

Effets de l'huile de coton et du sel sur les performances de ponte et les caractéristiques physiques de l'œuf des poules pondeuses ISA Brown en période de forte chaleur au Burkina Faso

Nabi Daouda DAO^{1*}, Salimata POUSGA¹,
Ibrahima TRAORE^{2 3}, Timbilfou KIENDREBEOGO³,
Eric Ossama BAZIE¹, Georges Anicet OUEDRAOGO¹

Résumé

Pendant la période de stress thermique, la couverture des besoins nutritionnels des poules pondeuses reste un élément crucial. La présente étude est ainsi conduite pour tester les effets de l'utilisation simultanée de l'huile et du sel dans le rationnement des poules pondeuses à Bobo-Dioulasso en vue d'améliorer leur bien-être et leurs performances de production en période de forte chaleur.

A travers un dispositif en bloc de Fisher randomisé, 160 poules de race ISA Brown âgées de 23 semaines ont été réparties de façon aléatoire entre un traitement témoin (TT) et un traitement d'huile de coton 1% dans la ration + chlorure de sodium 0,25% dans l'eau de boisson (THCCS). Cette étude expérimentale s'est déroulée sur 12 semaines après une phase d'adaptation.

Les résultats indiquent que la température et l'hygrométrie ambiantes moyennes étaient respectivement de 31,5°C et de 51, 9% dans le bâtiment. La température rectale des poules du TT a été plus élevée que celle des poules du THCCS ($p < 0,05$). Le taux de ponte moyen a été de 40,2% (TT) et de 37,9% (THCCS) avec $p < 0,05$. Les poids et volume d'œuf du THCCS (51,7 g et 47,9 cm³) ont été respectivement supérieurs à ceux du TT (50,2 g et 46,8 cm³) avec $p < 0,05$.

L'expérience n'a pas été concluante pour améliorer le niveau de ponte, mais a néanmoins permis d'avoir des œufs de meilleure qualité physique. En perspectives, ce travail doit être poursuivi avec d'autres additifs alimentaires.

Mots clés : Forte chaleur, supplémentation, huile de coton, chlorure de sodium, poule pondeuse, Burkina Faso

¹ Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, Université Nazi Boni, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso,

² Centre Universitaire de Banfora (CUB)/Université Nazi Boni, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso

³ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA/CNRST), 01 BP 910 Bobo-Dioulasso.

*Auteur correspondant : Nabi Daouda DAO E-mail : nbi.veto@gmail.com - ORCID : <https://orcid.org/0009-0008-2620-5895>

Combined effects of vegetable oil and salt on laying performance and egg physical characteristics of ISA Brown laying hens during a heatwave in western Burkina Faso

Abstract

During heat stress, meeting the nutritional requirements of laying hens is crucial. This study was conducted to evaluate the effects of simultaneously incorporating oil and salt into the feed ration of laying hens in Bobo-Dioulasso, with the aim of improving their welfare and production performance during heat waves. Using a randomized Fisher block design, 160 ISA Brown hens aged 23 weeks were allocated to either a control treatment (CT) or a treatment consisting of 1% cottonseed oil in the feed combined with 0.25% sodium chloride in the drinking water (COSCT). The experimental period lasted 12 weeks following an adaptation phase. Average ambient temperature and humidity in the henhouse were 31.5 °C and 51.9%, respectively. Mean rectal temperature of CT hens was significantly higher than that of COSCT hens ($p < 0.05$). Average laying rate was 40.2% for CT and 37.9% for COSCT ($p < 0.05$). However, egg weight and volume were significantly higher in COSCT (51.7 g and 47.9 cm³) compared with those of the CT (50.2 g and 46.8 cm³) ($p < 0.05$). Although the treatment did not improve egg production, it resulted in eggs of superior physical quality. Future studies could explore other supplementation materials and higher inclusion rates to optimize both productivity and egg quality.

Keywords: Period of heat stress, supplementation, cottonseed oil, sodium chloride, laying hens, Burkina Faso

Introduction

L'industrie avicole est en expansion à l'échelle mondiale afin de répondre aux besoins alimentaires des populations en viande et œufs de table (WASTI *et al.*, 2020). Les œufs de volaille sont très riches en protéines, minéraux, vitamines et en antioxydants et par conséquent, bénéfiques à la nutrition et à la santé des populations (ZAHEER, 2015). Pour être en phase avec la demande, les fermes avicoles modernes ou intensives font de plus en plus recours aux races de poules spécialisées à haut potentiel de ponte. Dans ces fermes, des conditions d'ambiance spécifiques sont recommandées pour maintenir le bien-être de la volaille et garantir les bonnes performances productives (LARA and ROSTAGNO, 2013). En effet, la littérature définit une zone de neutralité thermique de 19 – 22°C et une plage d'hygrométrie comprise entre 60 - 70% pour une expression optimale des performances zootechniques pour cette catégorie de volaille (PAWAR *et al.*, 2016 ; ZHOU *et al.*, 2019). Cependant, dans de nombreuses localités du monde et du fait des changements climatiques, la question du stress thermique reste une préoccupation centrale pouvant

négalement affecter les productions avicoles (SAEED *et al.*, 2019 ; WASTI *et al.*, 2020).

Au Burkina Faso où les poulets exotiques sont essentiellement élevés sous ventilation naturelle (KERE *et al.*, 2020) et dans les poulaillers de type ouvert, la saison sèche chaude (de mars à mai) représente une période difficile attisant la hantise des aviculteurs (DAO *et al.*, 2025). A Bobo-Dioulasso, ville située à l'ouest du pays, cette période caniculaire est marquée par des températures maximales pouvant atteindre 38-40°C avec une humidité relative entre 44-68% (DES CLICS NOMADES, 2024). Cette canicule entraîne du stress thermique, lequel peut causer une réduction du taux de ponte et de la qualité des œufs, notamment la solidité de la coquille (LIN *et al.*, 2006 ; WASTI *et al.*, 2020). En perturbant le processus de formation de la coquille, des œufs à coquilles légères, peu épaisses et friables sont pondus augmentant les pertes lors du stockage ou du transport (KAVTARASHVILI et BUYAROV, 2021).

Pour y remédier, certains auteurs ont proposé des solutions parmi lesquelles les ajustements alimentaires et nutritionnels (DAGHIR, 2009 ; SAEED *et al.*, 2019). Pour d'autres, l'incorporation de graisses ou d'huiles dans les régimes alimentaires et l'ajout d'électrolytes dans l'aliment ou l'eau de boisson, constituent des pistes de solution pour mitiger les effets du stress thermique en élevage avicole (SAEED *et al.*, 2019 ; WASTI *et al.*, 2020 ; GAO *et al.*, 2021).

Il est noté une quasi-absence d'études et de données d'études sur l'utilisation des huiles et/ou du sel dans l'alimentation des poules pondeuses au Burkina Faso et plus particulièrement en période de forte chaleur.

