

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش الجزائر  
Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach-Alger



# THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de  
Doctorat en Sciences Agronomiques

## THÈME

**Influence du pré conditionnement thermique sur le profil sanguin,  
la morphométrie digestive, le poids des organes internes  
et sur les performances de production du poulet de chair**

**Présenté par :**  
HAMMOUCHE Dalila éps MOUSS

**Soutenue publiquement devant le Jury :**

**Président :** TRIKI Saddek Professeur à l'ENSA

**Directeur de thèse :** IKHLEF Hacène. Professeur à l'ENSA

**Examineur :** KHELEF Djamel Professeur à l'ENSV

**Examineur :** TENNAH Safia Professeure à l'ENSV

**2021-2022**

## *DEDICACES*

*À* la mémoire de mon père, cela fait maintenant sept ans que je ne peux pas te toucher ni t'entendre, je sais que tu veilles toujours sur moi comme tu l'as toujours fait. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. **Je t'aime papa** et j'implore Dieu pour qu'il t'accorde le repos éternel auprès de notre sœur adorée.

*À* ma douce et adorable mère, pour le bonheur qu'elle m'apporte chaque jour, pour m'avoir appris à garder ce souffle porteur qu'on appelle espoir. **Maman tu es ma lumière**, que Dieu te prête santé, bonheur et longue vie.

*À* mes chers frères et à ma chère sœur ainsi que leurs épouses et époux qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur. .

*À* mon cher époux, qui a toujours été à mes côtés et qui m'a soutenu dans toutes mes démarches. Merci pour ta patience, ton écoute et ta présence.

*À* mes chers beaux parents, toute ma reconnaissance pour votre douceur, votre tendresse et votre amour.

*À* mes chers beaux frères ainsi qu'à leurs épouses et enfants.

*À* mes adorables nouveaux et nièces ainsi qu'à toute la famille.

## *REMERCIEMENTS*

*Je* tiens à exprimer tout d'abord mes vifs remerciements à mon Directeur de thèse *M<sup>r</sup> IKHLEF H.* pour son encadrement efficace, sa disponibilité, sa patience, son soutien ainsi que les précieux conseils qu'il m'a prodigués tout au long de la réalisation de ce travail.

*Je* tiens à remercier également *Mr TRIKI S.* Professeur à l'ENSA, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Qu'il trouve ici l'expression de mes profonds remerciements.

*Je* tiens à remercier *Mr KHELEF D.* Professeur à l'ENSV pour avoir accepté de juger ce travail. Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

*Je* tiens à remercier *M<sup>me</sup> TENNAH S.* Professeur à l'ENSV pour avoir accepté d'être membre de ce jury et sa bienveillance quant à l'examen de ce travail.

*Je* tiens à remercier l'institution de l'*INRAA* pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apporté afin de pouvoir réaliser et mener à bien ce travail.

*Je* tiens à remercier également l'institution de l'*ITELV*, particulièrement *Mme ZADI S.*, son équipe de laboratoire ainsi que le personnel du Département de Productions Animales de l'*ENSA* pour leur contribution à l'aboutissement de ce travail.

*Je* tiens à remercier mes collègues de la spécialité Production Animale particulièrement *Mr KOUACHE B. et Mr HAMIDI D.*

## RÉSUMÉ

---

Le travail réalisé mesure les retombées d'un pré conditionnement thermique chez des poulets de chair de souche Arbor Acres. Un effectif de 400 poulets est soumis aux variations naturelles des conditions climatiques estivales (Juillet-Août) durant 50 jours. Le conditionnement a lieu le 5<sup>ème</sup> jour d'âge (lot C) sous une température moyenne de  $37,01 \pm 1,7^\circ\text{C}$  pendant 24h. En fin d'élevage (J47), le lot T et le lot C sont exposés à un stress thermique aigu ( $39,3 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ) pendant 6h.

Les résultats obtenus révèlent que les poulets du lot C montrent une amélioration de l'ensemble des performances zootechniques, à l'exception de l'ingestion alimentaire qui tend à diminuer (-16,07%). L'indice de consommation, le poids vif et le gain de poids montrent des écarts respectifs de -23,38% ; +5,40% et de +5,75%. Par ailleurs, le taux de mortalité augmente de +51,85% chez les poulets témoins non conditionnés.

La température centrale révèle une amélioration, particulièrement en fin d'élevage puisqu'elle augmente de  $+0,38^\circ\text{C}$  et de  $+0,58^\circ\text{C}$  chez le lot T respectivement à J40 et à J50. Cette différence atteint  $+1,09^\circ\text{C}$  pendant le coup de chaleur et persiste ( $+0,44^\circ\text{C}$ ) même 12h après.

Le pré conditionnement thermique induit également des augmentations des rendements en organes pour le cœur (+16,98%), le foie (+6,66%) et pour le gésier vide (+2,02%). Il en est de même pour les compartiments de l'intestin grêle qui montrent +7,56% ; +6,25% et +8,98% respectivement pour le duodénum, le jéjunum et l'iléon. Les mesures morphométriques indiquent à leurs tours des augmentations des longueurs de +4,11% ; +2,54% et de +6,66% respectivement pour les mêmes compartiments.

Les analyses sanguines pratiquées dénotent des améliorations chez le lot C. D'un point de vue hématologique ; l'hématocrite et l'hémoglobine augmentent respectivement de +8,40% et de +8,14%. D'un point de vue biochimique, la glycémie, la cholestérolémie et la triglycéridémie diminuent respectivement de -9,42% ; -13,51% et de -7,74%. Les indicateurs hépatiques baissent de -14,15% pour l'ASAT et de -7,09% pour l'ALAT. La diminution des indicateurs rénaux est plus prononcée avec -52,72% pour l'urée, -37,11% pour la créatinine et -11,19% pour l'acide urique. Les protéines totales, l'albumine et les globulines augmentent respectivement de +14,10% ; +16,31% et de +12,67%. L'ionogramme révèle des écarts de +9,38% ; +32,27% et de +12,01% respectivement pour le sodium, le potassium et pour le chlore. Enfin, d'un point de vue hormonal, la T3 et la T4 augmentent respectivement de +31,87% et de +6,86% et cela simultanément à une diminution de la corticostéronémie (-35,93%) et du cortisol (-7,35%).

**Mots clés :** Conditionnement thermique précoce, stress thermique, poulet de chair, performances zootechniques, température centrale, rendement en organes, morphométrie digestive, marqueurs sanguins.

## ABSTRACT

---

The work done measures the impact of thermal pre-conditioning in Arbor Acres broiler chickens. 400 chickens is subject to natural variations in summer weather conditions (July-August) for 50 days. Conditioning takes place on the 5th day of age (batch C) under an average temperature of  $37.01 \pm 1.7^\circ\text{C}$  during 24 hours. At the end of breeding (D47), batch T and batch C are exposed to acute heat stress ( $39.3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ) for 6 hours.

The results reveal that the chickens of batch C show an improvement in all zootechnical performance, with the exception of food intake which tends to decrease (-16.07%). Consumption index, live weight and weight gain show respective differences of -23.38% ; +5.40% and +5.75%. Otherwise, the mortality rate increases by +51.85% in the unconditioned control chickens.

The central temperature reveals an improvement, particularly at the end of breeding as it increases by  $+0.38^\circ\text{C}$  and  $+0.58^\circ\text{C}$  in batch T respectively at D40 and D50. This difference achieved  $+1.09^\circ\text{C}$  during the heatstroke and persists ( $+0.44^\circ\text{C}$ ) even 12 hours later.

Thermal pre-conditioning also induces increases in organ yields for the heart (+16.98%), the liver (+6.66%) and for the empty gizzard (+2.02%). The same is true for the compartments of the small intestine who show +7.56% ; +6.25% and +8.98% respectively for the duodenum, the jejunum and the ileum. The morphometric measurements in turn reveal increases of length +4.11% ; +2.54% and +6.66% respectively for the same compartments.

The blood tests carried out show improvements in batch C. For hematological parameters, the hematocrit and hemoglobin increase by +8.40% and +8.14% respectively. For biochemical parameters, glycemia, cholesterolemia and triglyceridemia respectively decrease by -9.42% ; -13.51% and -7.74%. Hepatic indicators decrease by -14.15% for AST and -7.09% for ALT. The decrease in renal indicators is more pronounced with -52.72% for urea, -37.11% for creatinine and -11.19% for uric acid. Total proteins, albumin and globulins increase respectively by +14.10% ; +16.31% and +12.67%. The ionogram reveals differences of +9.38% ; +32.27% and +12.01% respectively for sodium, potassium and chlorine. Finally, for hormonal parameters, T3 and T4 increase respectively by +31.87% and +6.86% and which are simultaneous with a decrease in corticosteronemia (-35.93%) and cortisol (-7.35%).

**Keywords :** Early thermal conditioning, heat stress, broiler, zootechnical performance, central temperature, organ yield, digestive morphometry, blood markers.

## ملخص

العمل المنجز يقيس تأثيرات التكيف الحراري المبكر عند الدجاج اللحم من سلالة 400 Arbor Acres كتكوت تخضع للتغيرات الطبيعية في فصل الصيف (يوليو-أغسطس) لمدة 50 يومًا. التكيف الحراري المبكر يجرى في اليوم الخامس من العمر (الدفعة C) تحت درجة حرارة متوسطة م $37,01 \pm 1,7^{\circ}$  لمدة 24 ساعة. في نهاية فترة التربية (يوم 47) ، تتعرض الدفعة T والدفعة C لإجهاد حراري حاد (م $39,3 \pm 0,5^{\circ}$ ) لمدة 6 ساعات.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن دجاج الدفعة C يظهر تحسنا في جميع أداءات النمو باستثناء استهلاك الغذاء الذي يميل إلى الانخفاض (-16,07%). يُظهر مؤشر الاستهلاك والوزن الحي وزيادة الوزن اختلافات تبلغ 23,38% ؛ +5,40% و +5,75% على التوالي . من جهة أخرى معدل الوفيات يزداد بنسبة 51,85% للدجاج الشاهد.

تكشف درجة الحرارة الجسم عن تحسن، خاصة في نهاية التربية حيث تزيد بمقدار م $0,38^{\circ}$  و م $0,58^{\circ}$  في الدفعة T على التوالي عند اليوم 40 و اليوم 50. يصل هذا الفارق إلى م $1,09^{\circ}$  أثناء الإجهاد الحراري الحاد ويستمر (م $0,44^{\circ}$ ) حتى بعد 12 ساعة.

يؤدي التكيف الحراري المبكر أيضًا إلى زيادة مردود الأعضاء بالنسبة للقلب (+16,98%) والكبد (+6,66%) والقوانص الفارغة (+2,02%). وينطبق الشيء نفسه على أجزاء الأمعاء الدقيقة التي تظهر +6,25% ؛ +7,56% و +8,98% على التوالي للعفج والصائم والدقاق. تشير القياسات المورفومترية بدورها إلى زيادات في الطول 4,11% ؛ +2,54% و +6,66% على التوالي لنفس المقصورات.

أظهرت فحوصات الدم التي تم إجراؤها تحسين في الدفعة C. بالنسبة للدم ؛ زاد الهيماتوكريت والهيموجلوبين بنسبة 8,40% و +8,14% على التوالي. بالنسبة لعناصر الكيمياء الحيوية ، تنخفض نسبة السكر في الدم والكوليسترول والدهون الثلاثية بنسبة 9,42% ؛ -13,51% و -7,74% على التوالي. المؤشرات الكبدية تنخفض بنسبة 14,15% - ل AST و -7,09% - ل ALT. كان الانخفاض في مؤشرات الكلى أكثر وضوحا مع 52,72% - لليوريا ، 37,11% - للكرياتينين و 11,19% - لحمض البوليك. البروتينات الكلية ، الألبومين والجلوبيولين تزداد على التوالي بنسبة 14,10% . +16,31% و +12,67%. تكشف الايونات عن اختلافات 9,38% ؛ +32,27% و +12,01% على التوالي للصوديوم والبوتاسيوم والكلور. أخيرًا ، من وجهة نظر هرمونية ، زاد T3 و T4 على التوالي بنسبة 31,87% و +6,86% وهذا بالتزامن مع انخفاض في الكورتيكوستيرون في الدم (-35,93%) والكورتيزول (-7,35%).

**الكلمات المفتاحية:** التكيف الحراري المبكر ، الإجهاد الحراري، الدجاج اللحم ، أداءات النمو ، درجة حرارة الجسم ، مردود الأعضاء ، المورفومترية الهضمية ، علامات الدم .

# TABLE DES MATIÈRES

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
----------------------------	---

## PARTIE I

### ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre I : Influence du pré conditionnement thermique sur les indicateurs de production et sur des mesures biologiques

Introduction.....	4
I. Influence du pré conditionnement thermique sur les indicateurs de production.....	4
I.1 Niveau d'ingestion et indice de consommation .....	4
I.2 Paramètres pondéraux .....	8
I.3 Taux de mortalité.....	10
II. Influence du pré conditionnement thermique sur des mesures biologiques.....	11
II.1 Température centrale.....	11
II.2 Rendements en organes .....	13
II.3 Morphométrie digestive.....	17
Conclusion.....	20

#### Chapitre II : Influence du pré conditionnement thermique sur les marqueurs sanguins des oiseaux

Introduction.....	21
I. Influence du pré conditionnement thermique sur l'hémogramme .....	21
II. Influence du pré conditionnement thermique sur les marqueurs biochimiques .....	25
II.1 Niveau de glucose .....	25
II.2 Cholestérolémie et triglycéridémie .....	28
II.3 Bilan hépatique et rénal .....	31
II.4 Protéines métaboliques .....	32
II.5 Ionogramme .....	34

III. Influence du pré conditionnement thermique sur les marqueurs hormonaux .....	36
III.1 Triiodothyronine et thyroxine .....	36
III.2 Corticostérone et cortisol.....	38
Conclusion.....	40

## **PARTIE II**

### **ÉTUDE EXPERIMENTALE**

#### **Chapitre I : Matériel et méthodes**

I.Objectifs de l'étude.....	41
II. Matériel et méthodes.....	41
II.1. Cadre de l'expérimentation .....	41
II.2 Méthodologie mise en œuvre .....	42
II.2.1 Méthodes de mesure des paramètres d'ambiance.....	45
II.2.2 Méthodes de mesures des indicateurs de production .....	45
II.2.2.1 Ingestion alimentaire .....	45
II.2.2.2 Poids vif.....	46
II.2.2.3 Gain de poids vif.....	46
II.2.2.4 Indice de consommation.....	46
II.2.2.5 Taux de mortalité.....	46
II.2.3 Méthodes de mesures biologiques .....	47
II.2.3.1 Température centrale .....	47
II.2.3.2 Rendements en organes et morphométrie digestive.....	47
II.2.4 Méthodes de mesures des marqueurs sanguins.....	48
II.2.4.1 Hémogramme .....	48
II.2.4.2 Marqueurs biochimiques.....	49
II.2.4.3 Marqueurs hormonaux.....	49
II.2.5 Traitement des données.....	50

#### **Chapitre II : Résultats et discussion**

I. Conditions expérimentales.....	51
I.1 Manipulations thermiques.....	51

I.2 Paramètres d'ambiance.....	52
II. Influence du pré conditionnement thermique sur les indicateurs de production .....	54
II.1 Ingestion alimentaire et indice de consommation .....	54
II.2 Poids vif et gain de poids vif.....	57
II.3 Taux de mortalité.....	60
III. Influence du pré conditionnement thermique sur des mesures biologiques .....	62
III.1 Température centrale .....	62
III.2 Rendements en organes.....	65
III.3 Morphométrie digestive .....	68
III.3.1 Influence sur le duodénum.....	68
III.3.2 Influence sur le jéjunum.....	70
III.3.3 Influence sur l'iléon.....	72
IV. Influence du pré conditionnement thermique sur des marqueurs sanguins.....	74
IV.1 Hémogramme.....	74
IV.1.1 Globules blancs et globules rouges.....	74
IV.1.2 Hématocrite.....	76
IV.1.3 Hémoglobine.....	77
IV.1.4 Constituants des globules rouges.....	78
IV.2 Influence du pré conditionnement thermique sur des marqueurs biochimiques.....	81
IV.2.1 Niveau de glucose.....	82
IV.2.2 Niveaux de cholestérol et de triglycérides.....	83
IV.2.3 Indicateurs hépatiques et rénaux.....	86
IV.2.3.1 Influence sur la fonction hépatique.....	86
IV.2.3.2 Influence sur la fonction rénale.....	88
IV.2.4 Protéines métaboliques.....	91
IV.2.5 Equilibre électrolytique.....	94
IV.3 Influence du pré conditionnement thermique sur des marqueurs hormonaux.....	97
IV.3.1 Triiodothyronine et thyroxine .....	98
IV.3.2 Corticostérone et cortisol .....	100
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>104</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	

## Liste des abréviations

<b>ACTH</b> : Adénocorticotrophine	<b>MCV</b> : Volume globulaire moyen
<b>ALAT</b> : Alanine Amino-Transférase	<b>meq/l</b> : Milliéquivalent par litre.
<b>ASAT</b> : Aspartate Amino-Transférase	<b>mg/dl</b> : Milligramme par décilitre
<b>cm</b> : Centimètre	<b>mg/l</b> : Milligramme par litre
<b>cm/kg</b> : Centimètre par kilogramme	<b>mg/ml</b> : Milligramme par millilitre
<b>EM/Kg</b> : Energie métabolisable par Kilogramme	<b>min</b> : Minutes
<b>fL</b> : Femtolitre	<b>ml</b> : Millilitre
<b>fl/cell</b> : Femtolitre par	<b>ml/dl</b> : Millilitre par décilitre
<b>g</b> : Gramme	<b>mm<sup>3</sup></b> : Millimètre cube
<b>g/dl</b> : Gramme par décilitre	<b>mmol/l</b> : Millimole par litre
<b>g/j</b> : Gramme par jour	<b>ng/ml</b> : Nanogramme par millilitre
<b>g/kg</b> : Gramme par kilogramme	<b>nm</b> : Nanomètre
<b>g/l</b> : Gramme par litre	<b>nmol/l</b> : Nanomole par litre
<b>g/s</b> : Gramme par sujet	<b>p</b> : Probabilité
<b>g/s/j</b> : Gramme par sujet par jour	<b>pg</b> : Picogrammes
<b>g/s/p</b> : Gramme par sujet par phase	pg/cell : Femtolitre par cellule
<b>H</b> : Hétérophiles	<b>pg/dl</b> : Picogramme par décilitre
<b>h</b> : Heure	<b>pg/ml</b> : Picogramme par millilitre
<b>h/j</b> : Heure/jour	<b>T3</b> : Triiodothyronine
<b>H/L</b> : Ratio hétérophiles par lymphocytes	<b>T4</b> : Thyroxine.
<b>HPA</b> :Hypothalamo-hypophyso- surrénalien	<b>THI</b> : Temperature humidity index
<b>J</b> : Jour	<b>UI/dl</b> : Unité internationale par décilitre
<b>Kcal EM/Kg</b> : Kilocalorie d'énergie métabolisable	<b>UI/l</b> : Unité internationale par litre
<b>Kg</b> : Kilogramme	<b>µl</b> : Microlitre
<b>L</b> : Lymphocytes	<b>µm</b> : Micromètre
<b>m</b> : Mètre	<b>µm<sup>3</sup></b> : Micromètre cube
<b>m<sup>2</sup></b> : Mètre carré	<b>vs</b> : Versus
<b>MCH</b> : Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine	<b>α</b> : Alpha
<b>MCHC</b> : Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine	<b>&lt;</b> : Inférieur
	<b>%</b> : Pourcentage
	<b>&gt;</b> : Supérieur
	<b>±</b> : Plus ou moins
	<b>°C</b> : Degrés Celsius

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°1</b> : Paramètres d'ambiance durant l'expérimentation.....	53
<b>Tableau N°2</b> : Indice THI durant l'expérimentation.....	53
<b>Tableau N°3</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur l'ingestion alimentaire (g/s/p).....	55
<b>Tableau N°4</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur l'indice de consommation.....	56
<b>Tableau N°5</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur le poids vif (g/p).....	58
<b>Tableau N°6</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur le gain de poids vif (g/s/p).....	59
<b>Tableau N°7</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur le taux de mortalité (%).....	60
<b>Tableau N°8</b> : Taux de mortalité durant les manipulations thermiques (%).....	61
<b>Tableau N°9</b> : Évolution de la température centrale durant le pré conditionnement thermique (°C)...	62
<b>Tableau N°10</b> : Influence du pré conditionnement sur la température centrale (°C).....	63
<b>Tableau N°11</b> : Évolution de la température centrale durant le coup de chaleur (°C).....	64
<b>Tableau N°12</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du cœur (%).....	66
<b>Tableau N°13</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du foie (%).....	66
<b>Tableau N°14</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du gésier vide (%).....	67
<b>Tableau N°15</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la longueur du duodénum (cm).....	69
<b>Tableau N°16</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du duodénum (%).....	70
<b>Tableau N°17</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la longueur du jéjunum (cm).....	71
<b>Tableau N°18</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du jéjunum (%).....	71
<b>Tableau N°19</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la longueur de l'iléon (cm).....	72
<b>Tableau N°20</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion de l'iléon (%).....	73
<b>Tableau N°21</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de globules blancs ( $10^6/\text{mm}^3$ ).....	75
<b>Tableau N°22</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de globules rouges ( $10^3/\text{mm}^3$ ).....	76
<b>Tableau N°23</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants d'hématocrite (%).....	77
<b>Tableau N°24</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants d'hémoglobine (g/dl).....	78
<b>Tableau N°25</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de MCV (fL).....	79
<b>Tableau N°26</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de MCH (pg).....	80
<b>Tableau N°27</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de MCHC (g/dl)...	80
<b>Tableau N°28</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les niveaux de glucose (g/l).....	82

<b>Tableau N°29</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les niveaux de cholestérol (g/l).....	84
<b>Tableau N°30</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les niveaux de triglycérides (g/l).....	85
<b>Tableau N°31</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'ASAT (UI/l)..	87
<b>Tableau N°32</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'ALAT (UI/l)..	87
<b>Tableau N°33</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'urée (g/l).....	89
<b>Tableau N°34</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de créatinine (mg/l).....	90
<b>Tableau N°35</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'acide urique (mg/l).....	91
<b>Tableau N°36</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants des protéines totales (g/l).....	92
<b>Tableau N°37</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'albumine (g/l).....	93
<b>Tableau N°38</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants des globulines (g/l).....	93
<b>Tableau N°39</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de sodium (meq/l)	95
<b>Tableau N°40</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de potassium (meq/l).....	95
<b>Tableau N°41</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de chlore (meq/l)..	97
<b>Tableau N°42</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de la T3 (ng/ml)...	98
<b>Tableau N°43</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de la T4 (pg/ml)...	99
<b>Tableau N°44</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de la corticostéron (ng/ml).....	101
<b>Tableau N° 45</b> : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de cortisol (ng/ml).....	101

## Liste des figures

<b>Figure N°1:</b> Méthodologie expérimentale.....	90
<b>Figure N°2:</b> Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative lors du conditionnement thermique (J5).....	12
<b>Figure N°3:</b> Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative lors du coup de chaleur (J47).....	93

## **Introduction générale**

Les volailles sont des espèces élevées pour produire de la viande et des œufs ; elles représentent une excellente source de protéines. La filière avicole est l'industrie qui fournit la plus grande part de protéines animales au niveau mondial avec une production qui avoisine les 130,5 millions de tonnes annuellement (**FAO**, 2019) et c'est ce qui place le poulet de chair comme élément vital de l'alimentation humaine.

