1992 et Hochleithner, 2013). Les résultats des Triglycérides dans les trois lots sont proches de la valeur de référence de 0,53g/l (Arzour-Lakhel et al., 2019).

La concentration en urée sanguine est la même dans les trois lots, elle est inférieure à 0,04g/l mais légèrement supérieure à celle préconisée pour le poulet de chair qui doit être inférieure à 0,01g/l

(Campbell, 2004). Mais elle reste dans l'intervalle de concentration de 0 à 5 mg / L chez les oiseaux non carnivores (Dos Santos Schmidit et al., 2007).

Les résultats des analyses des échantillons à la fin des six semaines d'élevage des deux lots expérimentaux et le lot témoin ont montré qu'aucune maladie n'a atteint les poulets tout au long de la période d'élevage dans les trois lots. Le résultat de mortalité n'a enregistré aucune différence significative du taux de mortalité dans les deux lots expérimentaux et le lot Témoin.

Il ressort de cette étude que le poids des organes, à l'exception du foie, est similaire dans les trois lots. Le poids du foie est significativement plus élevé dans le lot Armoise. Cela signifie que l'infusion de Fenugrec ayant des propriétés antimicrobiennes et antibiotiques n'a aucune influence sur l'augmentation ou la diminution de la valeur relative du poids des abats par rapport au lot témoin ce qui est en accord avec les conclusions de Guo et al. (2004) qui ont rapporté qu'une plante médicinale chinoise contenant le fenugrec et un antibiotique de la virginiamycine n'ont pas influencé le poids du foie chez les poulets de chair. Contrairement aux résultats enregistrés par Hosseinzadeh et Farhoomand (2014) qui ont conclu que l'ajout de poudre d'*Artemisia dracunculus* à différents niveaux dans la ration poulet de chair n'a pas d'effet significatif sur le poids du foie. Les résultats des poids des carcasses chaudes et des carcasses froides dans cet essai sont significativement similaires dans les trois lots. En valeur absolue la moyenne du rendement en carcasse froide est égale à 75,42% dans les deux lots expérimentaux et le lot témoin pour un poids qui varie entre 2021g et 2278g. Il est meilleur comparé au guide d'élevage de la souche Cobb 500 pour des poulets qui pèsent entre 2000g et 2400g. Il varie entre 72,69% et 73,47% (Cobb 500, 2015).

Les résultats de l'effet de la supplémentation en poudre de graines de Fenugrec et en poudre de la partie aérienne de la plante *Artémisa* dans l'eau de boisson sur les caractéristiques de la viande des poulets de chair de la souche cobb 500 ont montré que la qualité de la viande dans les trois lots n'a pas été affectée pour les paramètres de flaveur, de saveur, de taux de gras et de structure de la viande (farineuse et collante). La couleur de la viande était blanche dans les lots Armoise et Témoin, blanche et beige dans le lot Fenugrec. Elle était très tendre, moyennement juteuse avec une odeur non épicée pour les poulets du lot Armoise ainsi que le lot Témoin par rapport à la viande du lot Fenugrec qui était d'une tendreté moyenne, jutosité faible mais avec une odeur épicée. Les résultats de Wan et al. (2017) ont indiqué que la supplémentation en *Artemisia Annua* améliorait la qualité de la viande et la stabilité à l'oxydation des muscles de la poitrine et des cuisses chez les poulets de chair.