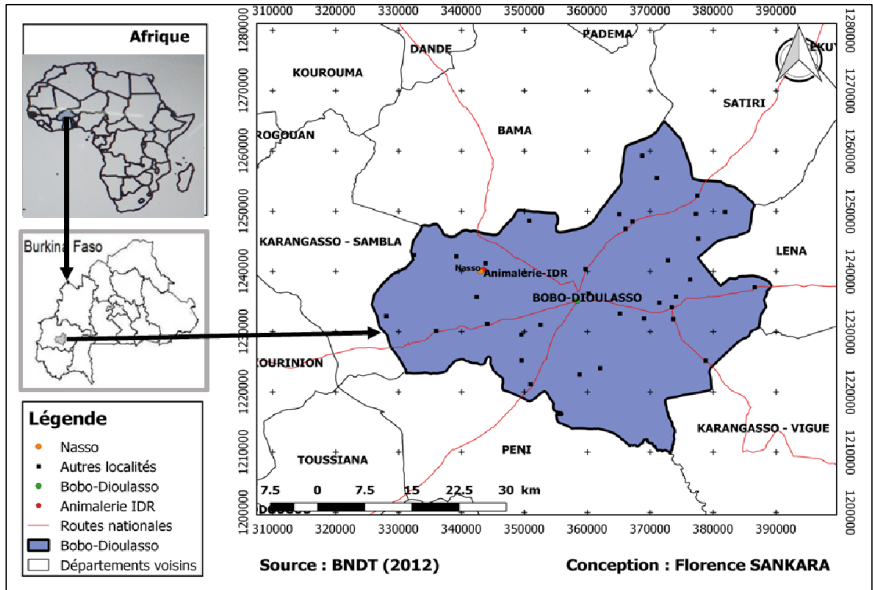
La présente étude vise à tester l'utilisation simultanée de l'huile et du sel dans le rationnement des poules pondeuses de race Isa Brown dans les élevages intensifs de Bobo-Dioulasso en vue d'évaluer les effets de cette pratique sur le bien-être des oiseaux, les performances de ponte et la qualité des œufs pondus en période de forte chaleur.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site de l'étude

L'étude a été conduite à l'animalerie de l'Institut du Développement Rural (Animalerie de l'IDR) au sein de l'Université Nazi Boni (11°12'

N, 4°26' O) (Figure 1). Ce site est situé à 15 km de la ville de Bobo-Dioulasso à l'Ouest du Burkina Faso. Le climat de la zone est de type sud-soudanien, alternant une saison sèche (octobre à mai) et d'une saison pluvieuse (juin à septembre) dans l'année. La pluviométrie est assez importante pouvant aller jusqu'à 1200 mm d'eau par an mais inégalement répartie dans le temps et l'espace. La végétation est constituée de savanes boisées, arborées et arbustives (FONTES et GUINKO, 1995). Les températures moyennes sont relativement élevées et comprises entre 30°C et 34°C pour la période de mars à juin (DES CLICS NOMADES, 2024).



Source : SANKARA *et al.* (2022)

Figure 1 : Site de l'étude

2.2. Poulailier et matériel d'élevage

Un bâtiment de type semi-ouvert, dimensionné 10 m x 10 m, à toiture en tôles bac acier et sans lanterneau a été utilisé pour conduire l'expérience. La hauteur du muret était de 1,4 m, le sol en béton avec un système de ventilation naturelle. Mais pour le besoin de l'expérimentation, une litière constituée de balles de riz a été utilisée comme tapis. Dans chaque box, étaient disposés deux mangeoires métalliques et un abreuvoir en plastique (Figure 2).



Figure 2 : Intérieur du poulailler et équipements d'élevage

2.3. Animaux d'expérience

Des poules pondeuses de race ISA Brown ont été acquises pour l'expérience à partir d'un effectif total de 160 sujets, âgés de 23 semaines et ayant un poids corporel moyen de 1210 g. Elles ont été achetées à cet âge (23 semaines) sur le marché local. Le choix de cette race a été effectué sur la base de son adaptabilité à différents types climatiques, ses hautes performances de ponte (GNABRO et KOUADIO, 2017) et sa large exploitation par les aviculteurs dans le pays.

2.4. Formulation et composition nutritionnelle des rations alimentaires

La formulation des rations a été faite à l'aide du logiciel UNEForm développé par l'Université de New England en Australie (THOMSON et NOLAN, 2001). La composition centésimale des rations est indiquée dans le Tableau I.

Deux rations ont été formulées : une ration expérimentale contenant 1% d'huile raffiné à base de coton dans l'aliment, couplé à un apport de sel (NaCl) iodé à raison de 2,5 g/litre (0,25%) dans l'eau de boisson (ration RHC) et une ration témoin standard sans huile et sans sel dans l'eau de boisson (ration RT). L'huile ainsi que le sel iodé ont été achetés sur le marché local et utilisés en l'état. L'apport de sel a été fait

suivant la recommandation (0 – 0,5%) faite par MUSHLAG *et al.* (2007).

L’ajout d’huile dans la ration vise la mitigation des effets du stress thermique. En effet, selon certains auteurs (DAGHIR, 2008 ; SAEED *et al.*, 2019), les huiles peuvent être incorporées au régime alimentaire jusqu’à 5% en situation de stress thermique. Le niveau d’ajout d’huile d’1% a été choisi pour ne pas dégrader l'appétit des oiseaux et la qualité de l’œuf d’une part, et d’autre part, parce que l’ajout d’une proportion importante d’huile dans la ration des poules peut provoquer des désordres dans le métabolisme lipidique (GAO *et al.*, 2021). Du prémix a été ajouté aux deux rations en vue de couvrir les besoins spécifiques en vitamines et en oligo-éléments.

La composition nutritionnelle des rations est présentée dans le Tableau II. La supplémentation par 1% d’huile de coton a apporté 51 kcal/kg MS (matière sèche) d’énergie métabolisable ; 1,08% de matières grasses ; 0,48% de matières minérales ; 0,05% de lysine et 0,09% de méthionine-cystéine de plus à la ration avec huile de coton. Seules les teneurs en cellulose et protéines brutes ont été légèrement plus élevées de 0,14 et 0,04% respectivement dans la ration témoin.

Tableau I : Composition centésimale des rations alimentaires

Ingrédients	Taux d'incorporation (%)	
	RT	RHC
Maïs	58,26	57,69
Son de blé	11,34	11,23
Tourteau de coton	9,54	9,46
Phosphate bicalcique	0,70	0,69
L-Lysine	0,15	0,15
D Méthionine	0,05	0,05
Prémix	0,25	0,23
Coquillage marin	8,16	8,08
Chlorure de sodium	0,50	0,50
*Huile de coton	0,00	1,00
Farines de poisson	4,58	4,52
Tourteau de soja	6,47	6,40
Total	100	100

RT = ration du traitement témoin et RHC = ration avec huile de coton

* Composition nutritionnelle de 100 g d’huile : 29 g d’acides gras saturés, 21 g d’acides gras mono-insaturés, 50 g d’acides gras poly-insaturés, vitamines A et E selon les indications de la société de fabrication (SN Citec).

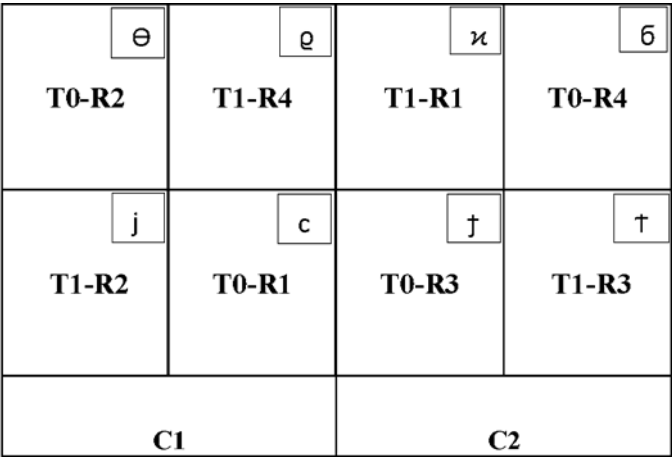
Tableau II : Composition nutritionnelle des rations témoin et essai selon les prédictions par spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR)

Valeurs nutritionnelles	Ration		P-value
	Témoin	HC	
EM (kcal/kg.MS)	2 629	2 680	0,89
Protéines brutes (%)	16,8	16,5	0,87
Matières grasses (%)	5,19	6,28	0,98
Matières minérales (%)	15,57	16,05	0,80
Cellulose brute (%)	3,24	3,10	0,65
Lysine (%)	0,77	0,82	0,95
Mét - Cyst (%)	0,60	0,69	0,93

EM = Energie métabolisable ; HC = huile de coton ; Mét-Cyst = Méthionine et Cystéine

2.5. Dispositif expérimental

Un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisé a été utilisé dans cette étude. Les poules ont été réparties de façon aléatoire entre les traitements témoin et HCCS. Dans chaque traitement, quatre répétitions de 20 sujets chacune étaient organisées. Le poulailler était constitué de deux compartiments subdivisés en quatre boxes de 4,5 m². Chaque répétition occupait un box disposé de façon aléatoire dans le bâtiment (Figure 3).