Actuellement, la population mondiale est d'environ 7,9 milliards d'habitants, des prévisions indiquent qu'elle atteindrait 9,3 milliards à l'horizon 2050 et 11 milliards d'ici 2100 ce qui impliquerait inévitablement une forte demande en protéines animales (**OUCHI** et al, 2021). La consommation a doublé durant la dernière décennie et devrait encore doubler d'ici 2050. Pour répondre à cette demande en constante augmentation, depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle, les progrès génétiques subit par les volailles, particulièrement les poulets de chair sont immenses. C'est ainsi que la sélection génétique a permis de fournir des poulets de chair commercialisables à l'âge de 35 jours et des poules pondeuses qui produisent en moyenne 200 œufs par an. À titre d'exemple, les poulets de chair pesaient environ 900g en pour une durée de production de 56 jours dans les années 1950, pesaient environ 4202g en 2005. Cependant, ces améliorations ne sont pas restées sans conséquences sur la physiologie, particulièrement, la régulation de la température centrale. En effet, les poulets de chair sont considérés, juste après l'éclosion, comme des poïkilothermes et deviennent complètement homéothermes pendant les 5 à 10 premiers jours de vie. Ils ont besoin de maintenir leurs températures corporelles à des niveaux relativement constants dans des environnements où les conditions de température et d'hygrométrie sont variables, grâce à des mécanismes de thermogénèse et de thermolyse. Idéalement, les poulets de chair devraient être maintenus dans leurs zones de neutralité thermique, avec un minimum de dépenses énergétiques et d'emploi de mécanismes de thermorégulation, afin que l'oiseau puisse exprimer le maximum de son potentiel génétique. Cette particularité de la thermorégulation est confrontée à trois facteurs déterminants ; le premier est spécifique à l'espèce qui est dépourvu de glandes sudoripares, le deuxième est le faible investissement en matière de contrôle de l'ambiance et le troisième est le défi majeur que représente le réchauffement climatique. À cet effet, dans les pays tropicaux et méditerranéens, notamment en Algérie, les températures élevées deviennent un défi majeur dans l'élevage de poulets de chair. L'augmentation des températures estivales et l'allongement de leurs durées causeraient non seulement des problèmes sanitaires mais

également des problèmes d'un point de vue de production alimentaire. Si l'incidence de ces températures d'élevage continue d'augmenter au rythme actuel, des effets néfastes commenceront à se produire dans les zones actuellement froides, entraînant ainsi une diminution de la productivité des exploitations avicoles.

Le stress thermique peut être classé comme long (chronique ou cyclique) ou court (aigu). Il survient lorsque la balance entre thermogénèse et thermolyse se déséquilibre. Pour faire face à cette situation, l'organisme des oiseaux subit des réajustements qui se font au détriment de la production de ces animaux puisque au lieu d'utiliser les nutriments pour la production, ces derniers sont orientés pour lutter contre l'hyperthermie. Ces situations de stress thermique influent tant sur les performances de croissance dont principalement l'ingestion alimentaire qui entraîne à son tour une diminution du poids vif, du gain de poids vif ou encore de la production d'œufs. En outre, l'ingestion alimentaire se répercute sur le poids et la morphométrie des organes de digestion étant le site principal d'assimilation des nutriments. Enfin, le stress thermique concourt à augmenter la température corporelle due à une alcalose respiratoire provoquant ainsi des mortalités accrues.

Compte tenu de ces observations, le poulet de chair est devenu de plus en plus sensible aux effets du stress thermique et ce qu'impliqueraient, à ce rythme, des pertes économiques considérables. Il paraît donc impératif d'adopter des stratégies pour amoindrir ces effets délétères. À ce jour, plusieurs mesures d'atténuation ont été adoptées pour minimiser les effets négatifs du stress thermique chez les volailles. Parmi celles-ci, la manipulation embryonnaire par modulation de la température d'incubation est employée (**AL-ZGHOUL** et al., 2019 et **ELNESR** et al., 2019). Le pré conditionnement thermique est également employé comme technique qui implique l'exposition des poussins à une température ambiante élevée au début de leur vie (**OKE** et al., 2020). Ces traitements sont mis en œuvre dans le but principal est d'augmenter la tolérance des poulets à la chaleur, particulièrement recherchée en fin d'élevage, âge auquel les poulets deviennent très sensibles aux hautes températures.

C'est à la lumière de toutes ces données et dans la continuité des travaux prometteurs déjà réalisés précédemment en Algérie par **HAMMOUCHE**, (2011) et par **MOUSS**, (2011) que s'inscrit ce travail qui se propose d'explorer d'autres approches méthodologiques afin de mieux appréhender la réponse des poulets conditionnés et soumis à des conditions de stress thermique estivale largement rencontrées en Algérie. Les principaux objectifs sont de tester les effets d'un pré conditionnement thermique, observée au 5<sup>ème</sup> jour d'âge. Les impacts de ce traitement seront mesurés sur les indicateurs de production (ingestion alimentaire, indice de

consommation, paramètres pondéraux et mortalité). Les retombées du pré conditionnement thermique seront également évaluées sur des mesures biologiques (température centrale, rendement en organes et morphométrie digestive). Enfin, l'influence sur des marqueurs sanguins sera explorée.

La thèse présentée se subdivise en deux parties, la première est constituée de deux chapitres qui rapportent l'état de l'art des effets du pré conditionnement thermique sur les indicateurs de production et sur des mesures biologiques. La deuxième comprend également deux chapitres ; le premier présente le cadre expérimental et la méthodologie mise en œuvre, tandis que, le second chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats obtenus. Enfin, une conclusion générale et quelques perspectives sont présentées à la fin de ce travail.

## Chapitre I

### Influence du pré conditionnement thermique sur les indicateurs de production et sur des mesures biologiques

#### Introduction

Les manipulations thermiques chez les poulets de chair, qu'elles soient durant la phase embryonnaire ou encore pendant les premiers jours de vie, sont des moyens utilisés afin de faire acquérir aux oiseaux une certaine thermotolérance pour qu'ils puissent lutter contre les effets néfastes du stress thermique, ce dernier représente l'un des principaux facteurs ayant une influence constante sur les performances et la physiologie des volailles (**AKBARIAN** et al., 2016). Dans ces conditions, des réactions en chaîne peuvent se produire dont la première est une réduction de la consommation alimentaire ainsi qu'une augmentation de la consommation d'eau. Ceci pourrait avoir une influence négative sur les principales performances zootechniques dont le poids vif, le gain de poids vif et l'indice de consommation, mais demeure un moyen pour l'animal afin de réduire sa thermogénèse et de permettre la dissipation de la chaleur. Ces conditions particulières retentissent aussi tant sur la température centrale des oiseaux que sur la dynamique de croissance des organes internes.

#### I. Influence du pré conditionnement thermique sur les indicateurs de production

##### I.1 Niveau d'ingestion et indice de consommation

Dans certaines études, il est rapporté que la consommation alimentaire serait améliorée chez des poulets conditionnés à la chaleur, soit à jeune âge ou encore pendant la phase d'incubation. Toutefois, il est utile de souligner qu'il existe certaines divergences dans les résultats obtenus. À cet effet, **GOUDA** et al., (2017) constatent que le conditionnement thermique à jeune âge (J5) des poulets de chair de souche Cobb induit une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de la consommation alimentaire sur une période de mesure de 42 jours ( $3374 \pm 39,35$  vs  $3336 \pm 47,57$ g/s). Il en est de même pour l'indice de consommation qui est amélioré ( $1,81 \pm 0,120$  vs  $1,88 \pm 0,144$ ). Pour leurs parts, **SHAMMA** et al., (2014) observent pour un élevage mené en période estivale, des quantités d'aliments ingérées quasi égales ( $4077,67 \pm 14,43$  vs  $4078,00 \pm 35,01$ g/s) respectivement chez des poulets conditionnés à la chaleur au 8<sup>ème</sup> jour d'âge et chez des poulets témoins et pour des prélèvements réalisés à la

6<sup>ème</sup> semaine d'âge. Par ailleurs, l'indice de consommation est relativement amélioré, de façon non significative ( $p > 0,05$ ) et dont les moyennes s'établissent respectivement à  $1,95 \pm 0,06$  vs  $1,98 \pm 0,03$ . De façon divergente, **FERNANDES** et al., (2013) rapportent que la consommation alimentaire est presque inchangée ( $3247,74$  vs  $3249,19$ g) ainsi que l'indice de consommation ( $1,53$  vs  $1,57$ ) respectivement chez des poulets témoins et chez des poulets acclimatés à la chaleur durant la première semaine de vie. Dans le même ordre d'idées, **HAMMOUCHE**, (2011) rapporte des quantités moyennes d'aliment ingérées quasi égales ( $130,95 \pm 21,96$  vs  $136,92 \pm 17,58$ g/s) respectivement pour des poulets de chair de souche Arbor Acres conditionnés à la chaleur et pour le lot témoin. Par ailleurs, l'indice de consommation montre une amélioration, non significative ( $p > 0,05$ ), chez les poulets conditionnés et sur une période d'élevage de 53 jours ( $1,81 \pm 0,31$  vs  $2,04 \pm 0,16$ ).

Dans d'autres études, l'effet du stress thermique sur la consommation alimentaire et sur l'indice de consommation est mis en relief. La majorité des auteurs notent des dépréciations de ces deux performances zootechniques sous ces conditions particulières. À cet effet, **KHALIFA** et al., (2019) notent que les conditions de stress thermique provoquent une dépréciation de l'ingestion alimentaire qui s'établit à  $819$  vs  $982$ g/s à la 5<sup>ème</sup> semaine d'âge et à  $729$  vs  $1187$ g/s à la 6<sup>ème</sup> semaine. L'indice de consommation est lui aussi déprécié, les valeurs sont de  $2,37$  vs  $1,99$  au premier prélèvement et atteignent  $9,04$  vs  $4,36$  au deuxième prélèvement. Dans le même ordre d'idées, **SHAKERI** et al., (2019) observent que les conditions de stress thermique cyclique induisent une diminution significative ( $p = 0,033$ ) de l'ingestion alimentaire ( $120$  vs  $126$ g/j) pour une durée de prélèvement qui s'étale sur 42 jours. Il en est de même pour l'indice de consommation qui est déprécié, de façon non significative, et affiche  $1,85$  vs  $1,82$ . De leurs côtés, **AWAAD** et al., (2018) notent que les conditions de stress thermique génèrent une diminution non significative de la consommation alimentaire ( $3206,00 \pm 13,37$  vs  $3230,25 \pm 51,62$ g/s) et qui est simultanée à une augmentation non significative de l'indice de consommation ( $1,676 \pm 0,028$  vs  $1,642 \pm 0,024$ ) au 35<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair de souche Arbor Acres. Pour leurs parts, **OLFATI** et al., (2018) constatent une diminution hautement significative ( $p < 0,001$ ) de la consommation alimentaire ( $4320,30 \pm 299,94$  vs  $5288,30 \pm 241,19$ g/s) simultanément à une augmentation hautement significative ( $p < 0,001$ ) de l'indice de consommation ( $2,17 \pm 0,09$  vs  $1,93 \pm 0,03$ ) chez des poulets de chair menés sous stress thermique et prélevés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. De façon similaire, **RASHIDI** et al., (2010) observent une diminution significative de l'ingéré alimentaire ( $4976$  vs  $6329$ g/s) et qui est simultanée à une augmentation significative de

l'indice de consommation (1,96 vs 1,89) chez des poulets de chair de souche Arbor Acres exposés au stress thermique et prélevés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Cette évolution des résultats corroborent des travaux antérieurs qui constatent dans leurs majorités une dépréciation de l'ingestion alimentaire et de l'indice de consommation. À cet effet, **OLIVEIRA** et al., (2006) rapportent que sous une température ambiante de 32°C, la diminution de l'ingestion alimentaire, mesurée chez des poulets âgés de 1 à 21 jours, se situe autour de -14,7%. En revanche, en mesurant l'ingestion entre le 1<sup>er</sup> et le 49<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution atteint -22%. Les mêmes auteurs rajoutent que pour chaque degré Celsius d'augmentation de la température ambiante, la consommation alimentaire diminue de -2,2%. Dans le même sens, **AL-FATAFTAH** et **ABU-DIEYEH**, (2007) constatent, chez des poulets soumis à trois ambiances différentes (25, 30 et 35°C), une réduction de la consommation alimentaire qui s'établit respectivement à -12,4 et -28% pour les deux derniers groupes. Pour sa part, **MÔREKI**, (2008) teste des températures plus extrêmes (32 à 38°C) et note une dépréciation de l'ingéré alimentaire de -5% par degré Celsius d'augmentation de la température. De leurs côtés, **AKSIT** et al., (2006) constatent que sous une température de 34°C et une humidité de 60%, l'indice de consommation mesuré entre le 21<sup>ème</sup> et le 49<sup>ème</sup> jour d'âge est déprécié comparativement à des poulets menés dans des conditions de thermoneutralité. Dans une autre étude, **ABU-DIEYEH**, (2006) teste deux températures différentes, 20 et 35°C, pendant 4 semaines. Il constate qu'après cette durée d'exposition, l'indice de consommation se dégrade sous hautes températures même avec une alimentation *ad libitum*. Par ailleurs, **ESTRADA-PAREJA** et al., (2007) remarquent que l'indice de consommation n'est pas statistiquement différent entre le 21<sup>ème</sup> et le 40<sup>ème</sup> jour d'âge, chez des poulets menés sous deux ambiances différentes (25 et 31°C). Ces résultats sont observés malgré une réduction du gain de poids de l'ordre de -6,9% chez les poulets élevés à hautes températures. Il en est de même pour **ROSA** et al., (2007) qui n'observent pas de différences de l'indice de consommation (1,82 vs 1,86) chez deux souches de poulets, fermier et Ross 308, menés à 32°C. L'âge des poulets semble avoir lui aussi un impact sur la consommation alimentaire sous stress thermique. En effet, **KOH** et **MAC LEOD**, (1999) notent qu'après une exposition de 3 semaines, de la 3<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge, à une température de 32°C, une diminution de l'ingestion alimentaire de l'ordre de -18% est observée. Par ailleurs, **GEREART** et al., (1993) rapportent que quelque soit l'origine génétique, il y a une diminution de l'ingestion alimentaire ainsi qu'un ralentissement de la croissance sous contraintes thermiques. Mis à part l'âge et l'origine génétique, le sexe de l'animal semble lui aussi affecter la consommation alimentaire. Ainsi,

**YALÇIN** et al., (2004) relatent que les hautes températures impactent plus la consommation alimentaire et la croissance des mâles par rapport aux femelles. Ceci serait lié aux métabolismes basaux différents ainsi qu'à la composition corporelle des deux sexes selon **CERNIGILIA** et al., (1983) et **HOWLIDER** et **ROSE**, (1989).

Dans un autre cadre, la composition de l'aliment semble avoir elle aussi une influence sur le niveau d'ingestion et sur l'indice de consommation. À cet effet, **KADIM** et al., (2008) constatent que la supplémentation de l'aliment avec de l'acide ascorbique permet de rehausser le niveau d'ingestion sous contraintes thermiques. Dans ce sens, en travaillant dans des conditions similaires, **NASSEEM** et al., (2005) concluent que l'emploi d'acide ascorbique contribue à améliorer l'indice de consommation. Pour leurs parts, **MENDES** et al., (1997) remarquent que l'addition de l'aliment en acides aminés (lysine et arginine) réduit l'impact de la chaleur sur le niveau d'ingestion alimentaire qui ne s'établit qu'à -12% entre 25 et 33°C. **TEMIM** et al., (2000) notent une amélioration de l'ingestion alimentaire (+6%) en augmentant la charge protéique de l'aliment par rapport à un aliment standard chez des poulets âgés de 4 à 6 semaines et menés sous une température de 32°C. Dans le même ordre d'idées, **GHAZALAH** et al., (2008) observent que l'indice de consommation, mesuré à l'âge de 4 semaines, est amélioré en enrichissant l'aliment en énergie (2,5 et 5%) sous stress thermique.

Enfin, il est utile de souligner que certaines études se penchent sur la consommation hydrique en situation de stress thermique. À cet effet, **CHAKROUN**, (2004) rapporte qu'en conditions de thermoneutralité, le rapport eau/aliment se situe entre 1,8 à 2. Celui-ci peut doubler et même atteindre un ratio de 4 dans une ambiance de 32°C, voire rejoindre les 8 lorsque la température tourne autour de 37°C. Pour leurs parts, **BALNAVE** et **OLIVA**, (1991) et **FATHY**, (2006) soulignent qu'en augmentant la consommation d'eau, la survie des poulets de chair serait améliorée dans des conditions défavorables. La température de l'eau aurait aussi des influences sur sa consommation. À cet effet, pour une consommation optimale, la température de l'eau doit être de 12°C, au delà, l'oiseau se découragera de boire. Si la température de l'eau atteint les 30°C, sa consommation réduit drastiquement et en s'approchant des 44°C, l'oiseau cesse sa consommation d'eau et c'est ce qui aurait des conséquences très néfastes selon **JONES** et **WATKINS**, (2009).

## **I.2 Paramètres pondéraux**

Les manipulations thermiques à jeune âge ou pendant la phase embryonnaire des oiseaux contribueraient aussi à améliorer le poids vif et le gain de poids vif. Toutefois, il est utile de souligner qu'il existe une certaine disparité dans les résultats publiés. À cet effet, **OUCHI** et al., (2021) constatent une augmentation significative ( $p=0,047$ ) du poids vif pour des pesées réalisées à J47, chez des poulets de chair mâles conditionnés aux hautes températures au 3<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **SALEH** et al., (2020) conditionnent à la chaleur (39°C et 65% d'humidité) des œufs de souche Cobb du 10<sup>ème</sup> au 18<sup>ème</sup> jour d'incubation. Par la suite, l'ensemble de l'effectif est soumis à des conditions de stress thermique (35°C) du 28<sup>ème</sup> au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Les résultats révèlent que le traitement thermique améliore significativement ( $p<0,05$ ) le poids vif ( $2440\pm 82,5$  vs  $2302,8\pm 79,7$ g) ainsi que le gain de poids vif ( $226\pm 34,7$  vs  $188,3\pm 47,7$ g) pour des prélèvements effectués entre le 28<sup>ème</sup> et le 37<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans le même ordre d'idées, **AL-RUKIBAT** et al., (2017) rapportent que les manipulations thermiques durant la phase d'incubation induisent des augmentations significatives du poids vif des poulets de chair de souche Hubbard pour des mesures pratiquées aux 14<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jours d'âge. Dans une autre étude, **GOUDA** et al., (2017) observent qu'un conditionnement thermique précoce (J5) se traduit par une augmentation significative ( $p<0,05$ ) du poids vif ( $1908,3\pm 129,49$  vs  $1830,8\pm 138,30$ g/s) ainsi que celle du gain de poids vif ( $1867,3\pm 129,53$  vs  $1788,6\pm 138,38$ g/s) pour des mesures pratiquées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. De leurs côtés, **SHAMMA** et al., (2014) notent que le conditionnement thermique précoce (8<sup>ème</sup> jour d'âge) induit des augmentations significatives ( $p<0,05$ ) du poids vif ( $2268,37\pm 25,64$  vs  $2230,63\pm 32,75$ g/s) et du gain de poids vif ( $2095,98\pm 53,38$  vs  $2057,38\pm 52,14$ g/s) pour des prélèvements pratiqués à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge.

Dans d'autres études, l'impact du stress thermique sur le poids vif et sur le gain de poids vif des poulets de chair est mis en relief. À cet effet, **SHAKERI** et al., (2019) constatent des diminutions hautement significatives ( $p<0,001$ ) du poids vif (2697 vs 2935g) et du gain moyen quotidien (63,3 vs 69,4g/j) après 42 jours d'exposition au stress thermique. De leurs côtés, **KHALIFA** et al., (2019) notent que les situations de stress thermique induisent une réduction significative ( $p<0,05$ ) du poids vif de poulets de chair mesuré à la 5<sup>ème</sup> semaine ( $1802\pm 28$  vs  $1967\pm 41$ g/s) et à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge ( $1883\pm 31$  vs  $2240,5\pm 49$ g/s). Il en est de même pour le gain de poids vif qui montre une diminution significative au premier

prélèvement ( $345 \pm 10$  vs  $491 \pm 50$ g/s) et au deuxième prélèvement ( $145 \pm 37$  vs  $260 \pm 64$ g/s). Dans une autre étude, **AWAAD** et al., (2018) notent, chez des poulets de chair de souche Arbor Acres exposés au stress thermique et prélevés au 35<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions significatives du poids vif ( $1915,87 \pm 19,73$  vs  $1967,14 \pm 21,16$ g/s ;  $p=0,024$ ) et du gain de poids vif ( $1876,17 \pm 19,73$  vs  $1927,55 \pm 21,16$ g/s ;  $p=0,023$ ). Pour leurs parts, **OLFATI** et al., (2018) observent, chez des poulets de chair au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, que les conditions de stress thermique, induisent une diminution hautement significative ( $p < 0,001$ ) du poids vif ( $1992,30 \pm 163,96$  vs  $2726,30 \pm 102,62$ g/s). De leurs côtés, **RASHIDI** et al., (2010) enregistrent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution significative ( $p < 0,05$ ) du poids vif ( $2539$  vs  $3349$ g/s) chez des poulets de chair de souche Arbor Acres soumis à des contraintes thermiques. **AL-FATAFTAH** et **ABU-DIEYEH**, (2007) rapportent que le fait d'exposer des poulets à deux températures différentes (25 et 30°C) pendant 4 semaines, cela se traduit par une baisse du poids vif estimée à -300g/s et une diminution du gain de poids vif de -18%. Ces dégradations deviennent plus prononcées en augmentant la température à 35°C, la perte est évaluée à -750g/s pour le poids vif et à -44% pour le gain de poids vif. Ces constatations confortent ceux de **MUJAHID** et al., (2009) qui observent que le poids des animaux est meilleur chez des poulets menés sous une température neutre (25°C) comparativement à ceux soumis pendant 16 jours à une température de 34°C de façon cyclique. De leurs côtés, **GU** et al., (2008) constatent qu'après trois semaines d'exposition de poulets de chair de souche Arbor Acres à une température de 33°C et une hygrométrie relative de 80%, une baisse du poids vif (-571g/s) est observée. Il en est de même pour le gain de poids vif (-17g/j) qui révèle un écart de -19%. Par ailleurs, **YALÇIN** et al., (2004) soulignent que l'effet de la chaleur est plus perceptible sur la croissance des poulets mâles comparativement aux femelles. Dans le même ordre d'idées, **AÏN BAZIZ** et al., (1996) observent que la diminution du gain de poids est plus prononcée pour les mâles que pour les femelles. Elle atteint les -47% lorsque celle-ci est mesurée chez des poulets mâles âgés de 28 jours et soumis à une température de 32°C pendant trois semaines. En revanche, **PADILHA**, (1995) souligne quant à lui que plus le poids vif des poulets est élevé et plus l'effet de la chaleur se fait ressentir sur la croissance. Certains auteurs proposent des modifications dans la composition alimentaire afin d'atténuer la dégradation du poids vif et du gain de poids vif observée sous stress thermique. À cet effet, **KADIM** et al., (2008) remarquent que l'apport en acide ascorbique permet de réduire l'effet dépressif sur le poids vif de poulets de chair soumis à des températures extrêmes (36 à 37°C). Pour leurs parts, **TEMIM** et al., (1999) notent que sous une température de 32°C et en

utilisant des aliments dont le niveau protéique est élevé (19 et 25%), la diminution du gain de poids est relativement atténuée mais demeure élevée (-39 vs -46%) respectivement. Par ailleurs, **MENDES** et al., (1997) constatent que quelque soit le niveau d'addition des aliments en acides aminés (lysine et arginine), le poids vif et le gain de poids vif, mesurés à l'âge de 6 semaines, restent toujours impactés négativement après 21 jours d'exposition des poulets à une température cyclique de 25 et 33°C. Enfin, **GHAZALAH** et al., (2008) améliorent le gain de poids en rehaussant le niveau énergétique de l'aliment à 3200 Kcal EM/Kg chez des poulets âgés de 4 semaines et exposés à des températures de façon cyclique, de 29 à 36°C.

### **I.3 Taux de mortalité**

Tel que cité précédemment, les manipulations thermiques sont censées conférer aux poulets de chair une meilleure tolérance à la chaleur ; celle-ci est évaluée entre autre par le taux de mortalité qui devrait baisser, particulièrement en fin d'élevage, phase durant la quelle les oiseaux sont très sensibles aux hautes températures. À cet effet, **EZZAT** et al., (2017) observent, sur une durée de 42 jours de stress thermique chronique, une diminution significative ( $p < 0,05$ ) du taux de mortalité (20,00%) chez des poulets conditionnés à la chaleur à un âge précoce par rapport aux poulets témoins (25,00%) non conditionnés. Il en est de même pour **ZABOLI** et al., (2017) qui conditionnent des œufs de souche Ross 308 pendant la phase d'incubation (39,5°C de J7 à J16), après éclosion, un groupe est conditionné au 3<sup>ème</sup> jour d'âge et un autre groupe au 5<sup>ème</sup> jour d'âge sous des températures comprises entre 36 à 38°C. Les poulets subissent aussi un stress thermique cyclique de J28 à J42 (32 à 36°C) de 10h00 à 16h00 quotidiennement. Les résultats révèlent que les manipulations thermiques améliorent le taux de mortalité mesuré au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, il s'établit à 20% chez le lot témoin, alors que, des taux de 12 ; 8 et 8% sont respectivement notés chez les groupes expérimentaux. Dans le même ordre d'idées, **SHAMMA** et al., (2014) constatent que le conditionnement précoce à la chaleur, pratiqué à la première semaine de vie, améliore significativement ( $p < 0,05$ ) le taux de mortalité après 6 semaines d'élevage. Les moyennes notées s'établissent respectivement à  $3,33 \pm 1,67$  vs  $6,67 \pm 1,67\%$ . Dans une autre étude, après avoir conditionné des coqs reproducteurs au 3<sup>ème</sup> jour d'âge, **RIZK** et al., (2018) notent que le taux de mortalité est amélioré suite au traitement. Les résultats révèlent 11,21 vs 13,33% sur une période de 34 semaines d'élevage.