Références

- Arnould C., Colin L. 2009.** Evaluation of broiler welfare in commercial rearing systems. First French results from the European project Welfare Quality®. *World Poultry Science Association (WPSA), Proceedings of the 8th Avian French Research Days, St Malo, France, 25-26 March 2009.* <http://www.cabi.org/animalscience/Upl...>
- Arzour- Lakehal N., Boudebza A., Jaillardon L. 2019.** Détermination des Valeurs de Reference de 14 Constituants Biochimiques Sanguins chez des Poulets de Chair de La Souche Arbor Acres *Treizièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20 et 21 Mars 2019.*
- Astuti P., Suripta H. 2020.** Performance of Broiler Chicken Carcass Provided with Water Extract (Phyllanthus niruri L) and Moringa (Moringa oleifera Lam). *Bantara Journal of Animal Science*, 2(2). <https://doi.org/10.32585/bjas.v2i2.935>
- Bhat G. A., Banday M. T. 2000.** Effect of feed restriction on the performance of broiler chicken during winter season. *Indian Journal of Poultry Science*, 35(1), 112-114.
- Bouallegue M., Aschi M. S. 2015.** Effet de la restriction alimentaire quantitative sur les performances de poulets de chair élevés en Tunisie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 68(1), 27-31. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Boukersi B. 2008.** La crise s'inscrit dans la durée. In: « Expression » 18 Fev.
- Butzen F. M., Ribeiro A. M. L., Vieira M. M., Kessler A. M., Dadalt J. C., Della M. P. 2013.** Early feed restriction in broilers. I–Performance, body fraction weights, and meat quality. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(2), 251-259. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00639>
- Campbell T.W. 2004.** Blood chemistry of lower vertebrates. In: 55th Annual meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP), and the 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology (ASVCP).
- Carvalho I. T., Santos L. 2016.** Antibiotics in the aquatic environments: a review of the European scenario. *Environment international*, 94, 736-757. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.06.025>
- Cobb 500. 2015.** Guide des performances et recommandations nutritionnelles du poulet de chair. Cobb-vantress.com. <http://cobb.madebyprisma.com/assets/Cobb-Files/8de5d57070/27811ef0-5d15-11e8-9602-256ac3ce03b1>
- D'Eath R. B., Keeling L. J. 2003.** Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: from peck orders to social tolerance. *Applied animal behaviour science*, 84(3), 197-212. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.08.010>
- Diarra M. S., Rempel H., Champagne J., Masson L., Pritchard J., Topp E. 2010.** Distribution of antimicrobial resistance and virulence genes in Enterococcus spp. and characterization of isolates from broiler chickens. *Applied and environmental microbiology*, 76(24), 8033-8043. <https://aem.asm.org/content/aem/76/24/8033>

- Diarra M. S., Silversides F. G., Diarrassouba F., Pritchard J., Masson L., Brousseau R., Topp E. 2007.** Impact of feed supplementation with antimicrobial agents on growth performance of broiler chickens, *Clostridium perfringens* and enterococcus counts, and antibiotic resistance phenotypes and distribution of antimicrobial resistance determinants in *Escherichia coli* isolates. *Applied and environmental microbiology*, 73(20), 6566-6576. <https://aem.asm.org/content/aem/73/20/6566>
- Dos Santos Schmidt E. M., Paulillo A. C., Dittrich R. L., Santin E., da Silva P. C. L., Beltrame O., de Oliveira E. G. 2007.** The effect of age on hematological and serum biochemical values on juvenile ring-necked pheasants (*Phasianus colchicus*). *International Journal of Poultry Science*, 6(6), 459-461.
- Dozier III.W. A., Lien R. J., Hess J. B., Bilgili S. F. 2003.** Influence of early skip-a-day feed removal on live performance and carcass yield of broilers of different sexes and strain sources. *Journal of applied poultry research*, 12(4), 439-448. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S105661711931880X/pdf?md5=d914288caa669b7ba9d9bd8412be4f43&pid=1-s2.0-S105661711931880X-main>
- Drogoul C., Gadoud R., Joseph M. M. 2004.** *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage* (Vol. 2). Educagri Editions. 312p.
- Ekstrand C., Algers B. 1997.** Rearing conditions and foot-pad dermatitis in Swedish turkey poult. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 38(2), 167-174. <https://doi.org/10.1186/BF03548496>
- Ewa V. U., Nwakpu P. E., Otuma M. 2006.** Effect of feed restriction on growth performance and economy of production of broiler chicks. *Animal Research International*, 3(3), 513-515. <https://www.ajol.info/index.php/ari/article/viewFile/40781/8360>
- Fontaine M. 1992.** Vade-mecum du vétérinaire. 15ème édition.- volume 2. Chapitre II : Normes biologiques et zootechniques éléments de propédeutique : 763-1024.
- Forgetta V., Rempel H., Malouin F., Vaillancourt Jr R., Topp E., Dewar K., Diarra M. S. 2012.** Pathogenic and multidrug-resistant *Escherichia fergusonii* from broiler chicken. *Poultry science*, 91(2), 512-525. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01738>
- Furtula V., Farrell E. G., Diarrassouba F., Rempel H., Pritchard J., Diarra M. S. 2010.** Veterinary pharmaceuticals and antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolates in poultry litter from commercial farms and controlled feeding trials. *Poultry science*, 89(1), 180-188. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00198>
- Gidenne T., Garreau H., Maertens L., Drouilhet L. 2019.** Efficacité alimentaire en cuniculture : voies d'améliorations, impacts technico-économiques et environnementaux. *INRA Productions Animales*, 32(3), 431-444. <https://productions-animales.org/article/view/2946>
- Guo F. C., Kwakkel R. P., Soede J., Williams B. A., Verstegen M. W. A. 2004.** Effect of a Chinese herb medicine formulation, as an alternative for antibiotics, on performance of broilers. *British poultry science*, 45(6), 793-797. <https://doi :10.1080/00071660400012741>