C = compartiment ; T0 = traitement témoin ; T1 = traitement HCCS ; R = répétition

Figure 3 : Dispositif expérimental de l'étude

2.6. Conduite des poules

L'expérience s'est tenue du 1^{er} avril au 28 juin 2024 en confinement et sur litière, après une phase d'adaptation de deux semaines. Un programme lumineux de 12 h $\pm$ 4 h (éclairage artificiel dès 21 h) était mis en place. Les aliments étaient servis tous les matins à partir de 7 h et les soirs aux environs de 16 h. Une quantité individuelle journalière de 80 g d'aliment était servie par poule au début de l'expérimentation. Cette quantité était augmentée de 5 g chaque semaine pour être fixée à 110 g dès la 30^{ème} semaine d'âge. L'eau de boisson était disponible *ad-libitum* dans les deux traitements.

2.7. Collecte des données

Des prélèvements d'échantillons de chaque aliment distribué et refusé par les poules ont été réalisés et expédiés au laboratoire pour l'analyse de leur composition nutritionnelle. Les teneurs nutritionnelles de ces échantillons ont été évaluées par la méthode de spectrométrie dans le proche infrarouge SPIR (BASTIANELLI *et al.*, 2018).

La collecte des données a été réalisée après la période d'adaptation et a concerné les paramètres décrits ci-après :

- La température et l'hygrométrie ambiantes ont été relevées chaque jour à 8 h et à 16 h à l'aide d'un thermo-hygromètre (précisions respectives de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ et de $\pm 5\%$) ;
- La température rectale a aussi été prise quotidiennement aux mêmes heures en introduisant un thermomètre numérique (précision $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$) à 1,5 cm dans le cloaque pendant 5-10 secondes chez trois poules prises au hasard par répétition (BARRETT *et al.*, 2019) ;
- Les quantités d'aliments distribuées et refusées étaient pesées chaque matin à 7 h à l'aide d'une balance électronique (précision $\pm 5\text{g}$). Les œufs étaient collectés et comptés tous les soirs à 17 h ;
- La consommation alimentaire journalière (CAj) était déterminée en posant :

$$\text{CAj (g de MS)} = (\text{Qd} \times \text{kd}) - (\text{Qr} \times \text{kr}),$$

où Qd = quantité d'aliments distribuée ; Qr = quantité d'aliments refusée et restante ; kd = taux de matière sèche (MS) dans les aliments distribués ; kr = taux de MS dans les d'aliments refusés et restants (MEYER, 2012) ;

- L'indice de conversion alimentaire (IC) était calculé en posant : :

$$\text{IC} = [\text{QAC par jour (g)}] / [\text{MOP par jour (g)}]$$

où QAC = quantité d'aliments consommée et MOP = masse des œufs produite (KERE *et al.*, 2020) ;

- Le taux de ponte (TP) était déterminé en posant :

$$TP (\%) = (NOP * 100) / NP$$

où NOP = nombre d'œufs produits par lot et NP = nombre de poules du lot (LAPROVET, 2015) ;

- Le taux de mortalité (TM) était évalué ainsi :

$$TM (\%) = (NPM * 100) / EP$$

avec NPM = nombre de poules mortes sur une période et EP = effectif de poules au début de la période (KERE *et al.*, 2020) ;

- Le poids vif corporel des poules a été mesuré à l'aide d'une balance électronique de précision ± 5 g ; celui de l'œuf entier, du jaune, du blanc et de la coquille ont été mesurés avec une autre balance de précision 0,001 g ;

- La taille de l'œuf a été évaluée en mesurant sa largeur (petit diamètre) et longueur (grand diamètre) à l'aide d'un pied à coulisse numérique (précision $\pm 0,02$ mm) ;

- Le volume de l'œuf a été estimé en utilisant la formule :
 $V = (0,5202LB^2 - 0,4065)$, B étant la largeur et L, la longueur de l'œuf (NARUSHIN *et al.*, 2020).

- La coloration du jaune d'œuf a été appréciée à travers l'éventail colorimétrique (DSM Roch Color Fan TM) sur une échelle de 1 à 15.

Pour une présentation synthétique des résultats, les moyennes de chaque variable sont calculées et présentées chaque deux semaines (en quinzaine) tout au long de la période expérimentale.

2.8. Analyses statistiques

Le traitement des données et les analyses statistiques ont été faits en utilisant un tableur Excel Microsoft Office, version 2021 et le logiciel R version 4.4.3. Le test de Shapiro-Wilk ainsi que le test de Bartlett ont été réalisés afin de vérifier respectivement la normalité des données et l'homogénéité des variances. Le test de Student au seuil de signification de 5% a été utilisé pour la comparaison des variables quantitatives.

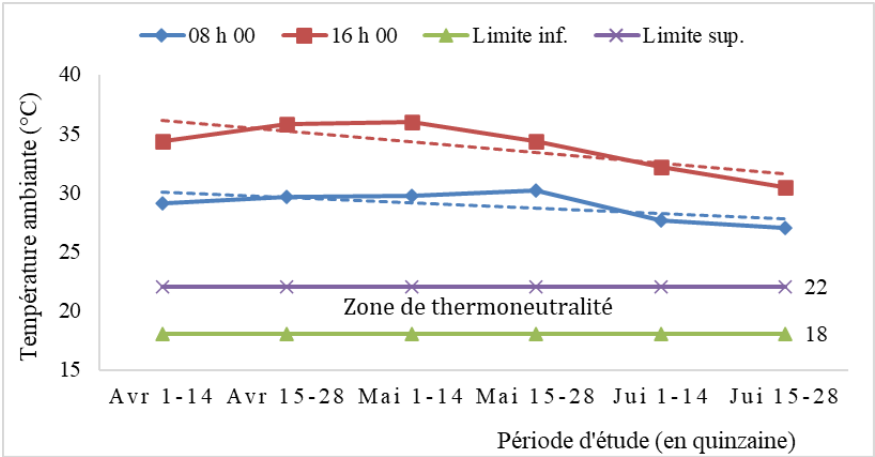
3. Résultats

3.1. Variation de la température et l'hygrométrie ambiantes dans le poulailler

Les variations de la température et l'hygrométrie ambiantes sont présentées dans les Figures 4 et 5. La température moyenne à 8 h 00 était de 28,9°C et celle relevée à 16 h 00 h de 33,8°C, soit une moyenne