En travaillant sous des conditions de stress thermique, plusieurs travaux mettent en liaison

l'étroite relation qui existe entre l'intensité de la chaleur et son impact sur le taux de mortalité en élevage de poulet de chair (**MASHALY** et al., 2004 et **AL-FATAFTAH** et **ABU-DIEYEH**, 2007). À cet effet, **AWAAD** et al., (2018) constatent une augmentation non significative ( $p > 0,05$ ) de la mortalité ( $8,00 \pm 1,51$  vs  $5,00 \pm 1,25\%$ ) sur 35 jours d'élevage chez des poulets de chair de souche Arbor Acres. Dans le même ordre d'idées, **FATHY**, (2006) remarque que lorsque la température ambiante passe de 27 à 35°C, il est observé une dégradation des performances de croissance et une augmentation du taux de mortalité. De son côté, **CHAKROUN**, (2004) émet que l'exposition des poulets de chair à une température de 37°C peut entraîner la mortalité de 60% de l'effectif. Pour leurs parts, **AMAND** et al., (2004) attirent l'attention sur le phénomène de coup de chaleur et qui est dû à une élévation excessive de la température corporelle de l'animal. Cette situation mène en générale à une mortalité accrue et à des baisses de performances zootechniques. Les mêmes auteurs rajoutent que les augmentations de la mortalité peuvent toucher 80 à 90% des élevages de poulets de chair. En revanche, la dépréciation des performances de croissance concernent toutes les productions à des degrés divers. Enfin, **PEREZ** et al., (2006) mettent en exergue l'impact de la chaleur sur le taux de mortalité et son lien avec le poids vif et la vitesse de croissance. En effet, les poulets à croissance lente semblent mieux résister à des chocs thermiques (38°C) comparativement à des poulets à croissance rapide à travers des taux de mortalités respectifs de 2 et de 25%.

## **II. Influence du pré conditionnement thermique sur des mesures biologiques**

### **II. 1 Température centrale**

Les manipulations thermiques à jeune âge sont employées dans l'objectif, entre autre, de réduire la température centrale des oiseaux afin qu'ils puissent lutter contre les retombées néfastes du stress thermique dont la mortalité accrue qui peut être enregistrée sous ces conditions. Plusieurs études s'intéressent à ce volet et la majorité des résultats obtenus s'orientent vers une baisse de la température centrale chez les poulets conditionnés à jeune âge. À cet effet, **FOLARIN** et al., (2021) mènent des poulets de chair de souche Cobb 500 et Ross 308 ; ils les conditionnent à la chaleur le 6<sup>ème</sup> jour d'âge sous une température moyenne de  $40 \pm 1$ °C pendant 3h. Par la suite, au 10<sup>ème</sup> jour d'âge, un bref coup de chaleur est provoqué, il dure 15min sous une intensité de température moyenne de  $40 \pm 1$ °C puis relève les températures rectales avant et après coup de chaleur. Les résultats révèlent que le

conditionnement thermique précoce induit des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) même avant le coup de chaleur où les moyennes notées s'établissent à  $41,58 \pm 0,13$  vs  $41,77 \pm 0,13^\circ\text{C}$  et à  $41,65 \pm 0,13$  vs  $41,70 \pm 0,13^\circ\text{C}$  respectivement pour la souche Cobb 500 et la souche Ross 308. Après le coup de chaleur, l'écart devient plus important et affiche des températures rectales moyennes de  $42,81 \pm 0,18$  vs  $43,29 \pm 0,18^\circ\text{C}$  et de  $42,82 \pm 1,15$  vs  $43,31 \pm 1,15^\circ\text{C}$  respectivement pour les deux souches. De leurs côtés, **OUCHI** et al., (2021) rapportent une diminution significative ( $p = 0,043$ ) de la température rectale mesurée au 14<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair mâles conditionnés à la chaleur ( $40 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ) au 3<sup>ème</sup> jour d'âge pendant 12h. Dans le même ordre d'idées, **SALEH** et al., (2020) observent que la température rectale diminue significativement ( $38,38 \pm 0,22$  vs  $39,05 \pm 0,24^\circ\text{C}$ ) au 37<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair de souche Cobb conditionnés à la chaleur durant la phase embryonnaire. Pour leurs parts, **AL-ZGHOUL** et al., (2018) travaillent sur le conditionnement thermique pendant la période d'incubation des poussins chair de souches Cobb et Hubbard. La modulation thermique à lieu du 10<sup>ème</sup> au 18<sup>ème</sup> jour d'incubation sous une température de  $39^\circ\text{C}$  et une hygrométrie relative de 65% à un rythme de 18h par jour. Le lot témoin est pour sa part maintenu à  $37,8^\circ\text{C}$  de température et à 56% d'humidité durant la période d'incubation. Suite à l'éclosion, les poussins sont menés pendant 28 jours selon les recommandations des guides d'élevage des souches respectives. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, un coup de chaleur est provoqué sur l'ensemble de l'effectif pendant 7h sous une température moyenne de  $40 \pm 1^\circ\text{C}$ . Les résultats révèlent que les poulets conditionnés affichent des températures rectales significativement ( $p < 0,05$ ) plus basses quelque soit l'heure de prélèvement (0, 1, 3, 5 et 7h). Les écarts les plus importants sont notés chez la souche Hubbard après 5h d'exposition ( $41,37 \pm 0,11$  vs  $43,26 \pm 0,42^\circ\text{C}$ ) et après 7h pour la souche Cobb ( $41,10 \pm 0,81$  vs  $42,17 \pm 0,34^\circ\text{C}$ ). De leurs côtés, **AL-RUKIBAT** et al., (2017) constatent que chez des poulets de chair de souche Hubbard, les manipulations thermiques durant la phase d'incubation induisent une très légère diminution de la température rectale lorsque les poulets sont menés sous stress thermique et exposé à un choc thermique au 14<sup>ème</sup> jour d'âge. En revanche, après un second stress thermique aigu observé au 28<sup>ème</sup> jour d'âge et pour des mesures pratiquées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, la température rectale baisse significativement ( $p < 0,05$ ) chez les poulets conditionnés ( $41,3 \pm 0,2$  et  $41,4 \pm 0,1^\circ\text{C}$ ) comparativement au lot témoin ( $41,9 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ).

En travaillant uniquement sous stress thermique, **OLANREWaju** et al., (2010) observent, au 56<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation hautement significative ( $p = 0,0001$ ) de la température rectale ( $41,6^\circ\text{C}$ ) par rapport aux poulets témoins ( $41,1^\circ\text{C}$ ) maintenus sous des températures

normatives. Dans le même ordre d'idées, **De BASILIO** et **PICARD**, (2002) notent des températures rectales de 41,5°C et de 41,8°C respectivement chez des poulets de chair exposés à des températures d'élevage respectives de 22°C et de 32°C. Pour leurs parts, **BEKER** et **TEETER**, (1994) et **YAHAV** et **HURWITZ**, (1996) rapportent que l'augmentation significative de la température corporelle serait en lien direct avec l'augmentation de la température d'élevage (32°C). Enfin, il est utile de souligner que **ZHOU** et **YAMAMOTO**, (1997) et **COOPER** et **WASHBURN**, (1998) indiquent que la température corporelle des poulets de chair exposés à des contraintes thermiques suit une évolution particulière. Celle-ci commence par augmenter les premiers temps d'exposition, puis, elle a tendance à diminuer par la suite.

## **II.2 Rendements en organes**

Afin de comparer les poids de certains organes, il est utile de les exprimer par rapport au poids vif. À cet effet, cette mesure peut être traduite par ce qui est appelé poids relatif ou encore rendement et qui est exprimé en pourcentage %. Dans ce sens, plusieurs études s'intéressent à l'impact du conditionnement thermique précoce sur le rendement en organes, principalement celui du cœur, du foie et du gésier. Toutefois, il est utile de souligner qu'il existe une certaine divergence dans les résultats publiés. À cet effet, **GOEL** et al., (2022) notent que le conditionnement thermique d'œufs de souche Arbor Acres, durant la phase d'incubation, induit de façon non significative ( $p > 0,05$ ), une augmentation du poids relatif du foie ( $2,40 \pm 0,07$  vs  $2,36 \pm 0,12\%$ ) et du cœur ( $0,78 \pm 0,07$  vs  $0,69 \pm 0,04\%$ ) et qui sont simultanées à une diminution du poids relatif du gésier ( $5,03 \pm 0,13$  vs  $5,25 \pm 0,7\%$ ) lorsque les prélèvements sont pratiqués au 21<sup>ème</sup> jour d'âge. De leurs côtés, **RIZK** et al., (2018) observent de façon non significative ( $p > 0,05$ ) que le poids absolue du cœur augmente ( $11,21 \pm 1,19$  vs  $10,29 \pm 0,32$ g) simultanément à une diminution du poids absolue du foie ( $21,21 \pm 1,19$  vs  $22,31 \pm 1,10$ g) chez des coqs conditionnés à jeune âge et prélevés à la 34<sup>ème</sup> semaine de vie. Pour leurs parts, **GOUDA** et al., (2017) conditionnent des poulets de chair de souche Cobb au 5<sup>ème</sup> jour d'âge sous une température moyenne de  $40 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 24h. Par la suite, ils les mènent sous des températures neutres durant 42 jours. À cette date, un coup de chaleur est provoqué ( $41 \pm 1^\circ\text{C}$  durant 1h) et le rendement de certains organes est mesuré. Les résultats révèlent que le conditionnement précoce à la chaleur augmente significativement ( $p < 0,05$ ) le poids relatif du cœur ( $0,35 \pm 0,03$  vs  $0,32 \pm 0,04\%$ ) et du gésier ( $1,25 \pm 0,07$  vs  $1,16 \pm 0,06\%$ ). En revanche, le

poids relatif du foie diminue pour sa part significativement ( $2,10 \pm 0,05$  vs  $2,15 \pm 0,19\%$ ). Dans une autre étude, **ZABOLI** et al., (2017) observent, pour des prélèvements à J42, une diminution très significative ( $p=0,001$ ) du poids relatif du cœur ( $0,45$  vs  $0,48$  vs  $0,54\%$ ) ainsi qu'une diminution en termes de valeurs absolues ( $p>0,05$ ) de la proportion du gésier ( $1,58$  vs  $1,52$  vs  $1,78\%$ ) et celle du foie ( $2,1$  vs  $1,95$  vs  $2,01\%$ ) respectivement chez des poulets de chair conditionnés à la chaleur à J3, à J5 et chez le groupe témoin non conditionné. **SHAMMA** et al., (2014) conduisent des poulets de chair de souche Cobb 500 pendant une semaine sous des températures recommandées par le guide d'élevage de la souche. Au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une partie de l'effectif est conditionné à la chaleur sous des températures comprises entre 40 à 42°C durant 4h (de 11h00 à 15h00). Par la suite, l'ensemble de l'effectif est mené sous stress thermique durant la période estivale (27,5 à 36,5°C et 55 à 78% d'humidité). Pour des prélèvements effectués à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge, ils constatent que le conditionnement thermique induit des diminutions significatives ( $p<0,05$ ) du poids relatif du gésier ( $1,37 \pm 0,08$  vs  $1,58 \pm 0,10\%$ ) et du foie ( $2,15 \pm 0,10$  vs  $2,41 \pm 0,22\%$ ). En revanche, les poids relatifs du cœur sont quasi égaux et s'établissent à  $0,40 \pm 0,01$  vs  $0,41 \pm 0,01\%$  respectivement pour le lot traité et pour le lot témoin. Dans une autre étude, **MOUSS** et al., (2011) conditionnent à la chaleur au 5<sup>ème</sup> et au 7<sup>ème</sup> jour d'âge, des poussins de souche Arbor Acres, puis, ils sont exposés au stress thermique chronique durant le déroulement de l'expérience. Les résultats révèlent, pour des prélèvements pratiqués au 53<sup>ème</sup> jour d'âge, que le conditionnement thermique induit une légère augmentation, non significative ( $p>0,05$ ), du poids relatif du gésier vide ( $1,61 \pm 0,24$  vs  $1,36 \pm 0,21\%$ ) et de la proportion du foie ( $1,81 \pm 0,19$  vs  $1,75 \pm 0,16\%$ ) et qui sont simultanées à une diminution non significative du poids relatif du cœur ( $0,44 \pm 0,08$  vs  $0,46 \pm 0,06\%$ ).

L'impact du stress thermique sur le rendement en organes est mis en relief dans certaines études. À cet effet, certains auteurs rapportent que les contraintes thermiques impactent négativement le poids relatif des organes de poulet de chair. Ceci apparaît dans l'étude de **AL-SULTAN** et al., (2019) qui mènent des poulets de chair de souche Cobb 500 dont une partie de l'effectif est élevée sous une ambiance neutres ( $22 \pm 4^\circ\text{C}$  et  $55 \pm 3\%$  d'humidité) alors que, le groupe expérimental est exposé à un stress thermique continue ( $32 \pm 2^\circ\text{C}$  et  $65\%$  d'humidité). Ces auteurs constatent que l'excès de chaleur se traduit par une diminution significative ( $p<0,05$ ) des poids relatifs du foie, du gésier ainsi que celui du cœur lorsque les prélèvements sont pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les valeurs obtenues s'établissent à  $2,15$  vs  $2,78\%$ , à  $1,35$  vs  $1,73\%$  et à  $0,45$  vs  $0,76\%$  respectivement pour les trois organes. De façon

similaire, **ZEFERINO** et al., (2015) conduisent des poulets de chair mâles et de souche Cobb pendant 28 jours sous des températures recommandées. Par la suite, du 28<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, le lot témoin est gardé à thermoneutralité (24°C) et celui expérimental est exposé en continue à une température moyenne de 32°C. Après abattage des poulets, les résultats révèlent que les contraintes thermiques diminuent, de manière hautement significative ( $p < 0,001$ ), les poids relatif du foie, du gésier ainsi que celui du cœur. Les valeurs s'établissent à 1,81 vs 2,05%, à 1,42 vs 1,48% et à 0,46 vs 0,57% respectivement pour les trois organes étudiés. Dans une autre étude, **OMRAN** et al., (2020) travaillent sur trois souches de poulets de chair, à savoir, la Hubbard, la Cobb et l'Arbor Acres. Le protocole expérimental consiste à élever ces poulets sous des températures normatives qui vont de  $32 \pm 2^\circ\text{C}$  à la réception puis, elles diminuent pour se situer à 24°C et 40 à 60% d'humidité. Simultanément, le groupe expérimental est exposé à un stress thermique cyclique (40°C, 3h par jour pendant la première semaine de vie), par la suite, une deuxième exposition est pratiquée 3h avant l'abattage sous les mêmes conditions. Ces auteurs notent une absence d'effets significatifs de la chaleur ( $p > 0,05$ ) sur les poids absolues du foie, du gésier ainsi que celui du cœur. Toutefois, des tendances à la diminution sont enregistrées et concernent principalement le foie pour les souches Cobb et Arbor Acres, le gésier pour la souche Hubbard ainsi que le cœur pour la souche Cobb. Pour leurs parts, **ABUJAMIEH** et al., (2020) conduisent des poulets de chair de souche Ross 308 sous une ambiance neutre ( $22,6 \pm 1,8^\circ\text{C}$  et  $52 \pm 7\%$  d'humidité) pendant 21 jours. Ensuite, du 22<sup>ème</sup> au 35<sup>ème</sup> jour d'âge, un groupe est exposé à un stress thermique cyclique ( $33,7 \pm 0,6^\circ\text{C}$  et 40,9% d'humidité) durant 4h par jour, de 11h00 à 15h00. Ils constatent que ces conditions stressantes, pour des prélèvements pratiqués au 39<sup>ème</sup> jour d'âge, se traduisent par une diminution significative du poids absolu ( $50,3 \pm 1,3$  vs  $58,2 \pm 2,3\text{g}$ ;  $p = 0,02$ ) et relatif ( $2,21 \pm 0,06$  vs  $2,37 \pm 0,05\%$ ;  $p = 0,05$ ) du foie. En revanche, il est noté aussi une diminution du poids absolu ( $11,5 \pm 0,3$  vs  $12,2 \pm 0,5\text{g}$ ;  $p = 0,61$ ) et du poids relatif ( $0,50 \pm 0,01$  vs  $0,51 \pm 0,01\%$ ;  $p = 0,85$ ) du cœur mais de façon non significative. De leurs côtés, **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019) notent qu'un stress thermique de 8h par jour tend à diminuer, de façon non significative, le poids relatif du foie (2,102 vs 2,187 % ;  $p = 0,1913$ ) lorsque les mesures sont pratiquées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **PAREJA** et al., (2018) réceptionnent des poulets de chair de souche Cobb-vantress et les mènent à thermoneutralité pendant trois semaines. Par la suite, du 21<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, tout en gardant un groupe témoin sous une température moyenne de  $25,1 \pm 0,3^\circ\text{C}$ , l'expérience consiste à soumettre 04 lots à des températures différentes ( $27,4 \pm 0,9$ ;  $30,3 \pm 0,9$ ;  $34,1 \pm 1,1$  et

36,3±1,3°C) qui vont de la température modérée à celle caniculaire et ce, quotidiennement de 7h à 19h. Les résultats de cette expérience révèlent que les poids relatifs du cœur et du gésier ne sont pas impactés ( $p>0,05$ ) par la chaleur. Les valeurs rapportées s'établissent à 0,39 vs 0,46 vs 0,46% et à 1,16 vs 1,13 vs 0,88% respectivement pour les deux paramètres. En revanche, les hautes températures augmentent significativement ( $p<0,05$ ) le poids relatif du foie dont les valeurs rapportées sont 1,87 vs 1,70 vs 1,32%. Il est à souligner que seul 03 valeurs sont rapportées car, pour les deux dernières ambiances, les groupes affichent un taux de mortalité de 100% rendant impossible la communication de résultats. Quant à **OLANREWAJU** et al., (2010), ils rapportent que le poids absolue du cœur diminue très légèrement (0,016 vs 0,017kg ;  $p>0,05$ ) chez des poulets de chair de souche Ross 708 exposés au stress thermique et prélevé au 56<sup>ème</sup> jour d'âge. En revanche, le poids relatif montre une légère augmentation, non significative aussi, avec des taux respectifs de 0,491 vs 0,427%. L'impact de la chaleur paraît moins prononcé sur le rendement en organes dans l'étude de **MARCHINI** et al., (2018). Ces derniers notent que sous de températures neutres, une légère diminution, non significative ( $p>0,05$ ), du poids relatif du gésier et du foie est observée par rapport à des poulets soumis à un stress thermique cyclique (1h/j du 16<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge). Les valeurs rapportées sont de 0,035 vs 0,036 ;  $p=0,113$  et de 0,044 vs 0,051 ;  $p=0,074$  respectivement pour les deux organes. Il est utile de souligner que dans cette étude, les rendements en cœur sont égaux (0,013 vs 0,013 ;  $p=0,143$ ). Dans le même ordre d'idées, **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) observent de leurs côtés que les conditions de stress thermique cyclique n'influent pas significativement ( $p>0,05$ ) sur les poids relatifs des organes internes. Toutefois, il est noté une tendance à la diminution du gésier (1,12 vs 1,19%) ainsi que celui du cœur (0,451 vs 0,461%). En revanche, la proportion du foie tend à augmenter sous stress thermique (2,14 vs 2,08%). Pour leurs parts, **WILLEMSSEN** et al., (2011) constatent que sous des températures moyennes de 32°C, le poids relatif du foie des poulets tend à augmenter (2,39 vs 2,23 ;  $p=0,0636$ ) alors que celui du cœur diminue de façon hautement significative (0,20 vs 0,40% ;  $p<0,0001$ ) et ce, par rapport au groupe témoin mené sous des températures neutres et pour des prélèvements pratiqués à l'âge de 6 semaines. De façon convergente, **SUGIHARTO** et al., (2017) mènent des poulets de chair de souche Lohmann MB 202 pendant 3 semaines où la température d'élevage est de 32±2°C à la réception, puis elle est diminuée pour se situer autour de 28±2°C. Par la suite, une partie de l'effectif est gardé sous les mêmes conditions (lot témoin) alors que, un groupe expérimental est soumis à une température moyenne de 35±2°C jusqu'au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Il est constaté que les conditions

contraignantes impactent ( $p < 0,05$ ) négativement le poids relatif du cœur (0,41 vs 0,58%). Par ailleurs, le poids relatif du foie tend à augmenter et celui du gésier tend à diminuer ( $p > 0,05$ ) et dont les proportions sont respectivement de 2,40 vs 2,27% et de 1,36 vs 1,41%. Il est utile de noter que certains auteurs n'observent aucun effet de la chaleur sur le rendement en organes. En effet, **ATTIA** et al., (2017) remarquent que le fait d'exposer des poulets de chair à des conditions de stress thermique ne provoque aucun changement dans les poids relatifs du foie, du gésier ainsi que celui du cœur. Ils notent des rendements moyens égaux entre le groupe témoin et celui expérimental dont les valeurs s'établissent à  $2,47 \pm 0,38$  ;  $1,71 \pm 0,32$  et à  $0,53 \pm 0,13\%$  respectivement pour les trois organes concernés par l'étude.

Par ailleurs, dans certaines études, il est rapporté que les contraintes thermiques contribuent à une augmentation, parfois même significative, du rendement en organes. À cet effet, **ZMRHAL** et al., (2017) mènent des poulets de chair de souche Cobb 500 selon les recommandations du guide d'élevage de la souche pendant 28 jours. Par la suite, une partie de l'effectif est soumise à une température moyenne de  $27^{\circ}\text{C}$  du 29<sup>ème</sup> au 34<sup>ème</sup> jour d'âge. Les mesures du rendement en organes révèlent que le groupe expérimental montre une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) du poids absolu du cœur ( $12,8 \pm 0,34$  vs  $11,5 \pm 0,27\text{g}$ ) ainsi qu'une augmentation numérique ( $p > 0,05$ ) du poids absolu du foie ( $45,2 \pm 1,03$  vs  $44,4 \pm 1,27\text{g}$ ). Enfin, **UZUM** et **TOPLU**, (2013) testent les effets du stress thermique cyclique associés à la densité d'élevage chez des poulets de chair de souche Ross 308 et de sexe mâle. À cet effet, les poulets sont menés sous des conditions recommandées par le guide d'élevage de la souche pendant 03 semaines. Par la suite, l'ensemble de l'effectif est soumis à un stress thermique ( $33,6^{\circ}\text{C}$ ) durant 8h par jour (de 9h à 17h) et les densités testées sont de 12 et de 18 poulets/m<sup>2</sup>. Pour des mesures effectuées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, ils notent que la densité d'élevage élevée révèle une augmentation hautement significative ( $p < 0,001$ ) du poids relatif du cœur ( $0,66 \pm 0,01$  vs  $0,53 \pm 0,01\%$ ) ainsi qu'une augmentation numérique ( $p > 0,05$ ) du poids relatif du foie ( $2,08 \pm 0,05$  vs  $1,93 \pm 0,05\%$ ). Par ailleurs, les proportions respectives du gésier sont égales ( $1,38 \pm 0,02\%$ ).