- Hamden K., Jaouadi B., Carreau S., Bejar S., Elfeki A. 2010.** Inhibitory effect of fenugreek galactomannan on digestive enzymes related to diabetes, hyperlipidemia, and liver-kidney dysfunctions. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 15(3), 407-413. . <https://doi.org/10.1007/s12257-009-3037-9>
- Hochleithner M. 2013.** Chapter 11: Biochemistries. In: Avian medicine online, by Harrison's bird foods: 223-245.
- Hosseinzadeh Z., Farhoomand P. 2014.** The Effects of Artemisia Dracunculus'powders different Levels on Blood Parameters and Internal Organs Weight Broiler Chickens.
- Hy-line. 2018.** Guide poules pondeuses. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20FRN>
- Hy-Line Brown. 2018.** Guide de gestion des pondeuses commerciales.32p.
- Hy-Line. 2017.** Guide Hy-Line international Brown commercial layers 44 p. http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/BRN_COM_ENG
- HY-Line Brown. 2011.** Guide des performances des pondeuses commerciales-système intensif.20p.
- ISA-Brown. 2011.** Guide nutritionnel des pondeuses commerciales. 23p.
- ISA-Brown. 2009.** Guide d'élevage générale des pondeuses commerciales. 41 p.
- ITAVI. 2017.** Performances techniques et coûts de production en Pondeuses et œufs de consommation. <https://www.itavi.asso.fr/content/performances-techniques-et-couts-de-production-resultats-2017>
- ITAVI. 2003.** Production d'œufs de consommation en climat chaud.1ère édition. Paris.120p.
- Jahanpour H., Seidavi A., Qotbi A. A. A., Van Den Hoven R., Rocha e Silva S., Laudadio V., Tufarelli V. 2015.** Effects of the level and duration of feeding restriction on carcass components of broilers. *Archives Animal Breeding*, 58(1), 99-105. <https://doi.org/10.5194/aab-58-99-2015>
- Jahanpour H., Seidavi A., Qotbi A. A. 2014.** Effects of intensity and duration of quantitative restriction of feed on broiler performance. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 65(2), 83-98. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15519>
- Kaci A., Cheriet F. 2013.** Analyse de la compétitivité de la filière de viande de volailles en Algérie : tentatives d'explication d'une déstructuration chronique.
- Kaci A., Kabli I. 2000.** Techno-economic analysis of performance in real production conditions, Case of broilers in the region of center. IIIrd Research Days on Animal Production, Tizi Ouzou.
- Kaci A., Kheffache H. 2016.** La production et la mise en marché du poulet de chair dans la wilaya de Médéa (Algérie) : nécessité d'une coordination entre acteurs. *Les cahiers du cread*, 118, 113-132.