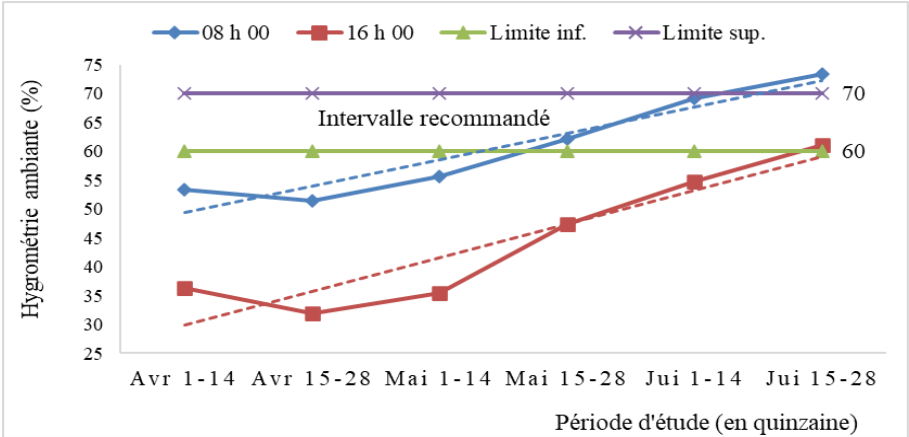
générale de 31,4°C. L'allure des courbes de température ambiante indique une légère baisse des valeurs au cours de la période expérimentale (Figure 4).

Quant à l'hygrométrie, la moyenne a été de 60,8 % (8 h 00) et de 44,4 % (16 h 00), soit une moyenne générale de 52,6 %. Au cours du mois d'avril, l'hygrométrie a évolué de façon décroissante. Par la suite, elle a été croissante jusqu'à la fin de l'expérience (Figure 5).



Limite inf. = borne inferieure ; Limite sup. = borne supérieure ; Sn-Sn+1 = Poules âgées de n à n+1 semaines ; Avr 1-14 = période du 1er au 14 avril

Figure 4 : Variation de la température ambiante dans le poulailler pendant l'expérimentation



Limite inf. = borne inferieure ; Limite sup. = borne supérieure ; Sn-Sn+1 = Poules âgées de n à n+1 semaines ; Avr 1-14 = période du 1er au 14 avril

Figure 5 : Variation de l'hygrométrie ambiante dans le poulailler pendant l'expérimentation

3.2. Effets de l’ajout d’huile de coton et de sel iodé sur la température rectale

La variation de la température rectale (TR) des poules en fonction de la période de pointage et par ration (traitement) est présentée au Tableau III. La TR moyenne des relevés de 8h du lot Témoin a été significativement plus élevée que celle du lot expérimental (HCCS). Au relevé de 16 h, aucune différence significative n’a été notée entre les TR des traitements ($p > 0,05$).

Tableau III : Variation de la température rectale (TR) des poules pondeuses en fonction de la ration et de la période de relevée.

Age/ Période d’étude (en quinzaine)		TR de 8h 00 (n=80)			TR de 16h 00 (n=80)		
		RT	RHC CS	p- value	TT	THC CS	P- value
S25-	Avr 01-	40,9			41,8		
S26	14	3	40,89	0,23	1	41,75	0,163
S27-	Avr 15-	41,1			41,9	41,85	
S28	28	4	41,15	0,876	6 ^a	^b	0,004
S29-	Mai 01-	40,9			41,7		
S30	14	4	40,88	0,111	9	41,75	0,511
S31-	Mai 15-	41,1			41,8		
S32	28	7	41,11	0,249	4	41,90	0,266
S33-	Jui 01-	40,9			41,7		
S34	14	5	40,87	0,053	3	41,68	0,302
S35-	Jui 15-	41,0			41,6		
S36	28	9	41,10	0,765	2	41,62	1
Moyenne		41,0 4 ^a	41,00 ^b	< 0,001	41,7 9	41,76	0,09

RT = ration témoin ; RHCCS = ration huile de coton + chlorure de sodium
 Sur la même ligne, les valeurs suivies par différentes lettres sont significativement différentes à p-value < 0,05.

3.3. Effets de l’ajout d’huile de coton et du sel iodé sur le taux de mortalité

Les taux de mortalité en fonction de la ration et de l’âge sont présentés au Tableau IV. Ils ont été homogènes entre les traitements HCCS et Témoin ($p > 0,05$).

Tableau IV : Variation du taux de mortalité (%) selon l'âge et la ration distribuée

Age/ Période d'étude (en quinzaine)		Ration		SEM	P- value
		Témoin (n=80)	HCCS (n=80)		
S25-S26	Avr 01- 14	0,00	0,11	0,06	0,32
S27-S28	Avr 15- 28	0,00	0,11	0,06	0,32
S29-S30	Mai 01- 14	0,23	0,00	0,08	0,15
S31-S32	Mai 15- 28	0,00	0,00	0,00	-
S33-S34	Jui 01- 14	0,00	0,00	0,00	-
S35-S36	Jui 15- 28	0,00	0,00	0,00	-
Moyenne		0,038	0,036	0,02	0,52

HCCS : huile de coton + chlorure de sodium ; SEM = Erreur Standard de la Moyenne

3.4. Effets de l'ajout d'huile de coton et de sel iodé sur la consommation alimentaire des poules

Les consommations alimentaires individuelles journalières (CAIJ) et indices de conversion alimentaire (IC) des sujets en fonction des rations et des périodes (âge) sont présentés au Tableau V. Les CAIJ des deux premières périodes (01-28 avril), des périodes (du 15 mai au 28 juin), les CAIJ moyennes pour toute la période expérimentale ainsi que les IC moyens des différentes périodes de l'expérimentation ont été homogènes entre les traitements HCCS et Témoin ($p > 0,05$). La CAIJ du traitement HCCS de la période (1^{er} au 15 mai) et l'IC moyen de toute la durée de l'essai ont été significativement plus élevés que ceux du Témoin ($p < 0,05$).

Tableau V : Variation de la consommation alimentaire individuelle journalière et de l'indice de conversion alimentaire selon la ration distribuée et la période de l'expérimentation

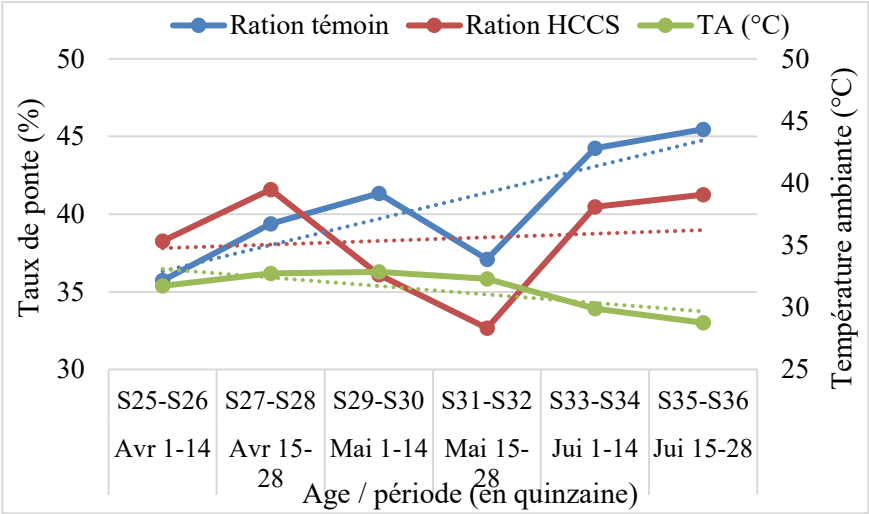
Age/ Période d'étude (quinzaine)		Ration		SEM	P- value	Sig.
		Témoin (n=80)	HCCS (n=80)			
CAIJ (g MS/poule/jour)						
S25- S26	Avr 01-14	70,2	71,7	0,57	0,16	NS
S27- S28	Avr 15-28	67,0	66,1	0,64	0,54	NS
S29- S30	Mai 01-14	65,2 ^b	68,3 ^a	0,64	0,01	S*
S31- S32	Mai 15-28	71,0	70,2	0,91	0,68	NS
S33- S34	Jui 01- 14	79,1	77,2	0,73	0,20	NS
S35- S36	Jui 15- 28	83,7	79,5	1,13	0,06	NS
Moyenne		72,7	72,17	0,35	0,82	NS
Indice de conversion (g aliment/g d'œuf)						
S25- S26	Avr 01-14	3,99	3,70	0,11	0,22	NS
S27- S28	Avr 15-28	3,45	3,75	0,11	0,19	NS
S29- S30	Mai 01-14	3,88	4,54	0,24	0,17	NS
S31- S32	Mai 15-28	4,05	5,44	0,37	0,06	NS
S33- S34	Jui 01- 14	3,94	3,81	0,11	0,57	NS
S35- S36	Jui 15- 28	3,82	4,48	0,22	0,13	NS
Moyenne		3,85 ^b	4,28 ^a	0,08	0,03	S*