### **II.3 Morphométrie digestive**

La morphométrie digestive étudie les poids relatifs et les longueurs de certains compartiments du tube digestif dont le duodénum, le jéjunum et l'iléon. Il est question aussi d'étudier la longueur et la largeur des villosités ainsi que la profondeur des cryptes. Plusieurs

études sont menées dans ce sens chez des poulets de chair et l'évolution des résultats montre certaines dissimilitudes. À cet effet, **GOEL** et al., (2022) conditionnement à la chaleur des œufs de souche Arbor Acres pendant la phase d'incubation à une température de 39,6°C durant 6h/j, du 10<sup>ème</sup> au 18<sup>ème</sup> jour d'incubation. Suite à l'éclosion, l'élevage dure 21 jours sous des températures recommandées par le guide d'élevage de la souche. Les résultats révèlent, au 21<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution non significative ( $p>0,05$ ) du poids relatif de l'intestin ( $4,69\pm 0,23$  vs  $4,74\pm 0,38\%$ ). De leurs côtés, **HAMMOUCHE** et al., (2014) observent que le conditionnement thermique précoce de poussins de souche Arbor Acres, observé au 5<sup>ème</sup> et au 7<sup>ème</sup> jour d'âge, induit une légère diminution non significative ( $p>0,05$ ), des longueurs absolues du duodénum, du jéjunum et de l'iléon. Pour des prélèvements pratiqués au 53<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes rapportées s'établissent à  $25,90\pm 3,79$  vs  $26,59\pm 3,07$ cm ;  $59,08\pm 15,58$  vs  $61,93\pm 6,15$ cm et à  $58,90\pm 8,51$  vs  $65,98\pm 7,01$ cm respectivement pour les trois compartiments. Par ailleurs, selon les mêmes auteurs, le poids relatif des dits organes augmente légèrement et de façon non significative. Les moyennes notées se situent à  $0,38\pm 0,15$  vs  $0,35\pm 0,11\%$  ;  $0,69\pm 0,18$  vs  $0,66\pm 0,10\%$  et à  $0,66\pm 0,13$  vs  $0,57\pm 0,10\%$  respectivement pour les trois compartiments de l'intestin grêle. Dans une autre étude, **SHAMMA** et al., (2014) constatent que le conditionnement thermique à jeune âge induit une augmentation significative ( $p<0,05$ ) de la hauteur des villosités intestinales ( $363,2\pm 4,3$  vs  $355,2\pm 10,6\mu\text{m}$ ) qui est simultanée à une augmentation non significative de la profondeur des cryptes ( $50,1\pm 1,6$  vs  $49,0\pm 1,7\mu\text{m}$ ). En revanche, la largeur des villosités diminue significativement ( $42,4\pm 1,8$  vs  $44,6\pm 1,4\mu\text{m}$ ) chez les poulets conditionnés. Pour leurs parts, **FERNANDES** et al., (2013) acclimatent des poulets de chair mâles de souche Ross durant le première semaine de vie, par la suite, les poulets sont menés sous des conditions de stress thermique (27 à 32°C) du 35<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils observent que le conditionnement thermique précoce des poulets mâles de souche Ross induit une augmentation non significative ( $p>0,05$ ) du poids relatif de l'intestin pour des mesures effectuées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge.

Dans d'autres études qui mesurent le niveau d'influence du stress thermique sur la morphologie de l'intestin, **LAN** et al., (2020) travaillent sur des poulets indigènes chinois dont une partie de l'effectif est mené sous des températures normatives (24°C) et la deuxième partie est soumise à une stress thermique cyclique (34°C) à un rythme de 8h/j, de 10h00 à 18h00. Ils constatent que les hautes températures influent négativement et significativement ( $p<0,05$ ) sur le poids relatif du duodénum ( $4,28$  vs  $6,03$ g/kg), du jéjunum ( $5,69$  vs  $8,62$ g/kg) et

celui de l'iléon (3,86 vs 5,49g/kg). La même tendance de résultats est observée pour les longueurs relatives (15,39 vs 21,95cm/kg) ; (31,94 vs 41,72cm/kg) et (27,61 vs 44,01cm/kg) respectivement pour les mêmes portions. Cette même étude rapporte des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) de la hauteur des villosités ainsi que de la profondeur des cryptes au niveau du duodénum, du jéjunum et de l'iléon. Pour leurs parts, **AWAAD** et al., (2018) rapportent que les conditions de stress thermique impactent négativement et significativement ( $p = 0,0146$ ) la longueur absolue de l'intestin ( $183,83 \pm 2,26$  vs  $189,75 \pm 2,98$ cm) ainsi que son diamètre ( $0,608 \pm 0,023$  vs  $0,725 \pm 0,037$ cm) et de façon très significative ( $p = 0,0010$ ). Ces constatations sont observées chez des poulets de chair de souche Arbor Acres prélevés au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans le même ordre d'idées, **MARCHINI** et al., (2011) notent que les conditions de stress thermique cyclique, pour des prélèvements effectués à J42, induisent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) du poids absolu de l'intestin (1045,98 vs 1093,84g) et qui est simultanée à une diminution de la longueur (139,46 vs 154,94cm). Dans cette même étude, les résultats révèlent aussi que la chaleur provoque des diminutions non significatives de la hauteur des villosités intestinales dont les valeurs s'établissent à 1635,70 vs 1807,82 $\mu$ m ; à 986,07 vs 1009,27 $\mu$ m et à 692,81 vs 731,69 $\mu$ m respectivement pour le duodénum, le jéjunum et l'iléon. Il en est de même pour la profondeur des cryptes qui affiche 191,20 vs 192,99 $\mu$ m ; 130,72 vs 132,87 $\mu$ m et 134,73 vs 144,64 $\mu$ m respectivement pour les trois compartiments. De leurs côtés, **GARRIGA** et al., (2005) observent une réduction du poids (-27%) et de la longueur (-4%) du jéjunum chez des poulets de chair âgés de 2 semaines et menés sous contraintes thermiques par rapport au lot témoin. Ces mêmes auteurs constatent aussi des diminutions respectives de -1 et de -13% de la longueur des villosités du jéjunum proximal et distal. Dans des études précédentes, **BONNET**, (1995) signale des dépréciations significatives ( $p < 0,05$ ) des poids absolues des différentes fractions du tube digestif chez des poulets de chair mâles âgés entre 4 et 6 semaines et menés sous stress thermique (32°C) et sous des températures recommandées (22°C). Les valeurs rapportées s'établissent à  $10,0 \pm 0,6$  vs  $15,6 \pm 0,8$ g ;  $13,2 \pm 0,7$  vs  $23,1 \pm 1,0$ g et à  $12,1 \pm 0,5$  vs  $20,3 \pm 0,6$ g respectivement pour le duodénum, le jéjunum et l'iléon. En termes de proportions, ces différences sont de l'ordre de -56 ; -75 et -68% respectivement pour les trois compartiments. Selon le même auteur, les longueurs des différentes fractions du tube digestif sont elles aussi impactées négativement par les hautes températures ; elles s'établissent à  $30,1 \pm 0,9$  vs  $35,5 \pm 0,8$ cm ;  $64,4 \pm 1,4$  vs  $67,2 \pm 1,7$ cm ;  $71,3 \pm 0,9$  vs  $79,9 \pm 1,9$ cm et à  $33,7 \pm 1,0$  vs  $39,7 \pm 1,4$ cm respectivement pour le duodénum, le jéjunum, l'iléon et les cæcums. Ces résultats vont dans le même sens que ceux

de **MITCHELL** et **CARLISLE**, (1992) qui relèvent que lorsque les poulets sont soumis à des températures d'élevage défavorables, le poids sec (g) du jéjunum est réduit à l'âge de 2 semaines. Cette dégradation se traduit par une diminution de -19% de la taille des villosités. Enfin, **SUZUKI** et al., (1983) observent que les situations de stress thermique en aviculture induisent des réductions significatives, tant sur le poids que sur la longueur de l'intestin grêle. Dans cette étude, la masse de l'intestin est réduite de -31% après une exposition des poulets de chair pendant 5 semaines d'âge à des contraintes thermiques.

## **Conclusion**

À la lumière de cette synthèse bibliographique, il ressort que les manipulations thermiques précoces contribueraient à une meilleure adaptation des oiseaux à la chaleur. Ceci est observé sur les performances zootechniques qui laissent apparaître une augmentation de la consommation alimentaire qui favorise une meilleure prise de poids, et par voies de conséquences, une amélioration du gain de poids vif qui contribue à son tour à la diminution de l'indice de consommation. Le taux de mortalité est lui aussi meilleur chez les poulets conditionnés et pourrait témoigner d'une meilleure tolérance des poulets de chair à la chaleur. Ces constatations peuvent être mises en liaison avec la température centrale qui montre des diminutions suite au conditionnement thermique dans la plupart des études. Les rendements en organes internes et la morphométrie digestive montrent, relativement, des améliorations chez les poulets conditionnés. Par ailleurs, lorsque les travaux s'intéressent uniquement aux retombées du stress thermique, des dépréciations quasi systématiques sont rapportées tant sur les performances zootechniques que sur les mesures biologiques. Devant toutes ces données, il paraît utile d'approfondir les recherches et de se pencher sur les retombées des manipulations thermiques précoces ou encore du stress thermique sur le profil sanguin des poulets de chair.

## Chapitre II

### Influence du pré conditionnement thermique sur les marqueurs sanguins des oiseaux

#### Introduction

L'influence des manipulations thermiques, âge précoce ou encore pendant la phase embryonnaire est explorée dans plusieurs travaux et selon différents protocoles expérimentaux. La recherche s'oriente vers l'étude de l'évolution des certains marqueurs qui concernent les paramètres hématologiques, biochimiques ou encore hormonaux. Les résultats rapportés révèlent certaines divergences qui indiquent que les traitements thermiques sont soit en faveur d'une amélioration, causent des dégradations ou encore, n'ont aucun effets sur lesdits paramètres sanguins.

#### I. Influence du pré conditionnement thermique sur l'hémogramme

Plusieurs études se penchent sur l'influence du pré conditionnement thermique sur l'hémogramme des oiseaux ; celui-ci met en relief les taux circulants de globules blancs et leurs constituants ; les hétérophiles (H), les lymphocytes (L) et le rapport entre ces deux derniers (H/L). Les taux circulants des globules rouges et leurs composants ; le volume globulaire moyen (MCV), la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCH) ainsi que la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCHC) sont mis en évidence. Enfin, les niveaux sériques d'hémoglobine et d'hématocrite sont mis en valeur. À cet effet, **FOLARIN** et al., (2021) conditionnent à la chaleur des poulets de chair de souche Cobb 500 et Ross 308 au 6<sup>ème</sup> jour d'âge ( $40\pm 1^\circ\text{C}$  pendant 3h). Par la suite, ils exposent les poulets à un choc thermique au 10<sup>ème</sup> jour d'âge ( $40\pm 1^\circ\text{C}$  pendant 15min) et pratiquent des analyses hématologiques. Les résultats obtenus indiquent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de l'hématocrite chez la souche Cobb 500 ( $37,20\pm 2,48$  vs  $25,40\pm 2,33\%$ ) qui est simultanée à une diminution non significative ( $p > 0,05$ ) chez la souche Ross 308 ( $25,40\pm 2,33$  vs  $26,00\pm 2,58\%$ ). La même tendance est observée pour l'hémoglobine avec des moyennes qui s'établissent à  $12,43\pm 0,716$  vs  $8,48\pm 0,806\text{g/dl}$  et à  $8,48\pm 0,806$  vs  $8,68\pm 0,806\text{g/dl}$  respectivement pour les deux souches. Cette évolution est même retrouvée pour les taux circulants de globules rouges qui affichent des moyennes respectives de  $2,78\pm 0,223$  vs  $1,92\pm 0,223\%$  et de  $1,92\pm 0,223$  vs  $1,96\pm 0,223\%$ . Dans le même ordre d'idées, **AL-RUKIBAT** et al., (2017) travaillent sur des œufs de souche Hubbard, le groupe témoin est incubé à une température de  $37,8^\circ\text{C}$  et sous

56% d'humidité, les deux groupes expérimentaux sont quant eux conditionnés respectivement à 38,5°C et à 40,0°C et sous 65% d'humidité pendant 6h à J16, 9h à J17 et 12h à J18. Suite à l'éclosion, les poussins sont menés sous stress thermique. Afin de tester l'acquisition d'une éventuelle thermotolérance, les oiseaux subissent un choc thermique à J14 et à J28 sous une température moyenne de 41°C pendant 6h. Les analyses sanguines révèlent, pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de l'hématocrite sérique chez le premier groupe conditionné ( $40,0 \pm 1,07\%$ ) alors que le groupe témoin et le deuxième groupe expérimental affichent des taux égaux ( $38,0 \pm 2,06$  vs  $38,0 \pm 0,04\%$ ). Dans une autre étude, **GOUDA** et al., (2017) constatent que le fait de conditionner des poulets de chair de souche Cobb à la chaleur, au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, induit des augmentations significatives ( $p < 0,05$ ) de l'hémoglobine ( $11,47 \pm 0,56$  vs  $10,93 \pm 0,46$ g/100ml), de l'hématocrite ( $31,60 \pm 1,09$  vs  $29,90 \pm 0,90\%$ ) ainsi que la concentration sérique en globules rouges ( $3,62 \pm 0,10$  vs  $3,30 \pm 0,27(10^6/\text{mm}^3)$ ) lorsque les prélèvements sont pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge.

D'autres auteurs s'intéressent à l'impact du stress thermique sur l'hémogramme des poulets de chair. À cet effet, **SHAKERI** et al., (2019) notent que le stress thermique cyclique diminue très significativement ( $p < 0,01$ ) les taux circulants d'hémoglobine et d'hématocrite chez des poulets de chair de souche Ross 308. Les valeurs s'établissent respectivement à 6,38 vs 6,93g/dl et à 18,8 vs 21,5% lorsque les mesures sont pratiquées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. D'une manière comparable, l'étude de **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) consiste à soumettre des poulets de chair de souche Ross 308, de sexe mâle, du 28<sup>ème</sup> au 49<sup>ème</sup> jour d'âge, à des conditions défavorables ( $36 \pm 3^\circ\text{C}$  et 40-60% d'humidité) et à des conditions neutres ( $28 \pm 4^\circ\text{C}$  et 40-60% d'humidité). Ils constatent que le stress thermique diminue significativement ( $p < 0,05$ ) les taux circulants d'hémoglobine, d'hématocrite ainsi que ceux des globules rouges pour des mesures pratiquées au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. Les moyennes rapportées affichent respectivement 10,8 vs 11,1g/dl ; 31,9 vs 33,1% et 1,45 vs 1,54 ( $10^6/\mu\text{l}$ ). Les mêmes auteurs notent en revanche un effet inverse pour les globules blancs qui montrent une augmentation sous stress thermique où les valeurs affichent 25,0 vs 23,9( $10^3/\mu\text{l}$ ). Pour leurs parts, **SHADDEL-TILI** et al., (2016) étudient les effets de trois températures d'élevage différentes, l'une neutre, la deuxième stressante et la troisième stressante avec des coups de chaleur à répétitions sur le taux d'hématocrite chez des poulets de chair de souche Ross 308. Ils constatent, au 49<sup>ème</sup> jour d'âge, que le taux d'hématocrite est élevé en termes de valeurs absolues ( $p > 0,05$ ) chez le premier groupe expérimental par rapport au deuxième groupe et au groupe témoin (33,87 ;

33,37 et 33,25%). La même tendance est observée pour les globules blancs (28,76 ; 26,76 et 26,77( $10^3/\mu\text{l}$ )). En revanche, pour les globules rouges, c'est le deuxième groupe expérimental qui affiche le plus haut niveau (2,56 ; 2,14 ; 2,37( $10^6/\mu\text{l}$ )). Dans une autre étude, **HASSAN** et **GOPAL REDDY**, (2012) relèvent que les contraintes thermiques ( $33\pm 2^\circ\text{C}$ ) engendrent des diminutions significatives ( $p<0,05$ ) des taux circulants d'hémoglobine, d'hématocrite ainsi que de globules rouges chez des poulets de chair lorsque les mesures sont pratiquées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les moyennes s'établissent respectivement à  $8,86\pm 0,57$  vs  $11,10\pm 0,37$ g/dl,  $24,33\pm 2,03$  vs  $28,33\pm 0,33\%$  et à  $2,96\pm 0,32$  vs  $3,77\pm 0,65$  ( $10^6/\mu\text{l}$ ). Pour leurs parts, **IMIK** et al., (2013) rapportent que les conditions de stress thermique cyclique appliquées à des poulets de chair de souche Ross 308, induisent un effet négatif et significatif sur le taux circulant d'hémoglobine. Lorsque les prélèvements sont effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les valeurs rapportées s'établissent à 104,1 vs 121,1g/l.

Concernant les constituants des globules rouges et blancs, **FOLARIN** et al., (2021) rapportent que le conditionnement thermique précoce des poulets de chair de souche Cobb 500 induit des augmentations non significatives ( $p>0,05$ ) de la MCV ( $13,39\pm 0,335$  vs  $12,99\pm 0,345$ ) et de la MCH ( $4,44\pm 0,133$  vs  $4,35\pm 0,133$ ), tandis que, la MCHC diminue significativement ( $0,332\pm 0,11$  vs  $0,34\pm 0,03$  ;  $p<0,05$ ). Dans cette même étude et chez des poulets de chair de souche Ross 308, la MCV diminue ( $12,99\pm 0,345$  vs  $13,14\pm 0,433$ ), la MCH ( $4,35\pm 0,133$  vs  $4,4\pm 0,061$ ) diminue aussi alors que la MCHC est inchangé ( $0,34\pm 0,03$  vs  $0,34\pm 0,03$ ). Il est utile de souligner que ces dernières observations sont statistiquement non significatives. Pour leurs parts, **GOUDA** et al., (2017) notent que le traitement thermique précoce révèle des différences non significatives ( $p>0,05$ ) qui concernent une augmentation de la MCH ( $33,10\pm 1,27$  vs  $31,77\pm 2,32$ pg/dl) qui est simultanée à une diminution de la MCV ( $87,47\pm 1,77$  vs  $90,56\pm 5,57\mu\text{m}^3$ ) et de la MCHC ( $36,32\pm 1,05$  vs  $36,54\pm 1,43\%$ ). **MARCHINI** et al., (2018) observent, après 42 jours d'élevage, que les contraintes thermiques provoquent des diminutions significatives ( $p<0,05$ ) de la MCV (75,6 vs 98fl) et de la MCH (30,2 vs 36,4pg). La MCHC est pour sa part augmentée (38,2 vs 36,6%) mais de façon non significative. Ces derniers résultats s'accordent parfaitement avec les travaux de **PANIGRAHY** et al., (2017) qui étudient les effets de la saison (estivale et hivernale) sur les niveaux sériques de MCV, MCH ainsi que celui de la MCHC chez des poulets de chair dont le sang est prélevé au 56<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils constatent que les conditions estivales, sensées représenter un stress thermique, diminuent significativement ( $p<0,05$ ) le niveau de MCV et de MCH pour les deux sexes. Les moyennes rapportées s'établissent à  $114,31\pm 6,8$  vs  $135,54\pm 4,89$ fl/cell et à  $118,54\pm 6,31$  vs

142,54±5,41fl/cell pour la MCV et à 39,87±0,98 vs 46,17±1,36pg/cell et à 45,89±0,65 vs 53,32±1,19pg/cell pour la MCH respectivement pour les mâles et les femelles. Par ailleurs, les mêmes auteurs notent des augmentations de la MCHC, mais en termes de valeurs absolues ( $p>0,05$ ), pendant la saison estivale. Les valeurs se situent à 36,53±0,51 vs 35,61±0,65% pour les mâles et à 36,98±0,73 vs 36,03±0,98% pour les femelles. Dans une autre étude, **AL-SULTAN** et al., (2019) observent que les contraintes thermiques révèlent au 42<sup>ème</sup> jour d'âge et de façon significative ( $p<0,05$ ), une augmentation des hétérophiles (28,9 vs 21,51%) et une diminution des lymphocytes (71,34 vs 77,23%). Selon les mêmes auteurs, ces résultats se répercutent aussi sur le rapport H/L qui est à son tour augmenté (0,28 vs 0,41). Pour leurs parts, **OLFATI** et al., (2018) soumettent des poulets de chair à des températures froides, neutres et chaudes. Pendant cet essai, qui se déroule du 22<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, l'hygrométrie relative est de 54,4±5,5% pour les trois groupes testés. Ils observent que le stress thermique induit, par rapport à la thermoneutralité, une augmentation significative ( $p<0,05$ ) des hétérophiles (28,66±3,02 vs 19,44±1,71%), une diminution des lymphocytes (56,88±2,94 vs 73,33±2,11%) et une augmentation du rapport H/L (0,50±0,05 vs 0,26±0,02). Les mêmes auteurs constatent aussi que les températures froides et chaudes affichent des valeurs qui se rapprochent pour les trois paramètres étudiés comparativement au lot mené sous des températures neutres. Ces résultats confortent ceux de **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) qui observent que le stress thermique agit négativement sur les hétérophiles (28,6 vs 29,0%) et augmente les lymphocytes (43,9 vs 43,3%). La tendance de ces résultats est également observée par **CAMPO** et al., (2008) ; **PRIETO** et **CAMPO**, (2010) ; **DENG** et al., (2012) et **FELVER-GANT** et al., (2012) qui rapportent que le stress thermique augmente les taux sériques d'hétérophiles et du rapport H/L. Enfin, **YALÇIN** et al., (2003) et **NIU** et al., (2009b) notent que le stress thermique perturbe les composants des globules blancs comparativement à la neutralité. Cette situation se traduit par une augmentation des hétérophiles et du rapport H/L, en revanche, les lymphocytes sont réduits pour leurs parts. Les mêmes auteurs rajoutent que sous hautes températures, le poids relatif des organes lymphoïdes est diminué chez les oiseaux.

## II. Influence du pré conditionnement thermique sur les marqueurs biochimiques

### II.1 Niveau de glucose

L'incidence du pré conditionnement thermique sur la glycémie des poulets de chair est mise en relief dans plusieurs études. À cet effet, **EZZAT** et al., (2017) notent une hypoglycémie significative ( $p < 0,05$ ) au 42<sup>ème</sup> jour d'âge ( $133,16 \pm 2,83$  vs  $169,46 \pm 7,87$  mg/dl) chez des poulets de chair de souche Hubbard conditionnés à J3 et menés sous stress thermique chronique. Dans le même ordre d'idées, **ZABOLI** et al., (2017) observent une hypoglycémie non significative chez des poulets de chair mâle, de souche Ross 308, et conditionnés à la chaleur à J3 et à J5. Les résultats observés s'établissent à  $136,73$  vs  $136,31$  vs  $138,26$  mg/dl respectivement pour les deux lots traités et pour le lot témoin lorsque les prélèvements sont pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. De façon contraire, **RIZK** et al., (2018) travaillent sur des coqs reproducteurs dont une partie est conditionné à la chaleur ( $41 \pm 1^\circ\text{C}$ ) à un âge précoce durant 4h par jour (de 12h00 à 16h00) à partir du 3<sup>ème</sup> jour d'âge et pendant 3 jours consécutifs. Par la suite, les coqs subissent les variations naturelles des conditions climatiques du mois de Décembre au mois d'Août où les températures oscillent de  $18,4$  à  $36,2^\circ\text{C}$ . Les prélèvements sanguins réalisés à la 34<sup>ème</sup> semaine d'âge révèlent une augmentation non significative ( $p > 0,05$ ) de la glycémie ( $187,33 \pm 1,695$  vs  $186,46 \pm 2,062$  mg/dl). Pour leurs parts, **TANIZAWA** et al., (2014) constatent une hyperglycémie ( $364,03 \pm 66,08$  vs  $328,66 \pm 43,32$  mg/dl) non significative ( $p > 0,05$ ) chez des poulets de chair conditionnés à la chaleur à jeune âge (J6) et pour des prélèvements réalisés au 10<sup>ème</sup> jour d'âge.