- Kaukonen E., Norring M., Valros A. 2016.** Effect of litter quality on foot pad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian pathology*, 45(6), 667-673. <https://doi.org/10.1080/03079457.2016.1197377>
- Kaukonen E., Norring M., Valros A. 2017.** Evaluating the effects of bedding materials and elevated platforms on contact dermatitis and plumage cleanliness of commercial broilers and on litter condition in broiler houses. *British poultry science*, 58(5), 480-489. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2017.1340588>
- Larbier M., Leclercq B. 1992.** Nutrition et alimentation des volailles, INRA Eds, Paris. 355 p.
- Lee K. H., Leeson S. 2001.** Performance of broilers fed limited quantities of feed or nutrients during seven to fourteen days of age. *Poultry science*, 80(4), 446-454.
- Magdelaine P., Conter A. 2006.** Évolution des filières avicoles chair et ponte en Pologne, Hongrie et République tchèque : Contexte et facteurs de compétitivité. *Sciences et Techniques Avicoles*, n°56, juillet 2006, 10 P.
- McGeown D., Danbury T. C., Waterman-Pearson A. E., Kestin S. C. 1999.** Effect of carprofen on lameness in broiler chickens. *Veterinary Record*, 144(24), 668-671. <https://doi.org/10.1136/vr.144.24.668>
- Mehdi Y., Létourneau-Montminy M. P., Gaucher M. L., Chorfi Y., Suresh G., Rouissi T., Godbout S. 2018.** Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, 4(2), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>
- Meluzzi A., Fabbri C., Folegatti 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. *British poultry science*, 49(3), 257-264. <https://doi.org/10.1080/00071660802094156>
- Mench J. A. 2008.** Farm animal welfare in the USA: Farming practices, research, education, regulation, and assurance programs. *Applied Animal Behaviour Science*, 113(4), 298-312.
- Messaï A., Bensegueni A., Abdeldjelil M. C., Agabou A., Redouane-Salah S. 2014.** Effects of white wormwood (*Artemisia herba-alba* Asso), during an experimental coccidiosis in broilers. *Annals of Biological Research*, 5(4), 11-16.
- Nji F. R., Niess E., Pfeffer E. 1999.** Performance of Growing Broiler Chicks Fed Bambara Groundnuts (*Vigna Subterranean*). *Deu sher Trogentag, Book of Abstracts and Proceedings*, 156.
- Novel D. J., Ng'Ambi J. W., Norris D., Mbajorgu C. A. 2009.** Effect of different feed restriction regimes during the starter stage on productivity and carcass characteristics of male and female Ross 308 broiler chickens. *Int. J. Poult. Sci*, 8(1), 35-39.
- NOVOgen White. 2019.** Guide d'élevage des pondeuses commerciales. <https://www.novoponte.fr/wp-content/uploads/2019/03/NovoWhite-Guide->

NOVOgen Brown. 2017. Guide d'élevage des pondeuses commerciales. https://www.novogen-layer.com/media/cs_management_guide_novogen_brown_classic_fr_074899200_1639_29_062017

Nuriyasa I . M. 2017. Environment and Livestock Productivity. Lecture dictates. Animal Husbandry Study Program. Faculty of Animal Husbandry. Udayana University. Denpasar

Onrust L., Ducatelle R., Van Driessche K., De Maesschalck C., Vermeulen K., Haesebrouck F., Van Immerseel F. 2015. Steering endogenous butyrate production in the intestinal tract of broilers as a tool to improve gut health. *Frontiers in veterinary science*, 2, 75. <https://doi.org/10.3389/fvets.2015.00075>

Pineau C., Morinière F. 2010. Atteindre un bon niveau de rentabilité in ITAB., 2010.

Quinche A. R. S., Saldarriaga J. C. S., Guerrero J. N. Q., Romero J. R. P., Baena I. P. 2019. Effect of *Mentha spicata* L. infusión on the productive performance and organoleptic characteristics of Cobb 500 broilers. *Acta Agronómica*, 68(4).<http://dx.doi.org/10.15446/acag.v68n4.72174>

Ricke S. C. 2015. Potential of fructooligosaccharide prebiotics in alternative and nonconventional poultry production systems. *Poultry Science*, 94(6), 1411-1418.