HCCS : huile de coton + chlorure de sodium ; SEM = Erreur Standard de la Moyenne ; CAIJ = consommation alimentaire individuelle journalière ; NS = non significatif ($p > 0,05$) ; S* = significatif : $p < 0,05$

Les valeurs suivies par des lettres différentes dans la même ligne sont significativement différentes à $p < 0,05$.

3.5. Effets de l'ajout d'huile de coton et de sel iodé sur le taux de ponte

L'évolution des taux de ponte sur toute la période de l'expérimentation est représentée par la Figure 6. Les taux de ponte ont été globalement assez faibles et croissants. Ils ont varié de 31,7 à 45 % avec la ration Témoin et de 33 à 41 % avec la ration HCCS. A l'observation, les courbes de ponte et de température ambiante n'ont présenté aucune relation. Le taux de ponte du traitement Témoin a été inférieur à celui du traitement HCCS du début de la ponte à la 2^{ème} période (15-28 avril) puis supérieur à ce dernier de la 2^{ème} période à la fin de l'expérimentation. Le début et la période du 15 au 28 mai ont été les moments où les plus faibles taux de ponte ont été enregistrés dans les deux traitements.



HCCS = huile de coton + chlorure de sodium ; TA = température ambiante ; Sn-Sn+1 = Poules âgées de n à n+1 semaines ; Avr 1-14 : période du 1er au 14 avril

Figure 6 : Evolution des taux de ponte en fonction des rations distribuées et de la température ambiante (n = 160)

3.6. Effets de l'ajout d'huile de coton et du sel iodé sur le poids vif des poules

L'évolution des poids vifs (PV) des poules suivant l'âge et la ration au cours de la période expérimentale est présentée dans la Figure 7. Le poids moyen des poules du Témoin a varié de 1239 à 1344 g et dans le groupe HCCS, il a évolué de 1281 à 1347 g. Aucune différence significative entre les traitements témoin et HCCS n'a été observée

aussi bien pour les PV moyens par période que pour le poids vif moyen final ($p > 0,05$).

HCCS = huile de coton et chlorure de sodium ; Sn-Sn+1 : Poules âgées de n à n+1 semaines ; Avr 1-14 : période du 1er au 14 avril

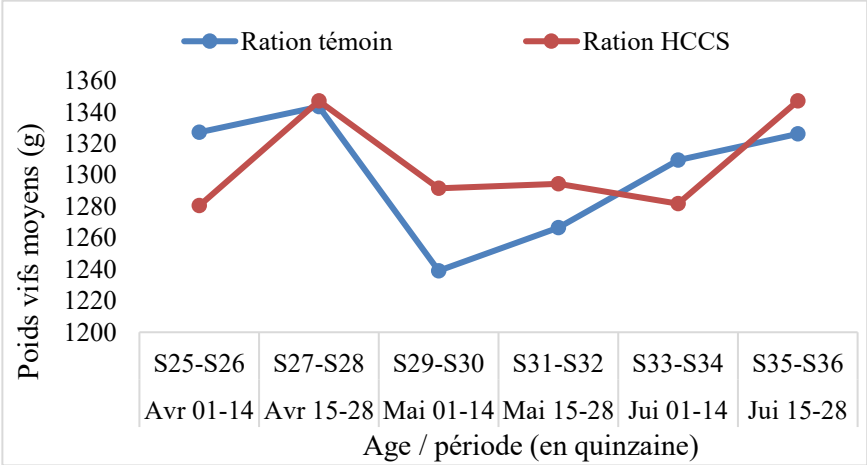


Figure 7 : Evolution pondérale des poules en fonction des rations distribuées (n = 160)

3.7. Effets de l’ajout d’huile de coton et du sel iodé sur les caractéristiques physiques de l’œuf

Les caractéristiques physiques de l’œuf évaluées sont présentées au Tableau VI. Les taille, volume, poids d’œuf, poids des constituants d’œuf et indice de coloration du jaune d’œuf au niveau du traitement HCCS étaient significativement supérieurs à ceux du traitement témoin respectivement ($p < 0,05$). Par contre, les poids de coquille d’œuf dans les deux traitements ont été homogènes.

3.8. Effet de l’ajout d’huile de coton et du sel iodé sur le coût alimentaire de production de l’œuf

Les coûts de l’alimentation pour la production des œufs sont présentés au Tableau VII. Le coût alimentaire pour la production de l’œuf avec la ration Témoin a été de 42,57 F CFA contre 46,01 F CFA pour la ration HCCS (essai).

Ce coût pour produire un gramme (1 g) d’œuf a été de 0,84 F CFA (Témoin) contre 0,89 F CFA (HCCS). De ce fait, le traitement HCCS indique un coût alimentaire légèrement plus élevé.

Tableau VI : Caractéristiques physiques (moyenne ± écart-type) de l’œuf en fonction de la ration

Caractéristiques physiques	Ration		P-value
	Témoin (n=80)	HCCS (n=80)	
Largeur d’œuf (mm)	41,10 ± 0,91 _b	41,30 ± 0,82 ^a	0,0074
Longueur d’œuf (mm)	53,50 ± 1,64 _b	54,30 ± 1,46 ^a	< 0,001
Volume (cm³)	46,82 ± 3,24 _b	47,93 ± 2,78 ^a	< 0,001
Poids d’œuf entier (g)	50,20 ± 3,27 _b	51,70 ± 3,17 ^a	< 0,001
Poids du blanc d’œuf (g)	31,20 ± 2,85 _b	32,00 ± 2,78 ^a	0,0016
Poids du jaune d’œuf (g)	12,50 ± 0,98 _b	12,70 ± 1,03 ^a	0,0161
Poids de coquille d’œuf (g)	5,80 ± 0,51	5,90 ± 0,54	0,0720
Indice de coloration du jaune d’œuf	7,25 ± 0,95 _b	7,45 ± 0,96 ^a	0,0303

HCCS : huile de coton et chlorure de sodium ; Les valeurs suivies par des lettres différentes sont significativement différentes à p < 0,05.