En travaillant sous des conditions de stress thermique, **CHAND** et al., (2018) étudient les effets des températures neutres ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ) et chaudes (comprises entre  $28,87 \pm 0,43$  et  $36,43 \pm 0,12^\circ\text{C}$ ), sous des hygrométries relatives moyennes de  $65 \pm 5\%$  à partir du 15<sup>ème</sup> jour d'âge chez quatre souches de poulets de chair à croissance rapide, à savoir, la Ross, la Hubbard, la Cobb et l'Arbor Acres. Ils notent que les contraintes thermiques s'accompagnent d'une augmentation hautement significative ( $p = 0,0001$ ) de la glycémie respectivement lorsque celle-ci est mesurée au 21<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Au premier prélèvement, respectivement pour les quatre souches, les moyennes sont de  $257,5 \pm 3,94$  vs  $243,5 \pm 3,88$  mg/100ml ;  $265,00 \pm 7,44$  vs  $228,00 \pm 1,95$  mg/100ml ;  $267,5 \pm 4,85$  vs  $224,00 \pm 2,85$  mg/100ml et de  $247,5 \pm 5,33$  vs  $235,75 \pm 1,79$  mg/100ml). Au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes s'établissent à  $269,25 \pm 3,11$  vs  $264,75 \pm 6,95$  mg/100ml ;  $289,25 \pm 3,52$  vs

243,20±5,18mg/100ml ; 290,25±2,62 vs 241,7±14,59mg/100ml et à 273,25±1,65 vs 263,00±5,82mg/100ml respectivement pour les quatre souches étudiées. De façon analogue, **SHEIKH** et al., (2017) remarquent que les hautes températures (37±5°C) provoquent une hyperglycémie significative chez les poulets de chair comparativement à des conditions neutres (26±1°C). Cette situation est constatée aux différents jours de prélèvements, à savoir, 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> jours d'âge. Les valeurs se situent respectivement à 266,5±11,6 vs 243,1±10,8mg/dl ; 252,51±7,78 vs 223,50±7,74mg/dl et à 238,83±7,55 vs 182,02±9,33mg/dl. Pour leurs parts, **ATTOU**, (2014) étudie l'effet des températures caniculaires (37°C) sur le niveau de glucose sanguin. Il constate une dépréciation progressive et statistiquement significative ( $p<0,05$ ) dans les deux premières phases d'élevage comparativement au lot mené à thermoneutralité. Cette tendance s'inverse totalement en phase de finition (40<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jour d'âge), une augmentation spectaculaire de la glycémie est observée à J40 où les valeurs s'établissent à 2,753±0,165 vs 2,362±0,061g/l. Ces résultats confirment ceux de **XIE** et al., (2015) qui rapportent que la glycémie augmente significativement chez les poulets de chair soumis à un stress thermique aigu. En revanche, selon le même auteur, le stress thermique chronique ne fait pas apparaître cet effet sur le niveau de glucose sanguin. Une augmentation du taux circulant de glucose sous une température relativement élevée (26,7°C) par rapport à 21,1°C est observée par **OLANREWaju** et al., (2010) sur des poulets de chair Ross 708. Pour des prélèvements pratiqués au 21<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est en termes de valeurs absolues. En revanche, l'augmentation devient significative ( $p<0,05$ ) au 42<sup>ème</sup> jour d'âge (270,9 vs 236,1mg/dl) et au 56<sup>ème</sup> jour (285,3 vs 257,5mg/dl). Les mêmes auteurs notent aussi, pour ces deux derniers prélèvements, aucun impact de la température froide (15,6°C) sur la glycémie par rapport au lot témoin. Il en est de même pour **RASHIDI** et al., (2010) qui notent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, que les conditions de stress thermique provoquent une augmentation significative ( $p<0,05$ ) de la glycémie dont les valeurs s'établissent à 0,4 vs 0,25mg/dl.

Pour certains auteurs, la glycémie observée chez les poulets de chair ne paraît pas affectée par les contraintes thermiques. Il est même rapporté des diminutions significatives de ce paramètre dans certaines études. À cet effet, **SHAKERI** et al., (2019) observent des niveaux de glycémie quasi similaire chez des poulets de chair de souche Ross 308 pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour le lot témoin et pour le lot expérimental (soumis à un stress thermique cyclique), les valeurs rapportées se situent respectivement à (15,6 vs 15,2mmol/l). Dans le même sens, **BUENO**, (2017) travail sur l'effet du stress

thermique cyclique sur la souche Cobb Avian 48 TM et étudient l'impact de l'interaction ambiance-âge. L'expérimentation consiste à soumettre une partie de l'effectif à une température moyenne de 36°C pendant 1h par jour, du 16<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les mêmes auteurs constatent que la glycémie n'est pas affectée dans cette étude. Ces résultats confortent ceux de **IMIK** et al., (2013) qui rapportent que le stress thermique cyclique n'affecte pas la glycémie chez des poulets de chair de souche Ross 308 dont le sang est prélevé au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les niveaux de glucose dans cette étude sont de 12,25 vs 12,27mmol/l respectivement pour le lot mené à thermoneutralité et celui stressé par la chaleur. Il en est de même pour **LAGANA** et al., (2007) qui rapportent que le stress thermique, lorsqu'il est cyclique, n'affecte pas la glycémie chez le poulet de chair. De façon contraire, **PANIGRAHY** et al., (2017) observent que les conditions estivales diminuent significativement ( $p < 0,05$ ) la glycémie chez des poulets de chair mâles ( $186,34 \pm 7,39$  vs  $210,36 \pm 8,35$ mg/dl) et femelles ( $156,67 \pm 4,89$  vs  $179,89 \pm 5,67$ mg/dl) lorsque les prélèvements sont effectués au 56<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **SKOMORUCHA** et al., (2017) observent, chez des poulets de chair soumis à des températures neutres et chaudes une perturbation de la glycémie selon les phases de croissance. En effet, au 24<sup>ème</sup> jour d'âge, les contraintes thermiques révèlent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de la glycémie (13,05 vs 11,64mmol/l). Cette tendance s'inverse complètement, et de façon significative, aux jours 27, 31, 36 et 41 de l'expérimentation. Pour ces âges de prélèvements respectifs, les valeurs rapportées sont de 13,66 vs 15,63mmol/l ; 13,92 vs 15,62mmol/l ; 12,88 vs 14,33mmol/l et de 13,79 vs 14,29mmol/l. Par ailleurs, il est utile de souligner que certains auteurs rapportent une augmentation de la glycémie avec l'âge. En effet, **YALCIN** et al., (2004) constatent que chez des poulets de chair menés sous des températures comprises entre 19 et 20°C, la glycémie tend à augmenter à partir du 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Toutefois, il est quand même observé que sous stress thermique (26,2 à 32,8°C), le niveau de glucose demeure élevé, les valeurs sont de 2,46 vs 2,19mg/ml au 49<sup>ème</sup> jour d'âge et de 2,41 vs 2,35mg/ml au 56<sup>ème</sup> jour. Les mêmes auteurs suggèrent que l'effet de chaleur deviendrait perceptible sur la glycémie qu'à partir d'une certaine limite, dans un intervalle compris entre 28 et 30°C. Ceci conforte les observations de **BUYSE** et al., (2001) qui n'observent pas de différence significative de la glycémie chez des poulets menés dans une plage de température comprise entre 20 et 28°C. Enfin, en étudiant d'autres facteurs stressants, **SKOMORUCHA** et al., (2011) notent une augmentation de la glycémie chez des poulets de chair de souche Cobb 500. Celle-ci est observée au 21<sup>ème</sup> jour d'âge chez les animaux élevés en batteries par rapport à ceux élevés sur litière.

## II.2 Cholestérolémie et triglycéridémie

Chez les mammifères et les oiseaux, les concentrations sériques de cholestérol et de triglycérides constituent des indicateurs du bilan lipidique. En effet, plusieurs études mettent en relief l'évolution de ces deux paramètres et sont parfois utilisés comme biomarqueurs de stress, notamment thermique, dans le domaine de l'élevage en générale. Toutefois, il est utile de souligner qu'il existe une certaine disparité dans les résultats et qui serait attribuée entre autre aux différents schémas expérimentaux. À cet effet, les travaux de **RIZK** et al., (2018) consistent à conditionner des coqs reproducteurs à de hautes températures à jeune âge (J3 à J6). Ils remarquent que la cholestérolémie montre une diminution non significative ( $p > 0,05$ ) chez les coqs traités ( $177,76 \pm 2,445$  vs  $190,16 \pm 2,696$  mg/dl) lorsqu'elle est mesurée à l'âge de 34 semaines. Pour leurs parts, **EZZAT** et al., (2017) constatent qu'un conditionnement thermique précoce (J3) de poussins de souche Hubbard induit des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) des niveaux sériques de cholestérol ( $170,49 \pm 3,63$  vs  $203,34 \pm 4,07$  mg/dl) et de triglycérides ( $151,42 \pm 8,78$  vs  $168,06 \pm 6,08$  mg/dl) lorsque les poulets sont menés sous stress thermique ( $33^{\circ}\text{C}$ ) et prélevés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. De leurs côtés, **ZABOLI** et al., (2017) notent que le conditionnement thermique à âge précoce (J3) et (J5) induit une diminution non significative ( $p < 0,05$ ) de la cholestérolémie ( $187,54$  vs  $189,5$  vs  $205,62$  mg/dl) qui est simultanée à une augmentation de la triglycéridémie ( $174,42$  vs  $178,2$  vs  $89,19$  mg/dl) au 42<sup>ème</sup> jour d'âge respectivement pour les lots conditionnés et pour le lot témoin.

Dans d'autres études, il est rapporté les incidences du stress thermique sur les niveaux de cholestérol et de triglycérides. À cet effet, **CHAND** et al., (2018) notent que les températures élevées induisent des augmentations systématiques des taux circulants de cholestérol et de triglycérides en les étudiants sur quatre souches de poulets de chair à croissance rapide (Ross, Hubbard, Cobb et Arbor Acres). Pour le cholestérol, les augmentations sont hautement significatives ( $p = 0001$ ) au 21<sup>ème</sup> jour d'âge et affichent  $137,5 \pm 2,78$  vs  $127 \pm 3,48$  mg/dl ;  $149,75 \pm 2,05$  vs  $118,25 \pm 3,25$  mg/dl ;  $146,50 \pm 2,25$  vs  $124 \pm 1,95$  mg/dl et  $139,5 \pm 3,86$  vs  $128,25 \pm 3,06$  mg/dl respectivement pour les quatre souches. Au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes rapportées sont de  $170,7 \pm 4,13$  vs  $161,5 \pm 2,10$  mg/dl ;  $182,2 \pm 3,96$  vs  $143 \pm 3,89$  mg/dl ;  $186 \pm 2,48$  vs  $148,7 \pm 3,30$  mg/dl et de  $165,5 \pm 1,70$  vs  $162,5 \pm 5,97$  mg/dl respectivement pour les quatre souches. En ce qui concerne les niveaux de triglycérides, les augmentations sont significatives ( $p = 0,04$ ) au 21<sup>ème</sup> jour et s'établissent à  $136,25 \pm 1,47$  vs  $127 \pm 3,17$  mg/dl ;  $138,7 \pm 1,10$  vs  $120,5 \pm 1,49$  mg/dl ;  $144 \pm 2,79$  vs  $122,25 \pm 2,71$  mg/dl et à  $138,7 \pm 1,31$  vs  $130,2 \pm 2,42$  mg/dl. Pour

le second prélèvement, l'hypertiglycémie est très significative ( $p=0,001$ ) dont les moyennes se situent à  $131,25\pm 1,88$  vs  $124\pm 1,58$ mg/dl ;  $155,25\pm 4,34$  vs  $118\pm 2,27$ mg/dl ;  $158,5\pm 1,19$  vs  $120,5\pm 1,93$ mg/dl et à  $145,5\pm 7,58$  vs  $129\pm 9,30$ mg/dl respectivement pour les quatre souches. Ces derniers résultats s'accordent avec les travaux de **BUENO**, (2017) qui évalue sur les effets du stress thermique cyclique chez des poulets de chair de souche Cobb Avian 48 TM. Il constate que ce schéma expérimental aboutit à une hypercholestérolémie ainsi qu'une hypertriglycémie significatives ( $p<0,05$ ). Les moyennes relevées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge sont de  $136,9$  vs  $119,2$ mg/dl et de  $33,7$  vs  $32,6$ mg/dl respectivement. Pour leurs parts, **ATTIA** et al., (2017) mesurent l'impact du stress thermique sur les concentrations de cholestérol chez des poulets de chair de souche Cobb 500. Ils constatent que les hautes températures provoquent une hypercholestérolémie significative ( $p<0,05$ ) estimée à +11,2%. En effet, chez le lot mené à thermoneutralité ( $25\pm 3^{\circ}\text{C}$  et une humidité relative de 55%), la concentration moyenne de cholestérol sérique s'établit à  $178\pm 4,40$ mg/dl lorsqu'elle est mesurée au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. En revanche, le deuxième lot est exposé à une température moyenne de  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  et sous une hygrométrie comprise entre 75 et 80% et ce, trois jours consécutifs par semaine (7h par jour, de 10h00 à 17h00 du 1<sup>er</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge). Chez ce groupe, le niveau de cholestérol s'établit à  $198\pm 4,40$ mg/dl. Ces dernières constatations confortent les travaux antérieurs d'**EL SEBAI**, (2000) et **ALLEN** et **FETTERER**, (2002) qui notent que sous stress thermique, une des réponses des poulets de chair consiste en l'augmentation des niveaux de cholestérol sérique. Par ailleurs, dans une étude menée par **SHADDEL-TILI** et al., (2016) et qui consiste à étudier les effets de trois températures d'élevage différentes sur la triglycémie des poulets de chair de souche Ross 308. Lesdits poulets sont divisés en trois lots, le premier est mené selon les recommandations du guide d'élevage de la souche, le deuxième et le troisième groupe sont menés sous une température moyenne de  $32\pm 1^{\circ}\text{C}$  et le troisième groupe subit en plus des chocs thermiques à répétitions. Il est constaté que plus la chaleur est accumulée et plus la triglycémie augmente en termes de valeurs absolues ( $p>0,05$ ) où les valeurs s'établissent respectivement à 78,75 ; 81,25 et 81,37mg/dl lorsque les prélèvements sont effectués au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. De leurs côtés, **RASHIDI** et al., (2010) observent des augmentations significatives ( $p<0,05$ ) des niveaux sériques de cholestérol et de triglycérides causées par les hautes températures. En effet, en travaillant sur des poulets de chair de souche Arbor Acres, de sexe femelle, dont une partie est menée à thermoneutralité ( $21^{\circ}\text{C}$ ) et le lot expérimental est soumis à une température moyenne de  $35^{\circ}\text{C}$ . En fin d'élevage, soit au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les niveaux de cholestérol affichent  $133$  vs

101mg/dl et ceux des triglycérides 63,3 vs 46,57mg/dl. Dans une autre étude, **AL-SULTAN** et al., (2019) observent que les conditions de stress thermique induisent une hypercholestérolémie (174,92 vs 126,83mg/dl) très significative ( $p < 0,01$ ) qui est simultanée à une diminution très significative de la triglycéridémie (94,92 vs 99,17mg/dl) lorsque les prélèvements sont réalisés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. De façon analogue, **AWAAD** et al., (2018) mènent des poulets de chair de souche Arbor Acres Plus, de sexe mâle, sous une température moyenne de 22°C pendant 28 jours. Ensuite, une partie de l'effectif est soumise à un stress thermique cyclique (34 à 35°C durant 8h par jour) jusqu'au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Durant l'expérimentation, l'humidité relative moyenne rapportée est de 50%. Les résultats révèlent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) du cholestérol sanguin ( $206,68 \pm 21,17$  vs  $178,68 \pm 14,11$ ml/dl) et une diminution numérique ( $p > 0,05$ ) des triglycérides ( $194,15 \pm 18,93$  vs  $231,99 \pm 12,01$ ml/dl) induite par la chaleur pour des prélèvements effectués au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **IMIK** et al., (2013) notent que sous stress thermique cyclique, la cholestérolémie diminue de façon non significative (3,27 vs 3,48mmol/l) et qui est simultanée à une augmentation non significative ( $p > 0,05$ ) de la triglycéridémie (977,5 vs 712,0mg/l) chez des poulets de chair de souche Ross 308 prélevés à J42. **OLANREWaju** et al., (2010) observent que les conditions de stress thermique induisent une augmentation hautement significative ( $p = 0,0001$ ) de la cholestérolémie (166,4 vs 126,4mg/dl) et qui est simultanée à une diminution non significative ( $p > 0,05$ ) de la triglycéridémie (97,9 vs 100,3mg/dl) pour des prélèvements pratiqués au 56<sup>ème</sup> jour d'âge sur des poulets de chair de souche Ross 708. Contrairement à la chaleur, **BALHOVA** et al., (2007) n'observent aucun effet significatif du froid (4 à 13°C) sur la triglycéridémie chez des poulets de chair de souche Ross 308, chez les deux sexes, lorsque celle-ci est mesurée au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **SILVA** et al., (2007) mettent en relief l'évolution avec l'âge des taux circulants des triglycérides et du cholestérol chez des poulets de chair de souche Hybro-PG, menés selon les recommandations du guide de la souche et nourris *ad libitum* avec des aliments standards pour les trois phases de croissance. Dans cette expérience, il est noté de grandes fluctuations de la triglycéridémie au 21<sup>ème</sup>, 35<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jours d'âge. Les moyennes observées s'établissent respectivement à  $130,8 \pm 28,03$  ;  $97,11 \pm 25,16$  et à  $132,52 \pm 33,94$ mg/dl. Les mêmes auteurs notent exactement la même cinétique pour les niveaux de cholestérol, ces derniers sont élevés au 21<sup>ème</sup> jour d'âge, décroissent au 35<sup>ème</sup> puis sont relancés au 42<sup>ème</sup> jour. Les valeurs respectives s'établissent à  $140,16 \pm 20,34$  ;  $128,9 \pm 16,59$  et à  $129,42 \pm 20,36$ mg/dl. Enfin, **KROLICZEWSKA** et al., (2004) n'observent aucune variation significative avec l'âge des concentrations de cholestérol

et de triglycérides sanguins chez des poulets de chair de souche Hubbard en effectuant les mesures à J21 et à J42. Les moyennes s'établissent à 3,89 vs 3,66mmol/l et à 0,84 vs 0,13mmol/l respectivement.

### II.3 Bilan hépatique et rénal

Le foie et les reins sont des organes nobles chez les mammifères et les oiseaux, ils remplissent plusieurs activités vitales à l'organisme. Le foie assure plusieurs fonctions dont le métabolisme lipidique, protéique et glucidique. Son fonctionnement normal peut être évalué par plusieurs paramètres dont les niveaux sériques de cholestérol et de triglycérides. D'autres marqueurs, enzymatiques, sont aussi utilisés dont les principaux sont l'Alanine Amino-Transférase (ALAT) et l'Aspartate Amino-Transférase (ASAT). Les reins assurent pour leurs parts la fonction de filtre et dont les principaux marqueurs d'évaluation de leurs fonctionnements sont l'acide urique, l'urée et la créatinine. À cet effet, **ZABOLI** et al., (2017) acclimatent à la chaleur des poussins chair mâles de souche Ross 308 au 3<sup>ème</sup> et au 5<sup>ème</sup> jour d'âge sous des températures qui oscillent de 36 à 38°C pendant 24h. Par la suite, les poulets sont exposés quotidiennement à un stress thermique d'une intensité qui varie de 32 à 36°C, pendant 6h (de 10h00 à 16h00), du 28<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. À J42, les analyses sanguines pratiquées révèlent des diminutions hautement significatives ( $p=0,0006$ ) de l'acide urique sérique chez les poulets conditionnés (5,075 et 4,85mg/dl) par rapport au lot témoin (5,61mg/dl).

Dans d'autres études, l'influence du stress thermique sur les indicateurs de la fonction hépatique et rénale est étudiée. Dans ce sens, **KHALIFA** et al., (2019) étudient l'impact du stress thermique sur le profil biochimique des poulets de chair. Il constate que dans ces conditions, les concentrations sériques d'ALAT et d'ASAT augmentent significativement ( $p<0,05$ ) par rapport à la thermoneutralité lorsque les prélèvements sont effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les moyennes s'établissent respectivement à  $22,40\pm 2,03$  vs  $19,20\pm 0,86$ UI/dl et à  $243,80\pm 13,89$  vs  $193,00\pm 7,20$ UI/dl. En revanche, les mêmes auteurs n'observent pas d'effet significatif de la chaleur sur les niveaux d'urée ( $2,40\pm 0,67$  vs  $3,60\pm 0,92$ mg/dl) et les niveaux de créatinine ( $0,26\pm 0,06$  vs  $0,26\pm 0,04$ mg/dl) respectivement pour le lot témoin et pour le lot expérimental. De façon similaire, **CHAND** et al., (2018) observent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, que les conditions de stress thermique induisent une augmentation hautement significative ( $p=0,001$ ) des taux circulants de l'ASAT dont les valeurs s'établissent à  $269\pm 2,88$  vs

265,75±3,35 ; 268±3,57 vs 250,25±7,04 ; 281±1,47 vs 252,75±4,90 et à 265±5,93 vs 264,25±2,28UI/l respectivement pour les souches Ross, Hubbard, Cobb et Arbor Acres. Cette augmentation est aussi hautement significative ( $p=0,0001$ ) pour les concentrations sériques de l'ALAT qui affichent 262,75±6,66 vs 237,50±7,18UI/l pour la souche Ross, 279,25±7,81 vs 232,25±5,45UI/l pour la souche Hubbard, 284,50±8,22 vs 231,75±8,67UI/l pour la souche Cobb et 259±6,46 vs 243,25±3,32UI/l pour la souche Arbor Acres. **PANIGRAHY** et al., (2017) constatent, après 56 jours d'exposition de poulets de chair à des conditions de stress thermique, des augmentations significatives ( $p<0,05$ ) des taux circulants de l'ASAT chez les mâles (412,65±9,36 vs 383,82±8,28UI/l) et chez les femelles (399,35±7,67 vs 379,27±14,78UI/l). Il en est de même pour l'ALAT qui révèle des moyennes de 46,38±1,36 vs 27,29±1,29UI/l chez les mâles et de 43,55±1,98 vs 26,86±1,12UI/l chez les femelles. **TEKCE** et **GUL**, (2017) travaillent sur des poulets de chair mâles de souche Ross 308, ces derniers sont soumis à deux températures différentes, 22 et 36°C. Ils constatent que le stress thermique génère des augmentations hautement significatives ( $p<0,001$ ) des taux circulants d'ALAT (4,0±0,4 vs 2,2±0,4UI/l) et d'ASAT (478,3±25,86 vs 295,8±25,86UI/l) aux prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour sa part, **BUENO**, (2017) travail sur l'effet du stress thermique cyclique (36°C pendant 1 heure par jour) appliqué à la souche Cobb Avian 48 TM. Il constate que les conditions stressantes se traduisent par une diminution de l'ALAT (18,6 vs 21,6UI/l) et une augmentation de l'ASAT (218,6 vs 190,9UI/l) pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Contrairement à cette tendance générale de résultats, **AWAAD** et al., (2018) rapportent une diminution significative ( $p=0,0139$ ) des taux circulants de l'ASAT (118,9±21,87 vs 128,5±18,62UI/ml) ainsi qu'une diminution non significative ( $p=0,412$ ) de l'ALAT (4,63±1,45 vs 7,00±1,13UI/ml) sous stress thermique pour des prélèvements pratiqués au 35<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair de souche Arbor Acres. Enfin, **SILVA** et al., (2007) constatent que les niveaux d'ASAT augmentent progressivement avec l'âge chez les poulets de chair. Au contraire, **BORSA** et al., (2006) n'observe pas de variation avec l'âge de cette enzyme.