Ronquillo M. G., Hernandez J. C. A. 2017. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods. *Food Control*, 72, 255-267.

Sahraei M. 2012. Feed restriction in broiler chickens production: a review. *Global Veterinaria*, 8(5), 449-458. [http://www.idosi.org/gv/GV8\(5\)12/4](http://www.idosi.org/gv/GV8(5)12/4)

Saleh E. A., Watkins S. E., Waldroup A. L., Waldroup P. W. 2005. Effects of early quantitative feed restriction on live performance and carcass composition of male broilers grown for further processing. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(1), 87-93.

Scawah. 2000. European Commission – Scientific Committee on Animal Health and Welfare 2000. The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers) European Commission, Brussels, Belgium Adopted 21 March 2000. <http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out39>

Tétra-SL LL. 2020. Guide d'élevage des poules pondeuses. Tétra-SL LL hybride de ponte pour la production industrielle des œufs roux avec un cycle de ponte prolongé. <https://www.babolnatetra.com/fr/produits/tetra-sl-ll/>

Tétra-SL-LL-Country. 2019. Guide d'élevage des pondeuses commerciales <http://www.babolnatetra.com/wp-content/uploads/2019/12/tetra-sl-fr>

Thrall M.A., Weiser G., Allison R., Campbell T. 2012. Clinical chemistry of common non domestic mammals, birds, reptiles, fish and amphibians. In *Veterinary haematology and clinical chemistry*. Second edition: 569-614.

- Trocino A., White P., Bordignon F., Ferrante V., Bertotto D., Birolo M., Xiccato G. 2020.** Effect of feed restriction on the behaviour and welfare of broiler chickens. *Animals*, 10(5), 830. [http://www.animals-10-00830-v2%20\(10\)](http://www.animals-10-00830-v2%20(10))
- Tunç M. A., Yildirim S., Yorük M. A. 2019.** Effects of tarragon (*Artemisia dracunculus*) powder on broiler performance parameters and histopathology of internal organs. *Austral journal of veterinary sciences*, 51(3), 113-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322019000300113>
- Van Eekeren E.N., Maas A., Saatkamp H.W., Verschuur M. 2006.** Small scal chicken production. Agrodok 4, 4th Revised Edition, Agromisa Foundation and CTA, Wageningen 91p.
- Wan X. L., Song Z. H., Niu Y., Cheng K., Zhang J. F., Ahmad H., Wang T. 2017.** Evaluation of enzymatically treated *Artemisia annua* L. on growth performance, meat quality, and oxidative stability of breast and thigh muscles in broilers. *Poultry science*, 96(4), 844-850. <https://doi.org/10.3382/ps/pew307>
- Weerasingha A. S., Atapattu N. S. B. M. 2013.** Effects of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed powder on growth performance, visceral organ weight, serum cholesterol levels and the nitrogen retention of broiler chicken. *Tropical Agricultural Research*, 24(3): 289-295
- Welfare Quality®. 2009c.** Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, The Netherlands, 111p. http://www.welfarequality.net/media/1019/poultry_protocol
- Yassin M., Nurfeta A., Banerjee S. 2020.** The effect of Supplementing Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Seed Powder on Growth Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality of Cobb 500 Broilers Reared on Conventional Ration. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 30(3), 1291-42.
- Zahid A.S.S., Khan M.S., Sher H.K. 2014.** Comparative anthelmintic efficacy of *Caesalpinia crista* *Nigella sativa* and oxfendazole in broilers with experimentally induced *Ascaridia galli* infection. *Univ. J. Clin. Med.* 2014; 2(3):53–57.
- Zimmerman P. H., Lundberg A., Keeling L. J., Koene P. 2003.** The effect of an audience on the gavel-call and other frustration behaviours in the laying hen (*Gallus gallus domesticus*). *Animal Welfare-Potters Bar Then Wheathampstead-*, 12(3), 315-326.
- Zomrawi W. B., Mohamed K. E., Algam T. A., Abdalhag M. A., Osman R. H. 2019.** Effect of Feed Restriction on Compensatory Growth and Broiler Chicks Performance. *International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries*, 7(3), 30.