Tableau VII : Coût alimentaire de production de l’œuf en fonction de la ration utilisée

Item	Ration témoin	Ration HCCS
Coût du kg d’aliment (F CFA)	233	243
Quantité totale d’aliment consommée par poule (kg)	6,47	6,42
Coût de l’aliment consommé par poule (F CFA)	1507	1560
Nombre d’œufs/poule	35,4	33,9
Coût de l’aliment/œuf (F CFA)	42,57	46,01
Indice de conversion alimentaire (g/g)	3,85	4,28
Coût de l’aliment/g d’œuf (F CFA/g)	0,84	0,89

HCCS = huile de coton + chlorure de sodium

4. Discussion

L'étude s'est déroulée du début du mois d'avril jusqu'à la fin du mois de juin. Sur l'ensemble de cette période, les températures matinales (faibles) et d'après-midi (élevées) sont restées au-delà de la zone de neutralité thermique favorable aux pondeuses pour vivre et bien produire (Figure 4). Au cours de cette période, l'environnement interne au bâtiment est resté sec avec une hygrométrie en dessous de l'intervalle d'humidité recommandée pour toute la période pour les valeurs relevées à 16 h 00 et jusqu'en fin mai pour les relevés de 8 h 00 (Figure 5). Ces conditions climatiques relevées dans le poulailler expérimental sont les mêmes dans les poulaillers de la localité comme l'avaient rapporté DAO *et al.* (2025) auparavant. Au regard de ces valeurs, les poules dans cette étude étaient conduites dans un environnement très chaud et sec pour une grande partie du temps et dans un environnement chaud et idéal pour l'humidité relative sur une infime partie de la période expérimentale. Dans pareilles conditions d'ambiance, la volaille est sujette à des changements comportementaux, métaboliques ou physiologiques incluant une réduction de l'activité, de l'ingestion et la digestibilité des aliments, un stress oxydatif, un déséquilibre acido-basique et une baisse de défense immunitaire. Ces changements induisent alors des pertes en performances de production (taux de conversion alimentaire, gain de poids, taux de ponte), de fortes mortalités et des pertes économiques y relatives (RANJAN *et al.*, 2019 ; SAEED *et al.*, 2019 ; WASTI *et al.*, 2020, BEKELE, 2021). Chez les poules pondeuses en particulier, le stress thermique (ST) favorise une réduction des niveaux de protéines plasmatiques et celui du calcium détériorant la production des œufs et de leur qualité (LIN *et al.*, 2006 ; EBEID *et al.*, 2012).

Ce stress entraîne aussi une augmentation de la production de CO₂ d'où une baisse de la teneur du calcium sanguin entraînant la ponte d'œufs à coquille fragile. Il y a également une augmentation du pH sanguin, ce qui affecte aussi la disponibilité du bicarbonate pour la minéralisation de la coquille de l'œuf.

Les teneurs moyennes en énergie métabolisable (2629 et 2680 kcal/kgMS) et protéines brutes (16,5 et 16,8%) des rations étaient dans la fourchette des valeurs d'EM (2600 – 2900 kcal/kg MS) et de PB (16-17%) habituellement utilisées dans les élevages de poules pondeuses (WU *et al.*, 2005 ; ALDEREY and DORGHAM, 2024). Les teneurs en EM dans les rations témoin et expérimentale (HCCS) ont été presque

similaires, mais elles pouvaient être plus élevées afin de mieux répondre aux besoins énergétiques des oiseaux, en accord avec les recommandations (SAEED *et al.*, 2019 ; WASTI *et al.*, 2020 ; DAO *et al.*, 2025). Toute hausse de la teneur énergétique de la ration favorise une meilleure ingestion énergétique par les poules dans les situations de ST.

La supplémentation n'a pas eu d'effet significatif sur la consommation alimentaire en dehors de la période du 1^{er} au 14 mai où le traitement HCCS montrait une ingestion alimentaire plus faible ($p < 0,05$). Les ingestions alimentaires journalières moyennes dans les deux groupes étaient similaires et faibles (72 g/poule/jour), comparativement à ce qui ressort en littérature (104,8 – 112,2 g/poule/jour) chez des poules pondeuses de même race, même âge et sous stress thermique (DE BAETS *et al.*, 2024). L'absence de différence entre les traitements pour la consommation alimentaire peut s'expliquer par le fait que le niveau de supplémentation (1%) par l'huile de coton n'a pas été optimal pour influencer positivement la prise alimentaire.

Mais en dehors de la situation de chaleur ambiante où les poules ont une faible consommation alimentaire, les faibles quantités d'aliments consommées pourraient aussi s'expliquer par les poids corporels des sujets en dessous du poids standard à cet âge (1975 g) ou par une faible appétibilité des rations (ISA, s. d.). Les poids corporels moyens des poules étaient faibles (environ 1300 g) comparativement au poids moyen standard de la souche Isa Brown à ce stade. En général, les faibles poids corporels sont associés à des consommations alimentaires relativement faibles (RAZIQA *et al.*, 2024).

Les indices de conversion (IC) alimentaires étaient élevés ($> 3,5$ g d'aliment/g d'œuf) et plus encore dans la ration HCCS.

L'indice de conversion particulièrement plus élevé dans l'essai s'explique par le faible taux de ponte enregistré dans ce groupe. En effet, le taux de ponte moyen du traitement HCCS (37,95%) a été significativement inférieur ($p < 0,05$) à celui du traitement témoin (40,22%) avec des niveaux de consommation alimentaire similaires. Les indices de consommation obtenus (entre 3,76 et 4,83) restent toutefois proches de ceux obtenus par AUGUSTINE *et al.* (2019) au Nigeria. Ils sont plus élevés que ceux (2,04 - 2,23) obtenus par ALMEIDA *et al.* (2012) au Brésil et celui (2,44) obtenu par KIM *et al.* (2020) chez des poules pondeuses conduites en situation de stress thermique.

Les suppléments de l'aliment en huile végétale et de l'eau de boisson en sel se sont traduites par une réduction significative de la température rectale (TR) moyenne générale des poules aux pointages de 8 h ($p < 0,05$) en ce sens que le traitement ayant reçu la ration HCCS (expérimentale) présentait une plus faible TR. Cette observation pourrait être liée à l'ajout du sel iodé qui aurait créé une différence dans la prise d'eau, favorisant un rafraîchissement des poules. DAI *et al.* (2009) avaient fait une observation similaire indiquant que l'utilisation du sel dans la ration en ambiance chaude favorise la consommation d'eau.

Les faibles taux de ponte dans l'étude peuvent s'expliquer essentiellement par la présence du stress thermique (la température ambiante moyenne étant $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) qui a occasionné de faibles niveaux de consommation alimentaire ($< 75\text{ g MS/jour}$) pendant toute la période de l'essai. D'après une étude en effet, le ST a entraîné une réduction de la production d'œufs jusqu'à 28,8% en seulement 12 jours (BEKELE, 2021). Ces pauvres performances de ponte peuvent également être liées aux faibles poids vifs des poules. Selon LU *et al.* (2025), des poules pondeuses entre 18-72 semaines d'âge et plus légères produisent moins d'œufs pour un taux de ponte plus faible par rapport à celles ayant un poids corporel normal.