#### II.4 Protéines métaboliques

L'exploration des protéines métaboliques concernent généralement trois indicateurs qui sont les protéines totales, l'albumine et les globulines. Certaines études s'intéressent à l'influence des manipulations thermiques des oiseaux sur ces protéines métaboliques et

rapportent généralement des augmentations de ces indicateurs. En effet, **EZZAT** et al., (2017) conditionnent à la chaleur des poulets de chair de souche Hubbard au 3<sup>ème</sup> jour d'âge sous une intensité moyenne de température de  $40\pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant 4h, de 12h00 à 16h00. Par la suite, les poulets sont conduits pendant 42 jours sous stress thermique chronique ( $33^{\circ}\text{C}$ ). Les prélèvements sanguins pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge révèlent des augmentations significatives ( $p<0,05$ ) des concentrations sériques en protéines totales ( $5,66\pm 0,13$  vs  $4,94\pm 0,61\text{g/dl}$ ) et en albumine ( $3,32\pm 0,17$  vs  $2,76\pm 0,15\text{g/dl}$ ). De façon analogue, **RIZK** et al., (2018) conditionnent des coqs reproducteurs à la chaleur à un âge précoce (J3), les mènent du mois de Décembre au mois d'Août sous des températures qui vont de  $18,4$  à  $36,2^{\circ}\text{C}$ . Les résultats obtenus laissent apparaître que le traitement induit des augmentations significatives ( $p<0,05$ ) de la concentration sérique en protéines totales ( $5,333\pm 0,054$  vs  $4,956\pm 0,050\text{g/dl}$ ), en albumine ( $3,113\pm 0,027$  vs  $2,830\pm 0,064\text{g/dl}$ ) ainsi qu'en globulines ( $2,220\pm 0,026$  vs  $2,127\pm 0,015\text{g/dl}$ ). La tendance de ces résultats s'inverse lorsque les retombées du stress thermique sont étudiées. En effet, **KHALIFA** et al., (2019) constatent que les conditions de stress thermique induisent une diminution significative ( $p<0,05$ ) des taux circulants de protéines totales ( $1,31\pm 0,02$  vs  $2,50\pm 0,14\text{g/dl}$ ) et de globulines ( $0,11\pm 0,02$  vs  $1,29\pm 0,07\text{g/dl}$ ). En revanche, l'albumine diminue elle aussi ( $1,19\pm 0,03$  vs  $1,21\pm 0,09\text{g/dl}$ ) mais en terme de valeurs absolues ( $p>0,05$ ) pour des prélèvements pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans le même ordre d'idées, **CHAND** et al., (2018) constatent que le niveau de protéines totales diminue de façon hautement significative ( $p=00001$ ) chez quatre souches de poulets de chair lorsqu'il est mesuré au 42<sup>ème</sup> jour d'âge sous stress thermique. Les moyennes rapportées s'établissent à  $3,15\pm 0,039$  vs  $3,18\pm 0,027\text{g/dl}$  pour la souche Ross,  $3,02\pm 0,046$  vs  $3,33\pm 0,01\text{g/dl}$  pour la souche Hubbard,  $3,04\pm 0,045$  vs  $3,30\pm 0,03\text{g/dl}$  pour la souche Cobb et  $3,10\pm 0,01$  vs  $3,19\pm 0,041\text{g/dl}$  pour la souche Arbor Acres. De leurs côtés, **SHEIKH** et al., (2017) constatent que les conditions de stress thermique diminuent, très significativement ( $p<0,01$ ), le taux d'albumine circulant par rapport à la thermoneutralité. Les valeurs rapportées s'établissent  $1,33\pm 0,87$  vs  $1,65\pm 0,08\text{g/dl}$  ;  $1,60\pm 0,06$  vs  $1,76\pm 0,14\text{g/dl}$  et  $1,60\pm 0,09$  vs  $1,83\pm 0,12\text{g/dl}$  respectivement pour des prélèvements effectués aux 15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jours d'âge. Il en est de même pour **OLANREWAJU** et al., (2010) qui rapportent que les contraintes thermiques provoquent une diminution hautement significative ( $p=0,0001$ ) de la concentration sérique en protéines totales ( $3,34$  vs  $3,57\text{g/dl}$ ) à J56 chez des poulets de souche Ross 708. Dans une autre étude, **AL SULTAN** et al., (2019) observent que les contraintes thermiques génèrent une diminution significative ( $p<0,05$ ) de la concentration en protéines totales et en globulines par rapport à

des températures neutres chez le poulet de chair. Les moyennes affichent respectivement 2,79 vs 3,79g/dl et 0,93 vs 1,95 g/dl. Par ailleurs, les mêmes auteurs notent des taux circulants d'albumine quasi similaire (1,86 vs 1,84g/dl) respectivement pour le lot stressé et pour le lot témoin. Ces résultats corroborent les travaux de **GONZALEZ** et al., (2001) qui notent que les contraintes thermiques diminuent les niveaux sériques de protéines totales et de globulines, alors que, le niveau d'albumine reste inchangé. **REHMAN** et al., (2018) étudient l'évolution de la concentration sérique en protéines totales chez deux souches de poulet de chair, la Hubbard et la Cobb 500 sous contraintes thermiques. Ils constatent que ce paramètre augmente au fur et à mesure des prélèvements qui sont effectués à la 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> semaine d'âge. Les moyennes rapportées s'établissent respectivement pour la souche Hubbard à 2,90±0,02 vs 3,31±0,01 vs 3,14±0,01 et à 3,22±0,02g/dl et pour la souche Cobb 500, les moyennes notées sont de 2,92±0,04 vs 3,16±0,03 vs 3,16±0,02 et de 3,18±0,03g/dl. Enfin, **ASWATHI** et al., (2019) soumettent une souche de repro-chair à deux ambiances différentes, l'une neutre (27±1°C et 70% d'humidité) et l'autre contraignante (37±1°C et 70% d'humidité) pendant les dix premiers jours d'âge (J1 à J10). Ils constatent que les contraintes thermiques n'ont aucun impact sur le taux circulant de protéines totales. Les valeurs rapportées s'établissent à 4,75 vs 4,75g/dl au 1<sup>er</sup> jour, à 4,8 vs 5,1g/dl au 3<sup>ème</sup> jour et à 5,3 vs 5,48g/dl au 10<sup>ème</sup> jour d'âge respectivement pour le groupe témoin et pour le groupe expérimental.

## II.5 Ionogramme

L'équilibre électrolytique ou encore l'ionogramme peut être évalué à travers le dosage sérique de trois ions, principalement, le sodium, le potassium et le chlore. L'influence des contraintes thermiques sur ces ions est rapportée par plusieurs auteurs qui notent, généralement, des dépréciations. En effet, **SHAKERI** et al., (2019) travaillent sur des poulets de chair de souche Ross 308 dont un groupe témoin est mené sous des conditions neutres (25°C et 45-60% d'humidité), alors que, le groupe expérimental est soumis à un stress thermique cyclique (33°C et 45-60% d'humidité) pendant 6 heures par jour, de 9h00 à 15h00. Ils observent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, que les contraintes thermiques induisent des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) des taux circulants de potassium (5,73 vs 6,38mmol/l), de sodium (149 vs 150mmol/l) et de chlore (112 vs 114mmol/l). De façon similaire, **AL ZGHOUL** et al., (2019) mettent en exergue les impacts d'un stress thermique cyclique sur la concentration sérique de trois ions chez des poulets de chair de souche Ross 308. Les poulets sont menés à

thermoneutralité (22°C et 50 à 60% d'humidité) de la réception jusqu'au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, par la suite, le lot expérimental est exposé durant 1h, 3h et 5h par jour sous une température de 42°C. Suite à ces expositions, des prélèvements sanguins sont effectués et révèlent des diminutions, mais en termes de valeurs absolues ( $p > 0,05$ ), des niveaux sériques de sodium ( $138,0 \pm 6,9$  vs  $146,3 \pm 5,9$  mmol/l) et de potassium ( $9,2 \pm 1,3$  vs  $9,7 \pm 1,3$  mmol/l) après 5h d'exposition. En revanche, les concentrations sériques de chlore montrent des augmentations sous contraintes thermiques, surtout après 1h d'exposition ( $118,5 \pm 3,9$  vs  $113,0 \pm 1,8$  mmol/l). De leurs côtés, **TEKCE** et **GUL**, (2017) constatent au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, chez des poulets de chair de souche Ross 308 soumis au stress thermique (36°C), des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) des niveaux sériques de sodium ( $155,3 \pm 1,5$  vs  $159,8 \pm 1,8$  mmol/l), de potassium ( $8,2 \pm 0,4$  vs  $9,4 \pm 0,4$  mmol/l) et de chlore ( $121,2 \pm 1,3$  vs  $126,8 \pm 1,6$  mmol/l). Pour leurs parts, **IMIK** et al., (2013) mènent des poulets de chair de souche Ross 308 à thermoneutralité (24°C) et sous stress thermique cyclique (34°C de 8h00 à 16h00 et 24°C de 16h00 à 8h00) à partir du 15<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils observent, pour des prélèvements pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, que le stress thermique induit des diminutions non significatives ( $p > 0,05$ ) de la concentration sérique de sodium ( $147,57$  vs  $149,14$  mmol/l) et de chlore ( $113,14$  vs  $113,43$  mmol/l). En revanche, le potassium montre une légère augmentation et affiche  $4,80$  vs  $4,64$  mmol/l respectivement pour les deux lots. Dans le même ordre d'idées, **OLANREWaju** et al., (2010) travaillent sur la concentration sanguine de sodium, de chlore et de potassium chez des poulets de chair de souche Ross 708 soumis à trois ambiances différentes (15,6 ; 21,1 et 26,7°C) à partir du 21<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils constatent, au 56<sup>ème</sup> jour d'âge, que les ions mesurés présentent des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) chez le groupe mené sous hautes températures (26,7°C) par rapport à celui témoin (21,1°C). Les valeurs notées s'établissent à  $120,9$  vs  $151,1$  meq/l pour le sodium,  $2,35$  vs  $4,85$  meq/l pour le potassium et à  $113,6$  vs  $109,1$  meq/l pour le chlore. Enfin, **KHAN** et al., (2002) testent trois plages de températures ambiantes de 28 à 32°C, de 35 à 40°C et de 40 à 45°C sur les concentrations sériques de sodium et de potassium chez des poulets de chair. Ils constatent que plus la température ambiante augmente, plus ces paramètres diminuent de façon significative ( $p < 0,05$ ) pour des prélèvements réalisés entre la 5<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge. Les moyennes notées s'établissent à  $144,35 \pm 1,97$  vs  $120,35 \pm 1,87$  vs  $111,90 \pm 1,73$  meq/l et à  $5,48 \pm 0,12$  vs  $4,20 \pm 0,50$  vs  $3,99 \pm 0,14$  meq/l respectivement pour les trois températures testées et pour le sodium et le potassium.

### III. Influence du pré conditionnement thermique sur les marqueurs hormonaux

#### III.1 Triiodothyronine et thyroxine

L'influence du conditionnement thermique sur les taux circulants de certaines hormones thyroïdiennes, notamment la T3 et la T4 est rapportée dans certaines études. Généralement, les manipulations thermiques observées à âge précoce ou encore pendant la phase d'incubation induiraient des augmentations systématiques de ces deux hormones. En effet, **AL-RUKIBAT** et al., (2017) observent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, que le conditionnement thermique d'œufs de souche Hubbard pendant l'incubation induit une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) des taux circulants de la T3 ( $3,8 \pm 1,0$  vs  $3,7 \pm 0,5$  ng/ml). L'augmentation de la T4 sérique est plus importante avec des moyennes qui s'établissent à  $6,4 \pm 0,6$  vs  $4,7 \pm 0,5$  ng/ml. Dans le même ordre d'idées, **EZZAT** et al., (2017) rapportent des augmentations significatives ( $p < 0,05$ ) des taux circulants de la T3 ( $2,40 \pm 0,04$  vs  $1,74 \pm 0,21$  ng/ml) et de la T4 ( $14,11 \pm 0,29$  vs  $13,54 \pm 0,82$  ng/ml) suite à un conditionnement thermique précoce (J3) et pour des analyses sanguines pratiquées à J42. Dans une autre étude, **MORITA** et al., (2016) testent les effets d'un conditionnement thermique d'œufs de souche Cobb 500 sous des températures neutres ( $37,5^\circ\text{C}$ ) et élevées ( $39^\circ\text{C}$ ) durant la phase d'incubation. Après éclosion, les poulets subissent des chocs thermiques à répétition ( $40^\circ\text{C}$ ) pendant 45min aux différents stades de croissance. Ils remarquent que les poulets conditionnés à  $39^\circ\text{C}$  révèlent une diminution significative ( $p = 0,0314$ ) des niveaux de la T3 ( $1,18$  vs  $1,34$  ng/dl) simultanément à une augmentation non significative de la T4 ( $9,45$  vs  $9,30$  ng/dl) pour des prélèvements pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge.

De façon contraire à cette tendance de résultats, l'influence du stress thermique aurait un effet inverse sur les niveaux sériques des hormones thyroïdiennes. Pour ce qui est de la T3, la bibliographie rapporte, généralement, des diminutions systématiques sous stress thermique (**LIN** et al., 2004 ; **STAR** et al., 2008 ; **ELNAGAR** et al., 2010 ; **GILOH** et al., 2012 et **MACK** et al., 2013). En revanche, pour ce qui est de la T4, certains auteurs rapportent une diminution (**SKOMORUCHA** et al., 2012), d'autres constatent une augmentation (**LIN** et al., 2004 ; **ELNAGAR** et al., 2010 et **GILOH** et al., 2012), et pour certaines, la concentration de T4 reste inchangée sous contraintes thermiques (**MACK** et al., 2013). À cet effet, **KHALIFA** et al., (2019) soumettent des poulets de chair à des ambiances différentes ( $22$  vs  $32$  à  $35^\circ\text{C}$ ) en phase de croissance pendant 20 jours (du 22<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge). Ils n'observent pas de

différences significatives de la concentration en T3. En revanche, pour la T4, ils constatent une augmentation hautement significative ( $p=0,001$ ) qui s'établit à  $3,43\pm 0,03$  vs  $2,20\pm 0,16$ ng/ml. Dans une autre étude menée par **SKOMORUCHA** et al., (2017) sur des poulets de chair conduits sous deux ambiances différentes (20 et 30°C). Ils constatent que les concentrations de T3 sont significativement plus basses, surtout en phase de croissance et de finition, sous stress thermique. Les valeurs s'établissent à  $4,29$  vs  $6,89$ ng/ml et à  $3,22$  vs  $4,57$ ng/ml respectivement pour des mesures pratiquées au 36<sup>ème</sup> et au 41<sup>ème</sup> jour d'âge. La T4 révèlent des augmentations non significatives ( $p>0,05$ ) sous stress thermique où les valeurs affichent  $84,77$  vs  $83,08$ ng/ml et  $90,16$  vs  $82,07$ ng/ml respectivement pour les deux âges de prélèvements. Par ailleurs, **SKOMORUCHA** et al., (2012) notent que le fait de soumettre des poulets de chair de souche Ross 308 à un stress thermique pendant 4 jours conduit à une diminution de la concentration sérique de la T3 ainsi qu'à des valeurs inchangées de la T4. Pour leurs parts, **TAO** et al., (2006) constatent qu'une exposition des poulets de chair de souche Arbor Acres, pendant 5 jours, à des températures moyennes variant de 29,9 à 34,1°C provoque une diminution significative ( $p<0,05$ ) de la concentration des hormones T3 et T4 pour des prélèvements effectués à l'âge de 58 jours. Quelque soit le sexe considéré, les niveaux de T3 affichent  $1,02$  vs  $1,91$ nmol/l pour les mâles et  $1,03$  vs  $1,98$ nmol/l pour les femelles, la T4 présente  $13,72$  vs  $22,60$ nmol/l et  $11,91$  vs  $23,33$ nmol/l respectivement pour les deux sexes. **KATARIA** et al., (2008) observent quant à eux que lorsque des poulets de chair sont menés dans une ambiance froide (13 à 16°C) en moyenne, les concentrations de T3 et de T4 tendent à augmenter. L'influence de l'âge sur la concentration sérique de la T3 et de la T4 chez des poulets à croissance rapide est mise en relief par **RAHIMI**, (2005). Il observe une diminution de la T3 liée à l'âge des poulets où les concentrations s'établissent à  $1,75$  vs  $2,27$ ng/ml respectivement à la 4<sup>ème</sup> et à la 7<sup>ème</sup> semaine de vie. Cette diminution est corrélée positivement à la croissance selon le même auteur. Au contraire, la concentration de la T4 suit une évolution ascendante et augmente pour s'établir à  $12,1$ ng/ml et à  $16,5$ ng/ml pour les mêmes âges de prélèvements. Dans des études antérieures, **YAHAV**, (2000) constatent que lorsque la température ambiante est moins intense (28 à 30°C), l'impact de ces conditions sur la T3 est limité chez des poulets âgés de 4 à 8 semaines. De façon contraire, plusieurs auteurs dont **STOJEVIC** et al., (2000) et **MAC MURTRY** et al., (2002) rapportent que la chaleur, quelque soit son intensité, induit automatiquement un changement de la concentration plasmatique de T3 chez les poulets de chair.

### III.2 Corticostérone et cortisol

Selon **RUUSKANEN** et al., (2019), la corticostérone est une hormone glucocorticoïde sécrétée par la corticosurrénale. Celle-ci joue un rôle essentiel dans l'équilibre et le maintien de l'homéostasie physiologique et énergétique. Pour sa part, **SCANCES**, (2016) relate que lors d'une exposition à la chaleur, le niveau de corticostérone augmente automatiquement et ce en réponse à l'hormone adrénocorticotrope (ACTH). Le même auteur rajoute que les situations de stress thermique s'accompagnent aussi d'une élévation des taux de cortisol et d'aldostérone. Certaines études sont menées dans ce sens et mettent en relief le niveau d'influence des manipulations thermiques précoces sur les concentrations sériques de corticostérone. À cet effet, **MADKOUR** et al., (2021) conditionnent trois groupes de poulets de chair de souche Cobb 500 sous une température moyenne de 39°C pendant 6h au 3<sup>ème</sup>, au 5<sup>ème</sup> et au 7<sup>ème</sup> jour d'âge. Par la suite, un choc thermique d'une intensité de 36°C est provoqué à la 5<sup>ème</sup> semaine d'âge. Ils notent, pour des prélèvements pratiqués au 35<sup>ème</sup> jour d'âge, que la corticostéronémie s'établit à 18,30ng/ml chez le groupe témoin, elle augmente significativement chez le lot conditionné à J3 (27,98ng/ml). En revanche, la corticostérone sérique diminue significativement ( $p < 0,05$ ) chez les poulets traités au 5<sup>ème</sup> et au 7<sup>ème</sup> jour d'âge avec des valeurs qui s'établissent respectivement à 8,45ng/ml et à 12,50ng/ml. Dans une autre étude, **RIZK** et al., (2018) notent des niveaux de corticostérone sérique quasi égaux à la 34<sup>ème</sup> semaine d'âge (2,45 vs 2,47ng/ml) respectivement pour des coqs conditionnés à la chaleur et pour le groupe témoin. Pour leurs parts, **EZZAT** et al., (2017) signalent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de la corticostéronémie ( $1,68 \pm 0,14$  vs  $2,07 \pm 0,12$ mmol/l) mesurée au 42<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair de souche Hubbard conditionnés à la chaleur à jeune âge et conduits sous stress thermique chronique. De leurs côtés, **ZABOLI** et al., (2017) notent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, une corticostéronémie de 0,48ng/ml chez des poulets témoins de souche Ross 308, elle augmente de façon non significative ( $p > 0,05$ ) chez les poulets conditionnés durant la phase d'incubation (0,67ng/ml) et ceux conditionnés à l'âge de 5 jours (0,78ng/ml). Par ailleurs, c'est le lot conditionné à l'âge de 3 jours qui montre le plus bas niveau de corticostérone (0,41ng/ml). Ces derniers résultats s'accordent avec les travaux de **TANIZAWA** et al., (2014) qui conditionnent, au 6<sup>ème</sup> jour d'âge, des poussins chair sous une température de 40°C pendant 3h. Par la suite, les poulets subissent un choc thermique (40°C) de 15min au 10<sup>ème</sup> jour d'âge, puis, des prélèvements sanguins sont pratiqués. Les résultats révèlent que le traitement précoce à la chaleur induit une diminution significative

( $p < 0,05$ ) des taux circulants de la corticostérone ( $22,81 \pm 5,90$  vs  $44,69 \pm 6,58$  ng/ml). De leurs côtés, **PIESTUN** et al., (2008) conditionnent des œufs de souche Cobb durant la phase d'incubation, de J7 à J16 sous une température de  $39^\circ\text{C}$  pendant 12h pour le premier groupe et pendant 24h pour le deuxième groupe, alors que, le lot témoin est incubé à une température constante de  $37,6^\circ\text{C}$ . Après l'éclosion, les poulets sont menés sous des températures normatives et un coup de chaleur est appliqué au 35<sup>ème</sup> jour d'âge sous une température de  $35^\circ\text{C}$ . Les résultats révèlent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de la corticostéronémie chez les mâles ( $13,40 \pm 1,70$  vs  $12,7 \pm 1,21$  vs  $19,3 \pm 2,50$  ng/ml) et chez les femelles ( $5,90 \pm 0,92$  vs  $6,36 \pm 1,02$  vs  $10,8 \pm 1,65$  ng/ml) respectivement chez les lots expérimentaux et chez le lot témoin.

D'autres études s'intéressent aux retombées du stress thermique sur les taux circulants de corticostérone et de cortisol. À cet effet, **EL-SHAFEI** et al., (2019) mènent des poulets de chair de souche Cobb 500 à thermoneutralité et sous stress thermique pendant 6 semaines. Les résultats révèlent que le taux de corticostérone circulant augmente significativement ( $p < 0,05$ ) chez le groupe stressé par la chaleur ( $9,00 \pm 0,35$  vs  $6,23 \pm 0,13$  ng/ml). Ces derniers résultats corroborent les travaux de **AL-SULTAN** et al., (2019) qui observent que le stress thermique ( $32 \pm 2^\circ\text{C}$ ) induit une élévation significative ( $p < 0,05$ ) de la corticostéronémie ( $10,92$  vs  $10,46$  ng/ml) chez des poulets de chair de souche Cobb 500, lorsqu'elle est mesurée au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il en est de même pour **OLFATI** et al., (2018) qui rapportent que la corticostéronémie augmente de façon significative, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, chez des poulets de chair soumis à des conditions de stress thermique. Pour leurs parts, **SKOMORUCHA** et al., (2011) notent que la corticostéronémie, mesurée au 21<sup>ème</sup> jour d'âge, est plus élevée chez des poulets de chair de souche Cobb 500 menés dans des batteries comparativement à ceux menés au sol. Par ailleurs, **XIE** et al., (2015) notent que l'augmentation significative de la corticostéronémie est observée sous stress thermique aigu. En revanche, sous stress thermique chronique, l'effet n'est pas significatif mais le taux de corticostérone demeure élevé en termes de valeurs absolues. Dans une autre étude, **SHI** et al., (2019) mènent des poulets de chair dans une ambiance neutre ( $24$  à  $26^\circ\text{C}$ ) et stressante ( $34$  à  $38^\circ\text{C}$ ) pendant 28 jours. Ils notent que l'effet de la chaleur provoque une augmentation significative ( $p < 0,01$ ) du cortisol sanguin dès le premier jour d'âge. Les valeurs s'établissent à  $16,53 \pm 2,57$  vs  $12,66 \pm 0,96$  ng/ml à J1,  $18,37 \pm 3,34$  vs  $13,90 \pm 2,37$  ng/ml à J14 et à  $15,84 \pm 2,93$  vs  $11,63 \pm 2,02$  ng/ml à J28. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études dont celles de **DANGI** et al., (2016) ; **TITTO** et al., (2017) et **ZACHUT** et al., (2017). Ces derniers s'accordent sur le fait que la concentration de

cortisol augmente significativement suite à un stress thermique. Pour leurs parts, **LIN** et al., (2008) mettent en relief l'effet de l'hypothyroïdie, comme agent stressant, sur le niveau de corticostérone. Cet effet est obtenu par addition de méthimazole (composés anti-thyroïdiens). Ce traitement engendre une diminution du taux de T3 et est suivi également par une augmentation de la corticostéronémie. De leurs côtés, **DE BRUIJN** et **ROMERO**, (2011) et **JIMENO** et al., (2018) rapportent que les basses températures induisent une augmentation de la corticostéronémie chez le poulet de chair, ce qui les amènent à avancer que les températures froides constituent aussi un agent stressant en aviculture. Les mêmes auteurs relatent que l'explication la plus probable serait que la corticostérone mobilise des réserves énergétiques internes, ce qui aurait pour conséquences l'activation de recherche d'aliments pour alimenter un métabolisme plus élevé en conditions froides.

Enfin, il est utile de souligner que d'autres paramètres de mesure du stress sont explorés sous stress thermique. À cet effet, la cinétique d'évolution de l'aldostéronémie et celle de l'ACTH est étudiée sur des poulets de chair de souche Hubbard par **ATTOU**, (2014). Il note que sous deux ambiances, l'une caniculaire et l'autre neutre, le niveau d'aldostérone augmente significativement ( $p < 0,01$ ) de +20 et de +26% pour les prélèvements effectués au 40<sup>ème</sup> et au 50<sup>ème</sup> jour d'âge. Le même auteur observe aussi des augmentations significatives de l'ACTH, de l'ordre de +91 et de +38% respectivement pour les mêmes jours de prélèvements.