Conclusion générale

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse avaient pour objectif principal de déterminer les impacts, en termes de performances et de bien-être animal, de l'intensification des systèmes de production sur l'activité des exploitations avicoles dans les conditions de productions locales.

Les résultats obtenus au cours de ce travail de thèse ont montré que les performances de production dans le centre avicole de production des œufs de consommation étudié sont proches de celles des souches dans quelques bandes mais faibles dans d'autres. La durée de ponte varie de 62 à 64 semaines. Les taux de mortalité des poules par semaines, similaires pour les différentes souches exploitées (Tétra-SL, ISA Brown et Hy-Line), sont trop importants et largement supérieurs aux recommandations : 24 à 26,5% enregistrés vs 3 à 7 % recommandés. Les quantités d'aliment consommées par poule par jour restent dans les normes. L'indice de consommation semble meilleur chez la souche Hy-Line (2,36) mais supérieur aux normes (1,8 à 2,1).

Les indicateurs du bien-être des reproductrices chair étudiés au niveau du deuxième centre d'élevage des reproducteurs chair sont globalement dans les normes. Les scores indicateurs sont significativement les plus élevés. Dans ce type d'élevages, le bien-être des animaux est largement corrélé à l'état de la litière. Les facteurs majeurs de la dégradation de la litière sont surtout le taux élevé d'humidité et les fuites d'eau sous les abreuvoirs qui la rendent mouillée et collante aux bottes, ce qui affecte le bien être des volailles. En effet, les pododermatites, les boiteries, les brûlures de jarret et les lésions de la peau enregistrées sont plus élevées dans les bâtiments où l'état de la litière est plus dégradé.

En plus des problèmes du bien-être, la recherche d'un aliment équilibré et à moindre coût permettant d'atteindre un bon niveau de performances de production avec une meilleure efficacité alimentaire demeure l'un des soucis majeurs des chercheurs et des éleveurs.

L'efficacité alimentaire enregistrée dans le centre industriel de production d'œufs de consommation sur une période de quinze années et sur un effectif global de 1,42 millions de poules n'est pas bonne et loin des normes recommandées pour les souches utilisées. L'indice de consommation moyen calculé a été de $2,61 \pm 0,07$ alors que les normes sont de 2,15. En ce sens, dans les conditions de production locales, la quantité d'aliment nécessaire pour la production d'un œuf de consommation est trop élevée. La rentabilité de l'élevage et par conséquent le prix de vente des œufs sur le marché local se trouvent affectés.

Dans les conditions de production locales de cette filière, la formulation des aliments à moindre coût est directement liée aux matières premières utilisées. Ces dernières sont importées à savoir le Maïs et le tourteau de soja, ayant comme conséquence un prix de l'aliment élevé. En effet l'alimentation constitue le principal poste de dépenses en élevage

du poulet de chair et représente jusqu'à 70 % du coût total de production. Le prix de revient du kilogramme de poulet se trouve très impacté et dépend de la fluctuation des prix du Maïs et du tourteau de soja sur le marché mondial. D'où la nécessité de chercher une productivité élevée avec des coûts de production réduits.