En outre, les suppléments effectués ont permis de noter une amélioration significative des caractéristiques physiques de l'œuf, notamment du volume, du poids d'œuf entier et de ses constituants ainsi que l'indice de coloration du jaune d'œuf. Pour ces paramètres, les différences entre lots témoin et HCCS étaient toutes significatives ($p < 0,05$). Seuls les poids de coquille d'œuf ont été légèrement semblables dans les deux traitements. Les poids moyens des œufs de 51,0 g (témoin) et de 51,8 g (HCCS) ont été proches de ceux (48-52 g) obtenus par KIM *et al.* (2024) chez des poules en situation de stress thermique (33°C de température, 66% d'humidité) en République coréenne, mais étaient plus faibles que les valeurs standard ($> 60\text{ g}$) chez la souche. Ces faibles poids d'œuf peuvent être liés aux conséquences du stress thermique et cet avis est soutenu par les auteurs (STAR, 2009 ; KIM *et al.*, 2024). L'amélioration des caractéristiques physiques de l'œuf, peut être expliquée par le fait que l'utilisation de l'huile de coton réduit le déficit énergétique dû à la sous consommation alimentaire en apportant plus d'énergie dans la ration. Cette explication est soutenue par les trouvailles de KANG et KIM (2018) qui ont trouvé que le poids de l'œuf augmentait quand le niveau d'énergie

métabolisable de la ration était élevé. En outre, l'utilisation de NaCl favoriserait une réduction des effets du stress thermique en corrigeant l'équilibre acido-basique chez les poules (KAMBOH *et al.*, 2015). L'augmentation du poids d'œuf permet d'expliquer celle de ses constituants (blanc et jaune d'œuf) de façon proportionnelle. Dans la littérature par ailleurs, il ressort que l'huile à base de graines de coton contient de l'acide linoléique et que cette substance favorise l'augmentation du poids d'œuf (LEESON and SUMMERS, 2001).

Par ailleurs, l'ingestion de matières minérales a été augmentée de 0,3 g/poule/jour dans le groupe consommant la ration supplémentée, dans la mesure où les minéraux contribuent à la formation et à la solidité de la coquille d'œuf (SAEED *et al.*, 2019 ; WASTI *et al.*, 2020).

Sur l'aspect économique, la production de l'œuf selon la formule HCCS coûtait légèrement plus chère en charge alimentaire (46 F CFA) contre (42,5 F CFA) pour le groupe témoin. L'élévation du coût alimentaire dans ce traitement s'explique par l'indice de conversion alimentaire qui a été plus élevé en sus du coût du kilogramme d'aliment également plus élevé dans ce même groupe. Les travaux de GUEDOU *et al.* (2018) appuient cette observation.

Mais en pratique, les œufs plus gros sont vendus à un prix plus élevé, toute chose qui pourrait couvrir cet écart de coût.

Limites de l'étude

Aux termes de la présente étude, certaines limites peuvent être relevées :

- l'évaluation de l'ambiance climatique du poulailler n'a pas été faite sur la base de l'indice de température-humidité ;
- les quantités d'eau consommées n'ont pas été mesurées ;
- les paramètres chimiques caractérisant le stress thermique, l'unité de Haugh et le coût global de production de l'œuf n'ont pas été évalués.

Conclusion

La présente étude était une expérience visant l'amélioration des performances de production des poules pondeuses pendant les périodes de forte chaleur ou de stress thermique par des techniques alimentaires accessibles. Elle révèle que l'utilisation simultanée d'huile à base de coton et du chlorure de sodium comme électrolyte dans les concentrations fixées réduit la température corporelle des poules en

améliorant certaines caractéristiques physiques de l'œuf. Paradoxalement, l'indice de conversion alimentaire, le taux de ponte ainsi que le coût alimentaire de l'œuf n'ont pas été améliorés par le test. Vu les résultats obtenus, une révision de la formulation des rations et un essai avec d'autres additifs et à des niveaux de supplémentation différents sont recommandés en vue d'obtenir une meilleure performance alimentaire et de ponte en fonction de la saison.

Remerciements

Ce travail a été réalisé à travers l'appui financier du Projet d'Appui à l'Enseignement Supérieur (PAES) du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, projet auquel nous exprimons notre immense gratitude.

Contributions des auteurs

NDD a rédigé le protocole, collecté les données sur le terrain, effectué l'analyse des données, réalisé les illustrations et rédigé le manuscrit. SP a participé et contrôlé la rédaction du protocole, supervisé la collecte des données, donné des orientations sur l'analyse des données. SP et TK ont contribué à la rédaction et au peaufinage du manuscrit. EOB a contribué à la collecte des données sur le terrain. IT, TK et GAO ont contribué à la révision du manuscrit.

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent l'absence de tout conflit d'intérêt en lien avec cette étude.

Références Bibliographiques

- [1] ALDEREY A. et DORGHAM S., 2024. Productive Performance of Silver Montazh Laying Hens Fed Diets Containing Different Levels of Protein and Energy. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 27 (1): 39-56. <https://doi.org/10.21608/ejnf.2024.352568>
- [2] ALMEIDA V., DIAS A., BUENO C., COUTO F., RODRIGUES P., NOGUEIRA W. and FARIA FILHO D., 2012. Crude protein and metabolizable energy levels for layers reared in hot climates. *Rev. Bras. Cienc. Avic*, 14 (3): 203-208. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300007>

- [3] AUGUSTINE C., KWARI I.D., IGWEBUIKWE J.U., ADAMU S.B., FACI A.D., AHMED S., GARBA Y.M. and MOJABA, D.I., 2019. Laying performance and cost-benefits of feeding ISA brown layers with raw or processed tropical sickle pod (*Senna obtusifolia*) seed meal based-diets. *Nigerian J. Anim. Sci*, 3 (21): 266–273.
- [4] BARRETT N.W., ROWLAND K., SCHMIDT C.J., LAMONT S.J., ROTHCHILD M.F., ASHWELL C.M. and PERSIA M.E., 2019. Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens. *Poultry Science*, 98 (12) : 6684–6692. <https://doi.org/10.3382/ps/pez541>
- [5] BASTIANELLI D., BONNAL L., BARRE P., NABENEZA S., SALGADO P. and ANDUEZA D., 2019. La spectrométrie dans le proche infrarouge pour la caractérisation des ressources alimentaires. *INRA Prod. Anim*, 31 (3) : 237–254. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.2.2330>
- [6] BEKELE G., 2021. Review on the Effect of Heat Stress on Poultry Production and Productivities. *FSNT*, 6 (2) : 1–9. <https://doi.org/10.23880/FSNT16000260>
- [7] DAGHIR N.J., 2008. Poultry Production in Hot Climates, 2nd ed. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, 387 p.
- [8] DAGHIR N.J., 2009. Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders. <https://lohmnn-breeders.com/fr/lohmnninfo/nutritional-strategies-to-reduce-heat-stress-in-broilers-and-broiler-breeders/>
- [9] DAI N.V., BESSEI W. and NASIR Z., 2009. The effect of sodium chloride supplementation in the drinking water on water and feed intake and egg quality of laying hens under cyclic heat stress. *European Poultry Science*, 73 (4) : 217–226. [https://doi.org/10.1016/S0003-9098\(25\)00863-X](https://doi.org/10.1016/S0003-9098(25)00863-X)
- [10] DAO N.D., POUSGA S., KIENDRÉBEOGO T., TRAORÉ I., DABIRÉ I.N. et OÙÉDRAOGO, G.A., 2025. Incidences techniques et financières relatives à la période chaude en élevage de poules pondeuses à Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. *J.Anim.Plant Sci*, 64 (2) : 12077-12096. <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v64-2.4>
- [11] DES CLICS NOMADES., 2024. « Bobo-Dioulasso : Météo en 2024 ». *Historique-Météo.net*. Consulté le 24 mai 2025, sur <https://www.historique-meteo.net/afrique/burkina-faso/bobo-dioulasso/2024/>