## Conclusion

Ce deuxième chapitre passe en revue l'impact des manipulations thermiques précoces ou encore du stress thermique sur des marqueurs sanguins qui concernent l'hémogramme, les constituants biochimiques et ceux hormonaux. Les résultats présentés montrent des variations et des différences qui sont parfois assez conséquentes. C'est dans ce contexte que le travail mené se propose d'évaluer le niveau d'influence d'un conditionnement thermique précoce sur les indicateurs de production, sur des mesures biologiques et sur des marqueurs sanguins. La suite de ce travail présentera la méthodologie mise au point, la présentation et la discussion des résultats.

## **Chapitre I**

### **Matériel et méthodes**

#### **I. Objectifs de l'étude**

Ce travail expérimental met en exergue les impacts d'un conditionnement thermique précoce sur des poulets de chair conduits durant la saison estivale sur, les indicateurs de production (ingestion alimentaire, indice de consommation, paramètres pondéraux et mortalité), la température centrale, le rendement en organes (cœur, foie et gésier vide) ainsi que sur la morphométrie des différents compartiments du tube digestif (duodénum, jéjunum et iléon). Les retombées dudit traitement seront également évaluées sur des marqueurs sanguins qui sont hématologiques, biochimiques (glucose, bilan lipidique, protéines métaboliques, indicateurs hépatiques et rénaux et ionogramme) et hormonaux (hormones thyroïdiennes et surrénales).

#### **II. Matériel et Méthodes**

##### **II.1 Cadre de l'expérimentation**

L'étude porte sur un effectif de 400 poussins chair non sexés, âgés d'un jour et provenant du couvoir de Rouiba (AVIGA). L'expérimentation se déroule durant la saison estivale (de Juillet à Août) au sein d'un bâtiment d'élevage d'une superficie totale de 49,5m<sup>2</sup>, de type semi obscur et à ambiance non contrôlée. Le bâtiment comporte 4 ouvertures dont 2 de chaque côté latéral ; il est compartimenté en 10 loges qui permettent des densités moyennes de 10 sujets/m<sup>2</sup> formant 2 rangées. Un couloir de 1,5m de largeur traverse toute la longueur du bâtiment ; celui-ci est doté d'une rigole pour permettre l'évacuation des déchets. Un extracteur d'air en panneaux galvanisés est placé latéralement à 1,20m du sol et qui permet le renouvellement de l'air. L'éclairage est quant à lui assuré par des lampes à néon d'une intensité de 36 watts distantes l'une de l'autre de 1,5m et disposées tout au tour des installations.

Deux semaines avant le lancement effectif de l'expérimentation, un vide sanitaire est observé. Le chaulage du bâtiment ainsi que le nettoyage et la désinfection du matériel d'élevage sont observés. Suite à ces opérations, le bâtiment est fermé. Deux jours avant la réception des poussins, le paillage des loges est effectué à une hauteur moyenne de 10cm, ce qui correspond

à environ 6kg/m<sup>2</sup>. Par la suite, une pulvérisation d'une solution de TH5 à 0,5% est pratiquée sur l'ensemble des installations. Le jour précédant la réception des poussins, les mangeoires sont remplies d'aliment de démarrage et les abreuvoirs d'eau contenant de l'anti-stress puis installés dans 2 loges. Au même moment, les radiants sont mis en marche pour chauffer le bâtiment ; ils sont réglés à une température de 32°C tel que recommandé par le guide d'élevage de la souche (**ARBOR ACRES**, 2014) pour la réception. Il est utile de noter qu'il est procédé au nettoyage du bâtiment et du matériel d'élevage ainsi que le renouvellement du pédiluve quotidiennement. Par ailleurs, tout au long de l'élevage, toutes manipulations des animaux (pesée, vaccination, répartition en lot, conditionnement à la chaleur, prises de sang, coup de chaleur...etc) sont précédées et suivies par la distribution d'un anti stress (Terramycine Anti S). Enfin, un schéma prophylactique, recommandé par les services vétérinaires, est adopté lors du déroulement de l'élevage où les vaccinations sont effectuées par voie d'abreuvement.

À la réception des poussins, ils sont laissés au calme pendant une demi-heure, ensuite, l'ensemble de l'effectif est pesé. Suite à cette opération, les éventuelles mortalités ainsi que les poussins mal formés sont retirés. Les poussins sont ainsi répartis aléatoirement en 2 lots et sont installés dans les poussinières préparées pour leurs réceptions.

L'aliment distribué aux poulets durant les 3 phases d'élevage provient de l'ONAB (Office National de l'Aliment de Bétail), de l'unité de Baba Ali sise à la wilaya d'Alger. Par ailleurs, pour chaque phase d'élevage, les aliments sont distribués dans des mangeoires adaptées aux différents âges. La distribution de l'aliment se fait au rythme de 2 prises quotidiennes (8h30 et 15h) pour les phases de démarrage et de croissance. En phase de finition, 3 prises journalières sont observées (8h30, 14h et 18h).

## **II.2 Méthodologie mise en œuvre**

La méthodologie adoptée consiste à soumettre les animaux à des traitements thermiques à âge précoce (J5) et en fin d'élevage (J47). Le premier traitement porte sur un pré conditionnement thermique appelé aussi acclimatation précoce, il est employé pour faire acquérir une éventuelle thermotolérance aux poulets. Pour ce faire, les poussins âgés d'un jour sont réceptionnés puis répartis aléatoirement en 2 lots. Par la suite, au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, un premier lot contenant la moitié de l'effectif (200 poussins), subit une élévation de la température ambiante pendant 24h. Ce lot constitue le lot traité ou conditionné à la chaleur et

prend l'appellation de **lot C**. Par ailleurs, le reste de l'effectif qui comprend 200 poussins (**lot T**) est déplacé vers un bâtiment mitoyen le jour du traitement pour ne pas subir le conditionnement thermique. À la fin du traitement, soit au 6<sup>ème</sup> jour d'âge, les 2 lots sont remis ensemble dans le même bâtiment, dans des box distinct, et subissent les variations naturelles des conditions climatiques. À la fin de la phase de démarrage, soit 10 jours après leur réception, les poussins sont répartis aléatoirement sur les 10 loges que renferme le bâtiment. Le deuxième traitement de cette expérience consiste en la provocation d'un coup de chaleur sur l'ensemble de l'effectif (lot T et lot C). Il consiste en une élévation brusque et brutale de la température ambiante pendant 6 heures. Pour ce faire, le jour du coup de chaleur, les radiants sont allumés à 6h30 du matin afin d'atteindre la température souhaitée, par la suite, le compte à rebours est lancé et l'exposition dure pendant 6h, soit de 10h00 à 16h00. Cette manipulation sur les animaux est pratiquée en fin d'élevage, plus précisément au 47<sup>ème</sup> jour d'âge pour cette étude. Elle est employée dans le but de tester une éventuelle acquisition d'une thermotolérance par les poulets conditionnés à la chaleur à jeune âge.

Sous ces conditions particulières, il sera question de suivre l'évolution des indicateurs de production, de la température centrale, du rendement en organes, de la morphométrie digestive et des marqueurs sanguins lors des trois phases d'élevage. Enfin, le schéma 1 résume la méthodologie suivie dans ce travail.

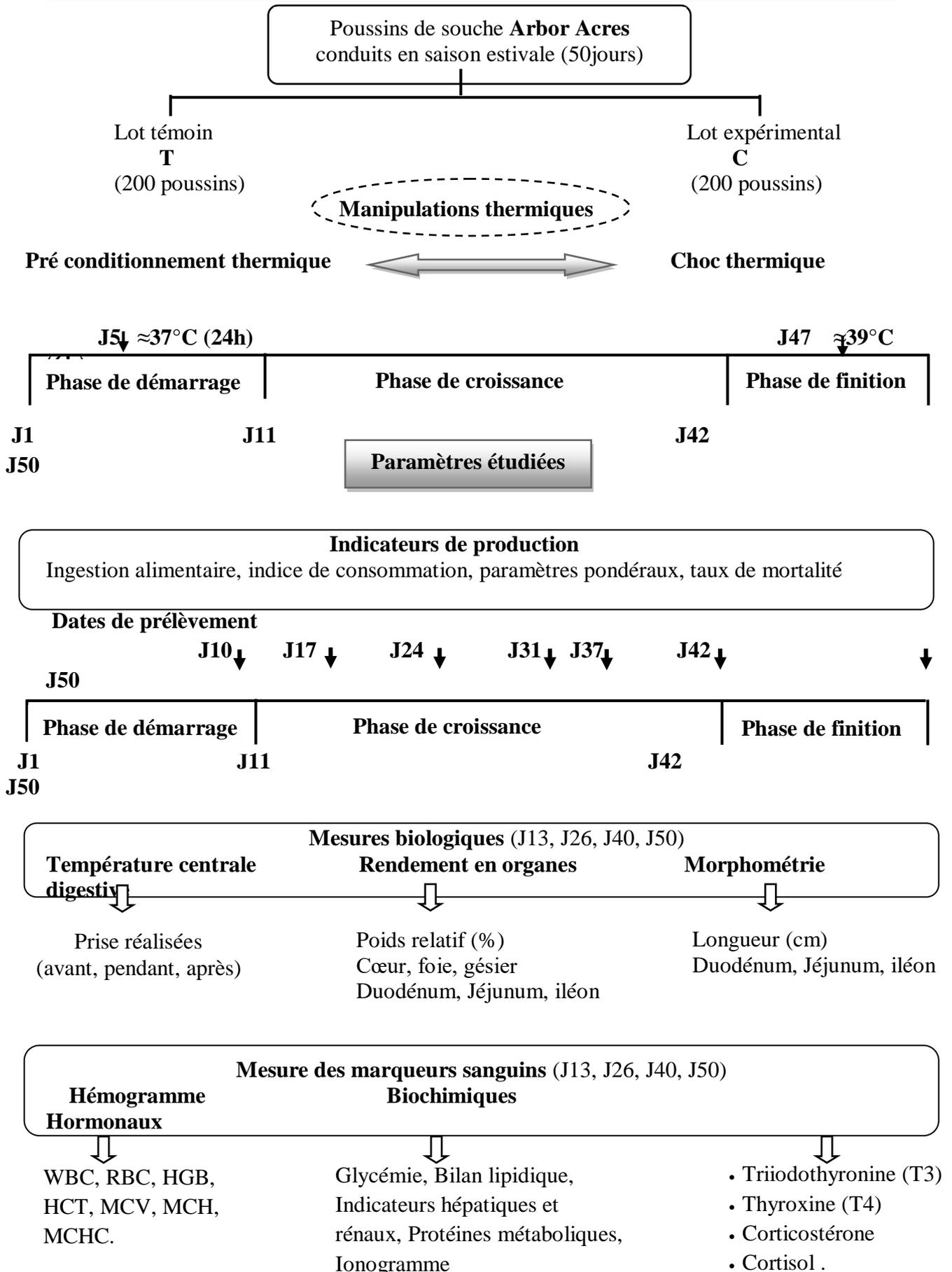


Figure N°1 : Méthodologie expérimentale.

## II.2.1 Méthodes de mesure des paramètres d'ambiance

Tout au long de l'élevage, la température ambiante et l'hygrométrie relative sont mesurées à l'aide de thermohygromètres enregistreur. Ces derniers, au nombre de trois, sont installés de part et d'autre du bâtiment. Le dispositif permet de relever et d'enregistrer les données chaque demi-heure. Il est utile de préciser que d'autres thermohygromètres sont utilisés afin de permettre les relevés de la température et de l'hygrométrie relative sous éleveuse et celle des loges le jour du conditionnement thermique (J5) ainsi que celui du coup de chaleur (J47).

## II.2.2 Méthodes de mesure des indicateurs de production

La mesure des performances zootechniques durant les trois phases d'élevage concerne l'ingéré alimentaire, le poids vif, le gain de poids vif, l'indice de consommation et le taux mortalité. Il est utile de préciser que lesdites performances sont notées chaque semaine, à savoir, au 10<sup>ème</sup>, 17<sup>ème</sup>, 24<sup>ème</sup>, 31<sup>ème</sup>, 37<sup>ème</sup>, 42<sup>ème</sup> et au 50<sup>ème</sup> jours d'âge.

### II.2.2.1 Ingestion alimentaire

La quantification de la consommation alimentaire (g/s) des poulets de chair commence dès la réception des poussins et elle est notée pour chaque âge de prélèvement. Pour ce faire, l'aliment est préalablement pesé et distribué quotidiennement dans le même ordre d'alignement aux poulets à heures précises, au rythme de deux prises pour les phases de démarrage et de croissance et de trois prises pour la période de finition tel que cité précédemment. Pour sa part, le refus alimentaire est récupéré, 24h après distribution, de chaque loge et toujours dans le même ordre d'alignement de la distribution. Suite à la pesée de l'aliment distribué et celui refusé, la quantité moyenne d'aliment ingéré est déterminée comme suit :

$$\text{Consommation alimentaire (g/s)} = \frac{\text{Quantité d'aliment distribuée (g)} - \text{Quantité d'aliment refusée (g)}}{\text{Effectif présent}}$$

Une fois le calcul effectué, la consommation obtenue est superposée au nombre de jours pour chaque âge de prélèvement afin de permettre l'expression des résultats en g/s/p.

### II.2.2.2 Poids vif

Le poids vif des poulets de chair (g/s) est lui aussi enregistré dès leur réception. Afin d'effectuer cette mesure, une balance de précision est utilisée pour la phase de démarrage et pour la première moitié de la phase de croissance. Par la suite, une balance commerciale sert pour cette mesure. De la même façon que l'ingestion alimentaire, le poids vif est rapporté au nombre de jours pour chaque prélèvement afin d'exprimer les résultats en g/s/p.

### II.2.2.3 Gain de poids vif

Le gain de poids vif mesure la prise pondérale sur une durée d'élevage donnée. Il est exprimé en g/s et obtenu en calculant le rapport suivant :

$$\text{Gain de poids vif (g/s)} = \frac{\text{Poids moyen final (g)} - \text{Poids moyen initial (g)}}{\text{Effectif présent}}$$

L'expression des résultats de ce paramètre est en g/s/p comme pour la consommation et pour le poids vif. Les résultats sont rapportés au nombre de jours qui sépare chaque prélèvement.

### II.2.2.4 Indice de consommation

L'indice de consommation correspond au rapport entre la quantité d'aliment consommée et le poids vif obtenu sur une certaine durée d'élevage. Il est donné par sujet et déterminé comme suit :

$$\text{IC} = \frac{\text{Quantité d'aliment ingérée durant la phase (g)}}{\text{Poids vif par poulet durant la phase (g)}}$$

### II.2.2.5 Taux de mortalité

Durant toute la période d'élevage, les mortalités sont enregistrées quotidiennement puis calculés pour les différents jours de prélèvements. Le taux de mortalité est calculé par le rapport suivant :

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

Il est utile de préciser que le taux de mortalité est calculé séparément pour le 5<sup>ème</sup> jour d'âge (traitement de pré conditionnement thermique) et pour le 47<sup>ème</sup> jour d'âge (coup de chaleur) en utilisant la même formule.

## **II.2.3 Méthodes de mesures biologiques**

### **II.2.3.1 Température centrale**

Les prises de températures corporelles concernent 20 sujets de chaque lot (T et C) qui sont sélectionnés puis identifiés afin de suivre l'évolution de ce paramètre. En effet, les prises de températures sont pratiquées à l'aide de thermomètres à mercure ; ils sont introduits dans le cloaque à une profondeur de 2cm et maintenus jusqu'à stabilisation du mercure, puis la lecture est effectuée. Entre chaque prise, le matériel est soigneusement nettoyé à l'aide d'eau et d'anti sseptique pour éviter d'éventuelles contaminations. Les prélèvements sont effectués le 13<sup>ème</sup>, 26<sup>ème</sup>, 40<sup>ème</sup> et le 50<sup>ème</sup> jours d'âge. Pendant les traitements particuliers, (pré conditionnement thermique à J5 et coup de chaleur à J47), des prises de températures centrales sont pratiquées avant les traitements (avant allumage des radiants), pendant les traitements (après 12h et 3h d'exposition), à la fin des traitements (2h après extinction des radiants et aération du bâtiment) et enfin 12h après fin des traitements.

### **II.2.3.2 Rendements en organes et morphométrie digestive**

Un effectif de 8 poulets est sélectionné sur la base d'un poids vif représentatif pour chaque lot et prélevé aux 13<sup>ème</sup>, 26<sup>ème</sup>, 40<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jours d'âge. Le sexage est pris en considération en fin de phase de croissance et de finition (J40 et J50). Dans cette optique, les poulets sont sacrifiés par saignée, plumés puis disposés en position dorsale sur une table de dissection. À l'aide d'une paire de ciseaux, une incision est pratiquée à partir du bec en rejoignant l'axe médian du bréchet jusqu'à la région cloacale. La peau au niveau abdominal est écartée et une incision est pratiquée au niveau de la paroi abdominale à l'aide d'une lame de bistouri, puis prolongée jusqu'au muscles pectoraux. Le volet abdominal est ainsi soulevé laissant apparaître le gras abdominal qui est soigneusement retiré ce qui permet d'atteindre le foie et le cœur qui sont à leurs tours isolés par ligature des gros vaisseaux à l'aide d'une pince chirurgicale. L'œsophage est détaché de l'arrière du pharynx permettant ainsi de décoller le jabot de la trachée et de la cage thoracique rendant la masse digestive libre qui est

progressivement inclinée vers l'arrière et ce qui permet de l'extraire totalement de la carcasse. L'appareil digestif est alors disposé sur un plateau en inox, le gésier est ainsi prélevé puis vidé de son contenu. À leurs tours, le duodénum, le jéjunum et l'iléon sont retirés après ligature de chacune de leurs attaches, ils sont vidés puis nettoyés. Les mesures morphométriques concernent les longueurs de chaque compartiment de l'intestin grêle qui sont déterminés à l'aide d'un mètre ruban. Par ailleurs, les rendements (%) des organes et des portions de l'intestin sont obtenus en les pesants séparément à l'aide d'une balance analytique et en les rapportant au poids vif de l'animal selon la formule suivante :

$$\text{Rendement en organes (\%)} = \frac{\text{Poids de l'organe}}{\text{Poids vif de l'animal}} \times 100$$

## II.2.4 Méthodes de mesure des marqueurs sanguins

Afin de pratiquer les analyses sanguines, il est utile de rappeler que les animaux prélevés sont ceux ayant fait l'objet de mesure du rendement en organes et de la morphométrie digestive et aux âges cités précédemment (13, 26, 40 et 50). Ces mêmes animaux sont mis à jeun pendant 12h avant la collecte de leur sang. À cet effet, au moment de la saignée, le sang est prélevé au niveau de la veine jugulaire dans des tubes préalablement identifiés de type EDTA et héparinés. Il est à noter que les tubes EDTA sont utilisés pour la détermination des marqueurs hématologiques, alors que, les tubes héparinés sont quant à eux utilisés pour la détermination des marqueurs biochimiques et hormonaux. Le sang ainsi prélevé est directement centrifugé à une vitesse de 3000 tours/min pendant 15min, le surnageant (plasma) est à son tour récupéré à l'aide de micropipettes munis d'embouts à usage unique puis placés dans des tubes de types eppendorfs. Ces derniers sont conservés à une température de -20°C à des fin d'analyses.

### II.2.4.1 Hémogramme

Les paramètres hématologiques sont déterminés sur sang frais. La méthode utilisée est dite colorimétrique, celle-ci est basée sur le comptage des globules (TIETZ, 1995). Pour ce faire, un automate d'hématologie de type ADVIA 560 est utilisé et la lecture des résultats se fait à une longueur d'ondes de 546nm. Les constituants hématologiques quantifiés concernent le nombre de globules blancs, le nombre de globules rouges, l'hémoglobine et l'hématocrite.

Les constituants des globules rouges seront également dosés et concernent le volume globulaire moyen, la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine ainsi que la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine.

#### **II.2.4.2 Marqueurs biochimiques**

Les paramètres biochimiques sont déterminés en usant d'un spectrophotomètre de type Biotecnica instrument / BT 3000. Des kits de réactifs de type SPINREACT sont utilisés et la lecture des résultats se fait à différentes longueurs d'ondes. En effet, les taux circulants de glucose sanguin sont déterminés par la méthode enzymatique (GOD-PAP) à une longueur d'ondes de 505nm (**TRINDER**, 1969). Le cholestérol et les triglycérides sont dosés selon les protocoles expérimentaux de **MEIATTINI** et al., (1978) et de **FOSSATI et PRENCIPE**, (1982) respectivement pour les deux marqueurs. La méthode colorimétrique enzymatique (GPO-PAP) est employée et à une longueur d'ondes de 505nm. Les indicateurs hépatiques, à savoir, l'Aspartate Amino Transférase (ASAT) et Alanine Amino Transférase (ALAT) sont déterminés par la méthode colorimétrique à une longueur d'ondes de 500nm (**BERGMEYER** et al., 1978). Les protéines métaboliques qui renferment les protéines totales, l'albumine et les globulines sont évaluées par la méthode colorimétrique (méthode Biuret) à une longueur d'ondes de 540nm (**GRONALL** et al., 1949). Enfin, les indicateurs rénaux (urée, créatinine et acide urique) ainsi que des marqueurs de l'ionogramme (sodium, potassium et chlore) sont déterminés par la méthode colorimétrique à une longueur d'ondes de 500nm (**TIETZ**, 1995).

#### **II.2.4.3 Marqueurs hormonaux**

Le dosage des différentes hormones est obtenu par la méthode immunologique enzymatique. Ceci est rendu possible en usant d'un automate analyseur de type AIA 360 en utilisant des kits ELISA pour chaque hormone dosée (**EASTMAN** et al., 1975). Les taux circulants des hormones mesurées concernent la Triiodothyronine (T3) en usant du kit (DRG FreeT3 ELISA : EIA-3801), la Thyroxine (T4) en utilisant le kit (DRG FreeT4 ELISA : EIA-3775), la corticostéronémie est déterminée à l'aide du kit (DRG Corticostérone ELISA : EIA-4164). Enfin, le cortisol est obtenu par l'emploi du kit (DRG cortisol ELISA : EIA-1887).

## II.2.5 Traitement des données

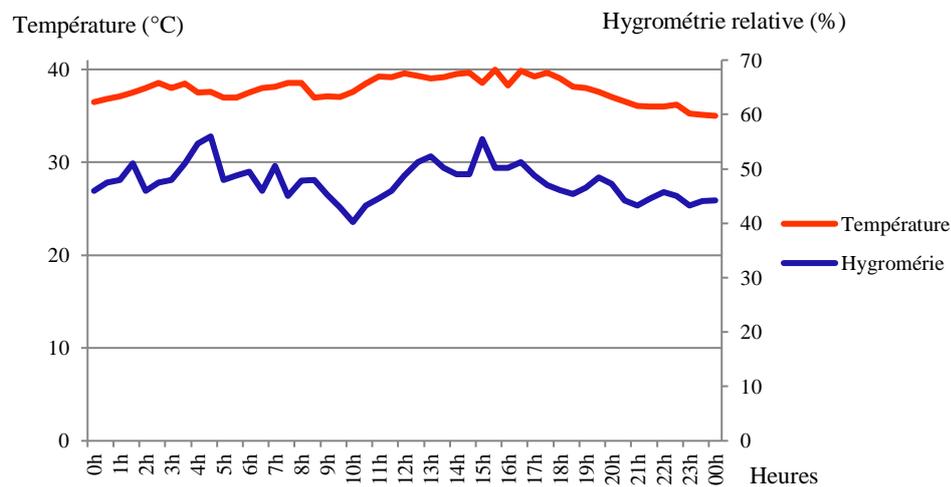
Les données enregistrées pour chaque paramètre étudié sont représentées par la moyenne suivie de l'écart type. Par la suite, un traitement statistique des données est réalisé à l'aide du logiciel EXCEL Microsoft (version 2007) en effectuant une analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) et soumis à un test à trois degrés de signification. Les différences constatées sont considérées significatives ( $\alpha=5\%$ ), très significatives ( $\alpha=1\%$ ) voire, hautement significatives ( $\alpha=0,1\%$ ).

## Chapitre II : Résultats et discussion

### I. Conditions expérimentales

#### I.1 Manipulations thermiques

La première manipulation des poussins consiste à les conditionner à la chaleur à un âge précoce. À cet effet, un lot est exposé à une température ambiante au-delà des valeurs normatives. Le traitement est observé au 5<sup>ème</sup> jour d'âge où les poussins subissent une augmentation de la température ambiante durant 24h. Les relevés des paramètres d'ambiance indiquent que le traitement se déroule sous une température moyenne de  $37,01 \pm 1,7^\circ\text{C}$  et sous une hygrométrie relative de  $47,6 \pm 5,2\%$  (figure 2).