En effet, la technique de la restriction alimentaire quantitative se traduit par une importante économie des coûts alimentaires dans la production des poulets de chair, une réduction du prix de revient de la carcasse et par conséquent une sensible amélioration du revenu des éleveurs. Les résultats de l'expérience menée sur la restriction alimentaire quantitative en élevage du poulet de chair confirment l'intérêt de cette dernière. La restriction pratiquée à deux niveaux (10% et 20%) et durant la fin de la période de croissance (de 31 à 42 jours d'âge), n'a détérioré ni l'état sanitaire ni les performances zootechniques des poulets. Elle a permis une croissance compensatrice suffisante pour atteindre un poids vif final similaire entre le lot témoin et les lots expérimentaux, respectivement 3416,3 g, 3456,4 g et 3432,1 g et un poids moyen de la carcasse chaude similaire dans les trois lots soit respectivement 2549,2g, 2732,7g et 2670.9g. Elle a aussi amélioré l'efficacité alimentaire. En valeur absolue, la conversion alimentaire semble plus intéressante dans les lots restreints avec un indice de consommation global (à 49 jours) de 1,7 pour les lots expérimentaux vs 1,90 pour le lot témoin. Le rendement économique des groupes restreints est meilleur que celui du groupe ayant consommé *ad libitum*. Elle a réduit le coût total d'aliment/poulet des deux lots restreints R1 et R2 respectivement de 301,6 DA et 266,76 DA par rapport au lot témoin, permettant ainsi une augmentation des revenus en gain de poids vif des deux lots restreints, respectivement, de 852,5 Da et 842,5 DA par rapport au lot témoin (842.5 DA). Les lots restreints ont permis également d'améliorer le revenu par kg de viande produite et de réaliser une économie pour les lots restreints : de 31,72 à 66,56 DA pour chaque kg de viande produite dans les lots restreints.

Les mêmes objectifs, en plus des effets défavorables des produits chimiques, en particulier les antibiotiques, ont conduit à l'utilisation des produits naturels à savoir des plantes médicinales pour améliorer l'efficacité d'utilisation des aliments et les performances de croissance des volailles. Dans cette étude, l'utilisation de deux plantes médicinales à savoir l'infusion de poudre de graines de fenugrec et de poudre de la partie aérienne de l' Armoise dans l'eau pendant les périodes de croissance et de finition des poulets de chair, s'est avérée bénéfique et n'a pas détérioré l'état sanitaire et les performances zootechniques des poulets. A la fin des 42 jours d'élevage, la supplémentation dans l'eau de Fenugrec et d'Armoise a augmenté significativement le poids vif moyen final dans le lot Fenugrec (2371,3g) de 207g par rapport au poids du lot Armoise (2164,2 g) mais reste significativement similaire avec le lot témoin (2353,1g). L'infusion de fenugrec a donné la meilleure conversion alimentaire. Malgré les nombreux effets positifs de la supplémentation de Fenugrec et

d'Artemisia dans l'alimentation des poulets, cités dans la littérature, les paramètres biochimiques et l'équilibre lipidique n'ont pas été affectés par les infusions fenugrec et Artemisia mais ces résultats restent dans les valeurs usuelles rapportés par la littérature scientifique. L'infusion d'Artemisia a amélioré la qualité de la viande des poulets. La viande était très tendre, moyennement juteuse avec une odeur non épicée.

Les contraintes d'ordre zootechnique, sanitaire et de maîtrise des techniques d'élevage sont à l'origine des contre-performances de production enregistrées dans les élevages avicoles conduits dans les conditions de production locales. C'est notamment le cas des problèmes pathologiques liés au bien-être animal, de l'irrégularité de l'approvisionnement en aliment, sa mauvaise présentation voire sa mauvaise formulation ainsi que son prix excessivement élevé.

En perspective, il est recommandé :

- De réaliser d'autres études similaires sur d'autres élevages (étatiques et privés) afin d'améliorer le bien-être des volailles dans les élevages en Algérie. En effet, les résultats obtenus dans cette thèse ne pourront pas être extrapolés à l'ensemble des élevages des reproducteurs chair à cause, notamment, de l'état général des bâtiments et du suivi des élevages.
- Une optimisation de la productivité des centres de production des œufs de consommation et œufs à couvrir par l'amélioration des conditions d'élevage.
- Une meilleure maîtrise du volet formulation des aliments permettant ainsi la mise à disposition des éleveurs des aliments complets, équilibrés et à moindre coût.
- Mettre en œuvre d'autres études pour la recherche de ressources alimentaires alternatives notamment les plantes médicinales disponibles localement.