- [12] EBEID T.A., SUZUKI T. and SUGIYAMA T., 2012. High ambient temperature influences eggshell quality and calbindin-D28k localization of eggshell gland and all intestinal segments of laying hens. *Poultry Science*, 91 (9) : 2282–2287. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01898>
- [13] FONTES J. et GUINKO S., 1995. Carte de végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative, Projet Campus, 67 p.
- [14] GAO Z., ZHANG J., LI, F., ZHENG J. and XU G., 2021. Effect of Oils in Feed on the Production Performance and Egg Quality of Laying Hens. *Animals*, 11 (12) : 3482. <https://doi.org/10.3390/ani11123482>
- [15] GNABRO G.O. et KOUADIO P.K., 2017. Évaluation des Performances Zootechniques des Pondeuses “ISA Brown” en Élevage Semi-Liberté à la Ferme Traditionnelle de Tiama (Côte d’Ivoire). *EJSS*, 55 p.
- [16] GUEDOU M.S.E., KOUATO G.O., HOUNDONOUGBO M.F., CHRYSOSTOME C.A.A.M. et MENSAH G.A., 2019. Performances de ponte et qualité des oeufs de poules pondeuses nourries avec des aliments à base de différentes variétés de grains de maïs. *Int. J. Bio. Chem. Sci*, 12 (6) : 2846. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.29> .
- [17] ISA, (s. d.). A Global Superstar. *ISA Brown – ISA*. Consulté le 11 février 2025 sur <https://www.isa-poultry.com/en/product/isa-brown/> .
- [18] KAMBOH A.A., ARAIN M.A., MUGHAL M.J., ZAMAN A., ARAIN Z.M. and SOOMRO A.H., 2015. Flavonoids: health promoting phytochemicals for animal production-A review. *J. Anim. Health Prod*, 3(1): 6-13.
- [19] KANG H.K., PARK S.B., JEON J.J., KIM H.S., PARK K.T., KIM S.H., HONG E.C. and KIM C.H., 2018. Effect of increasing levels of apparent metabolizable energy on laying hens in barn system. *Asian-Australas J Anim Sci* 31 (11) : 1766–1772. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0846>
- [20] KAVTARASHVILI A. and BUYAROV V., 2021. The reasons for the deterioration of chicken eggshell quality at high temperatures: a review. *E3S Web Conf.*, 247, 01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701015>

- [21] KERE M., TRAORÉ B., BELEM A., HIEN O.C. and BOUGOUMA/YAMÉOGO V.M.C., 2020. Assessment of the Profitability Window of Broiler Chickens Farming in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *IJOEAR*, 6 (10): 24–33. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4159821>
- [22] KIM D.-H., LEE Y.-K., KIM S.-H. and LEE K.-W., 2020. The Impact of Temperature and Humidity on the Performance and Physiology of Laying Hens. *Animals*, 11 (1) : 56. <https://doi.org/10.3390/ani11010056>.
- [23] LAPROVET., 2015. Guide aviaire 7 concepts pour réussir son élevage en Afrique, France, 88 p.
- [24] LARA L. and ROSTAGNO, M., 2013. Impact of Heat Stress on Poultry Production. *Animals*, 3 (2) : 356–369. <https://doi.org/10.3390/ani3020356>
- [25] LEESON S. and SUMMERS J.D., 2001. Scott's Nutrition of the Chicken, *fourth ed.* University Books, Guelph, Ontario, Canada, 591 p.
- [26] LIN H., MERTENS K., KEMPS B., GOVAERTS T., DE KETELAERE B., 2004. New approach of testing the effect of heat stress on eggshell quality: Mechanical and material properties of eggshell and membrane. *Br Poult Sci*, 45 (4) : 476-82.
- [27] LIN H., JIAO H.C., BUYSE J. and DECUYPERE E., 2006. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 62 (1) : 71–86. <https://doi.org/10.1079/WPS200585>.
- [28] MEYER C., 2012. Dictionnaire des Sciences Animales. [On line]. Montpellier, France, Cirad. [Date de consultation 26/06/2025]
- [29] MUSHLAG J., MIRZA M.A., ATHOR M., HOOGE D.M., AHMAD T., AHMAD G., MUSHTAG M.M. and NOREEN U., 2007. Dietary sodium and chloride for 29-to-42-day old broilers at constant electrolyte balance under subtropical conditions. *J. Appl. Poult. Res*, 16 : 161–170.
- [30] NARUSHIN V.G.; ROMANOV M.N.; LU G.; CUGLEY J. and GRIFFIN D.K., 2020. Digital imaging assisted geometry of chicken eggs using Hügelschäffer's model. *Biosyst*, 197 : 45–55.
- [31] PAWAR S.S., BASAVARAJ S., DHANSING L.V., PANDURANG K.N., SAHEBRAO K.A., VITTHAL N.A., PANDIT B.M. and KUMAR B.S., 2016. Assessing and Mitigating the Impact of

Heat Stress in Poultry. *Adv. Anim. Vet. Sci*, 4 (6) : 332–341. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2016/4.6.332.341>.

[32] RANJAN A., SINHA R., DEVI I., RAHIM A. and TIWARI S., 2019. Effect of Heat Stress on Poultry Production and their Management Approaches. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 8 (2) : 1548–1555. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.181>

[33] RAZIQ F., HUSSAIN J., AHMAD S., ASIF HUSSAIN M., KHAN M.T., ULLAH A., QUMAR M., WADOOD F. and GULL-E-FARAN., 2024. Effect of body weight at photostimulation on productive performance and welfare aspects of commercial layers. *Anim Biosci*, 37 (3) : 500–508. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0365>

[34] SAEED M., ABBAS G., ALAGAWANY M., KAMBOH A.A., ABD EL-HACK M.E., KHAFAGA A.F. and CHAO S., 2019. Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview. *Journal of Thermal Biology* 84: 414–425. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.07.025>

[35] SANKARA F., SANKARA F., POUSGA S., BAMOGO W.J.M., COULIBALY K., NACOULMA J.P., SOMDA I. et KENIS, M., 2022. Influence des attractifs sur la production des larves de la mouche domestique (*Musca domestica* L. (1758)) pour l'alimentation avicole dans la zone ouest du Burkina Faso. *Int. J. Bio. Chem. Sci*, 16 (3) : 1217–1231. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i3.25>

[36] STAR L., JUUL-MADSEN H.R., DECUYPERE E., NIEUWLAND M.G., DE VRIES REILINGH G., 2009. Effect of early life thermal conditioning and immune challenge on thermotolerance and humoral immune competence in adult laying hens. *Poult Sci* 88 (11): 2253–2261.

[37] THOMSON E. and NOLAN J., 2001. UNEForm: a powerful feed formulation spreadsheet suitable for teaching or on-farm formulation. *Animal Feed Science and Technology*, 91 (3-4): 233–240. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00210-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00210-3)

[38] WASTI S., SAH N. and MISHRA B., 2020. Impact of Heat Stress on Poultry Health and Performances, and Potential Mitigation Strategies. *Animals*, 10 (8) : 1266. <https://doi.org/10.3390/ani10081266>

[39] WU G., BRYANT M.M., VOITLE R.A. and ROLAND D.A., 2005. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poultry Science* 84 (10): 1610–1615. <https://doi.org/10.1093/ps/84.10.1610>

[40] ZAHEER K., 2015. An updated review on chicken eggs: Production, consumption, management aspects and nutritional benefits to human health. *Food Nutr. Sci*, 6 (13) : 1208-1220.

[41] ZHOU Y., LI X., ZHANG M. and FENG J., 2019. Effect of relative humidity at either acute or chronic moderate temperature on growth performance and droppings' corticosterone metabolites of broilers. *Journal of Integrative Agriculture*, 18 (1) : 152–159. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62049-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62049-0)