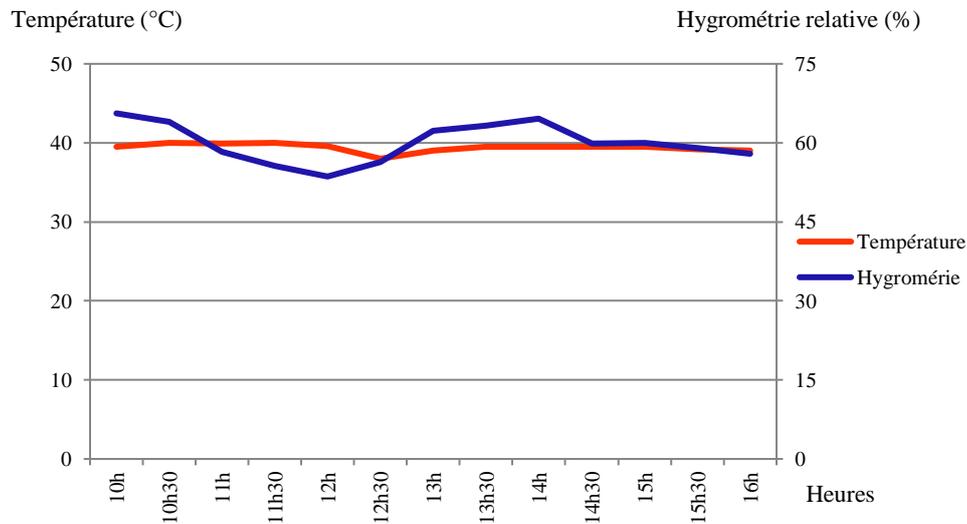


**Figure N°2** : Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative lors du conditionnement thermique (J5).

Les conditions expérimentales adoptées s'accordent parfaitement avec plusieurs travaux dont ceux de **DE BASILIO** et al., (2003) ; **TEMIM** et al., (2009) et **OKE** et al., (2020) qui exposent des poussins, au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, pendant 24h sous des températures moyennes comprises entre 36 et 40°C afin de les conditionner à la chaleur.

Le deuxième traitement est observé en phase de finition, plus précisément au 47<sup>ème</sup> jour d'âge ; il consiste en la provocation d'un coup de chaleur en élevant la température ambiante. Celui-ci se déroule sur une durée de 6h, de 10h00 à 16h00, où les températures moyennes

enregistrées sont caniculaires et s'établissent à  $39,3\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  et les hygrométries relatives sont de  $60,0\pm 3,1\%$  (figure 3).



**Figure N°3** : Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative lors du coup de chaleur (J47).

Ce coup de chaleur provoqué est censé d'une part reproduire les conditions qui peuvent être rencontrées sur le terrain en Algérie (augmentation brusque et brutale de la température) et d'autre part, il est pratiqué dans l'optique de tester une éventuelle acquisition d'une thermotolérance des poulets conditionnés à la chaleur à un âge précoce.

## I.2 Paramètres d'ambiance

Tel que indiqué dans la partie matériel et méthodes, suite au conditionnement thermique précoce, les poussins sont remis dans le même bâtiment et dans des box distincts où ils subissent les variations naturelles des conditions climatiques estivales. À cet effet, pendant le déroulement de l'expérimentation, les relevés de températures enregistrées indiquent des moyennes qui s'établissent à  $33,88\pm 3,08$  ;  $32,09\pm 2,59$  et à  $32,18\pm 2,56^{\circ}\text{C}$  respectivement pour les phases de démarrage, de croissance et de finition (tableau 1). Pour leurs parts, les humidités relatives moyennes notées durant l'expérimentation sont respectivement de  $52,96\pm 8,86$  ;  $66,68\pm 10,34$  et de  $63,78\pm 12,04\%$  pour les trois phases d'élevage.

**Tableau N°1** : Paramètres d'ambiance durant l'expérimentation.

Phases d'élevage	Températures (°C)	Hygrométries relatives (%)
<b>Démarrage (J1 – J10)</b>	33,88±3,08	52,96±8,86
<b>Croissance (J11 – J42)</b>	32,09±2,59	66,68±10,34
<b>Finition (J43 – J50)</b>	32,18±2,56	63,78±12,04

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type.

L'analyse des résultats indique que l'expérimentation est menée dans des conditions de stress thermique chronique au vu des températures enregistrées et qui dépassent très largement les valeurs préconisées. En effet, le guide d'élevage de la souche étudiée **ARBOR ACRES Plus**, (2014) recommande des températures moyennes de réception de 33°C, par la suite, la température doit être revue à la baisse chaque trois jours de 2 à 3°C pour se stabiliser autour de 18 à 20°C du 35<sup>ème</sup> jour d'âge jusqu'à la fin de l'élevage. Ces températures élevées génèrent automatiquement un assèchement de l'atmosphère dont témoignent les valeurs moyennes relativement basses pour l'hygrométrie relative car selon le même guide d'élevage, l'humidité doit se s'établir en moyenne à 70%.

Dans un autre cadre, il est utile de noter que **ARMSTRONG**, (1994) évalue le stress subit par les oiseaux à travers deux composantes des conditions d'ambiance, à savoir, la température d'élevage et l'humidité relative. Ceci devient possible en calculant un indice qui prend l'appellation de **THI** (Temperature Humidity Index). Ce dernier est déterminé par la formule suivante :

$$\text{THI} = (1,8T + 32) - (0,55 - (0,0055 \times H)) \times (1,8T - 26)$$

THI Temperature Humidity Index ; T : Température ambiante (°C) ; H : Hygrométrie relative (%).

Le calcul du THI révèle des valeurs qui s'établissent à 83,92 ; 83,73 et à 83,54 respectivement pour les phases de démarrage, de croissance et de finition (tableau 2). Par ailleurs, cet indice se situe à 86,84 lors du conditionnement thermique (J5) et atteint 92,90 lors du coup de chaleur (J47).

**Tableau N°2** : Indices THI durant l'expérimentation.

Phases d'élevage	Indices THI
<b>Démarrage (J1 – J10)</b>	83,92
<b>Croissance (J11 – J42)</b>	83,73
<b>Finition (J43 – J50)</b>	83,54
<b>Conditionnement thermique (J5)</b>	86,84
<b>Coup de chaleur (J47)</b>	92,90

Ces résultats révèlent aussi que les poulets sont menés dans des conditions stressantes puisque **ZIMBELMAN** et al., (2009) et **DASH** et al., (2016) classent l'impact des indices THI sur la physiologie des poulets. Lorsque le THI est inférieur à 72, l'appétit et les performances des oiseaux sont conservés. Entre 72 et 80, les oiseaux recherchent de l'ombre, leur fréquence respiratoire augmente et il ya une vasodilatation périphérique. Pour des THI compris entre 80 et 90, la consommation alimentaire diminue et la température corporelle augmente. Enfin, le THI est considéré sévère entre 90 et 98 avec une baisse prononcée des performances zootechniques, au-delà de 98, il peu être fatal en provoquant des mortalités par hyperthermie. Enfin, ces premiers résultats qui concernent l'ensemble des paramètres d'ambiance dénotent que les poulets subissent le stress thermique, de façon chronique, pour les trois phases d'élevage. Ces constatations sont appuyées par les valeurs de THI enregistrées. Ce stress généré par la chaleur est encore plus important lors du conditionnement thermique (J5) et durant le coup de chaleur (J47) particulièrement. Toutes ces conditions peuvent permettre, d'une part, d'évaluer le niveau d'influence du conditionnement thermique précoce sur différentes sphères (Performances zootechniques, température centrale, rendement en organes, morphométrie digestive et constantes biologiques) et d'autre part, de tester l'efficacité du conditionnement thermique en tant que moyen de lutte contre la chaleur, notamment sur le taux de mortalité et qui seront développés dans la suite de ce travail.

## **II. Influence du pré conditionnement thermique sur les indicateurs de production**

Les performances de croissance sont mesurées chaque semaine au 10<sup>ème</sup>, 17<sup>ème</sup>, 24<sup>ème</sup>, 31<sup>ème</sup>, 37<sup>ème</sup>, 42<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jour d'âge. Le sexage est pris en considération pour les deux derniers prélèvements (J42 et J50).

### **II.1 Ingestion alimentaire et indice de consommation**

Les résultats des quantités moyennes d'aliment ingéré montrent que les poulets conditionnés à la chaleur consomment moins d'aliment par rapport aux poulets du lot témoin pour les différents prélèvements effectués. En effet, au 10<sup>ème</sup> jour d'âge, les quantités moyennes notées montrent une diminution significative (-17,75% ; p=0,049). Au 17<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution se maintien avec des moyennes notées de 77,959±13,083 vs 84,755±11,330g/s/j respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 3). La diminution est pour sa part hautement significative (p=0,00026) au 24<sup>ème</sup> jour d'âge et

affiche un écart de -11,85%. Au 31<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence non significative est notée et affiche -19,89%. La diminution de la consommation alimentaire chez les poulets conditionnés à la chaleur persiste, et de façon hautement significative, aux prélèvements effectués au 37<sup>ème</sup>, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge et sur toute la durée de la phase de croissance (J11 à J42). Les écarts notés sont de (-28,58% ; p=0,00012), de (-23,46% ; p=0,00092) et de (-18,43% ; p=0,00027) respectivement pour ces trois prélèvements. En phase de finition, cette tendance générale de résultats persiste, une différence de l'ordre de -5,08% est notée mais de façon non significative. Enfin, sur la durée de toute l'expérimentation (J1 à J50), d'un point de vue statistique, la consommation alimentaire n'est pas affectée, toutefois, elle montre une tendance baissière chez le lot conditionné avec un écart qui affiche -16,07%.

**Tableau N°3** : Influence du pré conditionnement thermique sur l'ingestion alimentaire (g/s/p).

Âges de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>Phase de démarrage</b>	<b>J1 à J10</b>	20,042±4,591	17,020±1,292	<b>p = 0,049</b>
<b>Phase de croissance</b>	<b>J17</b>	84,755±11,330	77,959±13,083	<b>NS</b>
	<b>J24</b>	118,322±6,108	105,786±2,219	<b>p = 0,00026</b>
	<b>J31</b>	104,803±6,001	87,417±1,715	<b>NS</b>
	<b>J37</b>	143,205±10,711	111,372±7,134	<b>p = 0,00012</b>
	<b>J42</b>	123,474±8,122	100,008±6,290	<b>p = 0,00092</b>
	<b>J11 à J42</b>	113,491±21,680	95,829±14,133	<b>p = 0,00027</b>
<b>Phase de finition</b>	<b>J42 à J50</b>	90,320±4,5184	85,955±3,785	<b>p = 0,048</b>
<b>J1 à J50</b>		91,095±40,767	78,484±33,243	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type.

L'analyse des résultats fait ressortir que la consommation alimentaire montre des dégradations chez les poulets conditionnés à la chaleur. Cette tendance de résultats est en désaccord avec plusieurs travaux puisque **GOUDA** et al., (2017) notent une amélioration de la consommation alimentaire chez des poulets conditionnés à la chaleur au 5<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **FERNANDES** et al., (2013) et **SHAMMA** et al., (2014) rapportent que l'ingestion alimentaire est quasi inchangée où ils observent des niveaux de consommation égaux entre des poulets conditionnés aux hautes températures et des poulets témoins non conditionnés. Il est utile de noter que la lecture de ces résultats doit se faire avec beaucoup de prudence car la consommation alimentaire devrait être observée avec l'ensemble des performances, particulièrement le poids vif et l'indice de consommation. À cet effet, les résultats de l'indice

de consommation montrent, de façon globale, une amélioration chez le lot conditionné par rapport au lot témoin pour les différents prélèvements. Au 10<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution de l'ordre de -13,24% est notée. Durant la phase de croissance (J11 à J42), la diminution (-21,32%) est significative ( $p=0,0034$ ) affichant des indices de  $1,731\pm 0,17$  vs  $2,100\pm 0,32$  respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 4). Les différences enregistrées montrent des écarts de -13,58% ; -18,34% ; -19,77% ; -29,44% et -30,00% respectivement pour les âges de prélèvement correspondants aux 17<sup>ème</sup>, 24<sup>ème</sup>, 31<sup>ème</sup>, 37<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> jours d'âge. Ces constatations sont observées même en phase de finition, la diminution est significative ( $p=0,030$ ) et montre des écarts de -31,95% et de -33,81% respectivement de J42 à J50 et à J50. Enfin, sur la durée de toute l'expérimentation (J1 à J50), une diminution significative de l'indice de consommation (-23,38% ;  $p=0,031$ ) est notée chez les poulets conditionnés à la chaleur par rapport aux poulets témoins.

**Tableau N°4** : Influence du pré conditionnement thermique sur l'indice de consommation.

Âges de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
Phase de démarrage	J10	1,71	1,51	/
Phase de croissance	J17	1,84	1,62	<b>p = 0,034</b>
	J24	2	1,69	
	J31	2,12	1,77	
	J37	2,33	1,8	
	J42	2,6	2	
	J11 à J42	$2,100\pm 0,32$	$1,731\pm 0,17$	
Phase de finition	J50	2,81	2,1	<b>p = 0,030</b>
	J42 à J50	$2,705\pm 0,15$	$2,050\pm 0,07$	
J1 à J50		$2,201\pm 0,40$	$1,784\pm 0,20$	<b>p = 0,031</b>

Ces résultats s'accordent avec plusieurs études qui constatent que les manipulations thermiques à jeune âge des poussins améliorent l'indice de consommation. En effet, **FERNANDES** et al., (2013) constatent 1,53 vs 1,57 au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, **HAMMOUCHE** et al., (2011) notent des indices de consommation qui s'établissent à  $1,81\pm 0,31$  vs  $2,04\pm 0,16$  au 53<sup>ème</sup> jour d'âge, **SHAMMA** et al., (2014) observent  $1,95\pm 0,06$  vs  $1,98\pm 0,03$  à la 6<sup>ème</sup> semaine et **GOUDA** et al., (2017) rapportent  $1,81\pm 0,120$  vs  $1,88\pm 0,144$  au 42<sup>ème</sup> jour, respectivement pour des poulets conditionnés à la chaleur et pour des poulets témoins non conditionnés. Cette évolution des résultats laisse apparaître aussi que les poulets conditionnés à la chaleur montrent des signes d'adaptation à des conditions de stress thermique puisqu'il est généralement observé des dépréciations de l'indice de consommation

chez les poulets menés sous stress thermique par rapport aux poulets menés sous des températures recommandées. En effet, respectivement pour des poulets élevés sous stress thermique et pour des poulets élevés à thermoneutralité, **RASHIDI** et al., (2010) enregistrent 1,96 vs 1,89 au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, **AWAAD** et al., (2018) constatent  $1,676 \pm 0,028$  vs  $1,642 \pm 0,024$  au 35<sup>ème</sup> jour, **OLFATI** et al., (2018) observent  $2,17 \pm 0,09$  vs  $1,93 \pm 0,03$  au 42<sup>ème</sup> jour, **KHALIFA** et al., (2019) rapportent 2,37 vs 1,99 à la 6<sup>ème</sup> semaine et **SHAKERI** et al., (2019) notent 1,85 vs 1,82 au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Ces dépréciations observées seraient générées par le stress thermique qui induit une élévation de la température centrale des oiseaux qui entraîne, à son tour, une diminution de l'ingéré alimentaire et par conséquent dégrade le gain de poids et l'indice de consommation des oiseaux (**CAHANER** et **LEENSTRA**, 1992 ; **WAIBEL** et **MAC LEOD**, 1995 ; **AÏN BAZIZ** et al., 1996 ; **YALÇIN** et al., 1997 et **SETTAR** et al., 1999).

## II.2 Poids vif et gain de poids vif

À la réception des poussins et suite à leur division en deux groupes, les poids vif moyens notés sont de  $36,184 \pm 2,372$  vs  $38,021 \pm 3,126$ g/s respectivement pour le lot témoin et pour le lot expérimental (tableau 5). Durant la phase de croissance, au 10<sup>ème</sup> jour d'âge, les résultats révèlent que le lot témoin présente une augmentation significative ( $p=0,016$ ) du poids vif où un écart de +2,33% est observé. Pour le reste des prélèvements, l'évolution s'inverse totalement et dévoile de meilleurs poids vifs chez les poulets conditionnés. En effet, au 17<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est significative ( $p=0,020$ ) et révèle un écart de +2,22%. Cette augmentation est de +3,77% au 24<sup>ème</sup> jour d'âge et de façon hautement significative ( $p=0,00017$ ). Au 31<sup>ème</sup> jour d'âge et de façon significative ( $p=0,021$ ), la différence observée se situe à +2,72%. L'augmentation devient très significative ( $p=0,0034$ ) à l'âge de 37 jours et représente un ordre de grandeur de +2,25%. Au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation (+2,62%) demeure significative ( $p=0,034$ ) et toujours chez le lot conditionné à la chaleur en considérant mâles et femelles. Par ailleurs, la même tendance est observée chez les mâles, de façon non significative, avec une augmentation de +5,47%. En revanche, chez les femelles, une très légère amélioration, non significative, du poids vif moyen des poulets témoins est notée et affiche un écart de +0,28%. À la fin de l'expérimentation (J50), les poulets conditionnés à la chaleur révèlent une augmentation (+5,40%) significative ( $p=0,012$ ) du poids vif moyen chez les mâles et les femelles. Ladite augmentation est non significative et montre des écarts de

+5,08% et de +5,75% respectivement pour les mâles et pour les femelles.

**Tableau N°5** : Influence du prè conditionnement thermique sur le poids vif (g/s/p).

Âges de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification	
Phase de démarrage	J1	36,184±2,372	38,021±3,126	NS	
	J10	154,330±14,432	150,740±14,383	<b>p = 0,016</b>	
Phase de croissance	J17	476,770±40,061	487,601±46,584	<b>p = 0,020</b>	
	J24	890,901±80,783	925,771±89,876	<b>p = 0,00017</b>	
	J31	1236,952±144,57	1271,492±132,891	<b>p = 0,021</b>	
	J37	1605,722±114,091	1642,732±118,533	<b>p = 0,0034</b>	
	J42	Global	1843,173±215,131	1892,753±212,130	<b>p = 0,034</b>
		Mâles	1825,082±189,240	1930,672±227,418	NS
		Femelles	1861,942±191,813	1856,622±152,489	NS
Phase de finition	J50	Global	2100,313±300,372	2220,203±263,371	<b>p = 0,012</b>
		Mâles	2230,501±316,521	2350,001±212,846	NS
		Femelles	1970,042±284,901	2090,142±250,194	NS

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type.

L'examen des résultats du gain de poids vif révèle une amélioration de cette performance chez les poulets conditionnés à la chaleur. En effet, mis à part le 10<sup>ème</sup> jour d'âge où c'est le lot témoin qui affiche un meilleur gain de poids avec des valeurs respectives de 117,212±4,824 vs 112,722±11,814g/s/p (tableau 6). Pour le reste des prélèvements, la tendance s'inverse. Des écarts de l'ordre de +4,28% ; +5,49% ; +0,09% ; +0,66% et de +5,03% sont respectivement notés pour le 17<sup>ème</sup>, 24<sup>ème</sup>, 31<sup>ème</sup>, 37<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Sur l'ensemble de la phase de croissance, soit du 11<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, la même évolution est observée avec une augmentation qui se situe à +2,59%. En phase de finition, une augmentation spectaculaire du gain de poids est notée et se situe pour sa part à +21,47%. Les résultats révèlent aussi que durant toute l'expérimentation, le gain de poids vif moyen est plus élevé chez le lot conditionné à la chaleur avec un écart de +5,72%. Enfin, il apparaît que les différences obtenues pour ce paramètre restent statistiquement non significatives (p>0,05).

**Tableau N°6** : Influence du pré conditionnement thermique sur le gain de poids vif (g/s/p).

Âges de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
Phase de démarrage	J1 à J10	117,212±4,824	112,722±11,814	NS
Phase de croissance	J17	322,442±17,211	336,861±24,372	NS
	J24	414,131±36,945	438,171±17,188	NS
	J31	345,723±16,683	346,052±31,068	NS
	J37	368,770±23,722	371,240±25,338	NS
	J42	237,451±25,616	250,021±21,925	NS
	J11 à J42	336,413±72,053	345,357±71,687	NS
Phase de finition	J42 à J50	257,141±21,922	327,451±27,070	NS
De J1 à J50		284,150±102,868	301,391±108,412	NS

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type.

L'analyse globale des résultats pour le poids vif et pour le gain de poids vif montre une évolution assez spécifique. En effet, le prélèvement qui survient quelques jours après le conditionnement thermique, en l'occurrence le 10<sup>ème</sup> jour d'âge, révèle une diminution de ces paramètres. Ultérieurement, ces dépréciations sont rattrapées et c'est le lot conditionné qui enregistre les meilleures performances. Ces résultats s'accordent avec plusieurs études qui indiquent que le conditionnement thermique améliore le poids vif et le gain de poids vif chez des poulets conditionnés à la chaleur. En effet, **AL-RUKIBAT** et al., (2017) et **OUCHI** et al., (2021) observent, respectivement au 42<sup>ème</sup> et au 47<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation du poids vif des poulets conditionnés à la chaleur. De leurs côtés, **GOUDA** et al., (2017) constatent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation du poids vif (1908,3±129,49 vs 1830,8±138,30g/s) et du gain de poids vif (1867,3±129,53 vs 1788,6±138,38). Il en est de même pour **SALEH** et al., (2020) qui notent, entre le 28<sup>ème</sup> et le 37<sup>ème</sup> jour d'âge, une amélioration du poids vif (2440±82,5 vs 2302,8±79,7g) et du gain de poids vif (226±34,7 vs 188,3±47,7g) pour des poulets conditionnés durant la phase d'incubation. Cette évolution des résultats est aussi en faveur d'une amélioration de la tolérance à la chaleur des poulets de chair d'autant plus que **AL-FATAFTAH** et **ABU-DIEYEH**, (2007) ; **RASHIDI** et al., (2010) ; **AWAAD** et al., (2018) ; **OLFATI** et al., (2018) ; **KHALIFA** et al., (2019) et **SHAKERI** et al., (2019) rapportent que les conditions de stress thermique déprécient les indicateurs de production dont le poids vif et le gain de poids vif. Enfin, **ABU-DIEYEH**, (2006) et **AZAD** et al., (2010) attribuent la dégradation des indicateurs de croissance chez les poulets de chair élevés sous stress thermique, cyclique, chronique ou aigu, principalement à la diminution de la consommation alimentaire. Cela se traduit dans un deuxième temps par une diminution de

l'apport en nutriments impactant ainsi la croissance et le développement musculaire selon les mêmes auteurs.

### II.3 Taux de mortalité

Les mortalités sont enregistrées quotidiennement et les taux sont mesurés pour les différents âges de prélèvements. Le taux de mortalité est mesuré à part lors du conditionnement thermique (J5) et lors du coup de chaleur. À cet effet, durant la période de démarrage, le lot témoin affiche un taux de 4% alors que le lot conditionné révèle un taux de 6% (tableau 7). À partir de cette date de prélèvement, c'est le lot expérimental qui montre une amélioration de ce paramètre. En effet, pour toute la durée de croissance (J11 à J42), le taux de mortalité affiche une augmentation de +57,44% en termes de proportions pour le lot témoin. Pour les prélèvements effectués lors de cette même phase, le taux de mortalité affiche des augmentations hautement significative ( $p=0,00034$ ) qui montrent des écarts de +66,02% ; +38,72% ; +56,49% ; +43,62% et de +86,95% respectivement aux 17<sup>ème</sup>, 24<sup>ème</sup>, 31<sup>ème</sup>, 37<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> jours d'âge. En phase de finition, soit du 42<sup>ème</sup> au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation significative ( $p=0,030$ ) de la mortalité est enregistrée atteignant un écart de +69,19%. Enfin, sur toute la durée de l'expérimentation (J1 à J50), la mortalité est plus élevée chez le lot témoin (+51,85%) par rapport au lot conditionné et de façon hautement significative ( $p=0,00013$ ).

**Tableau N°7** : Influence du pré conditionnement thermique sur le taux de mortalité (%).

Âges de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>Phase de démarrage</b>	<b>J1 à J10</b>	4,00	6,00	/
<b>Phase de croissance</b>	<b>J17</b>	3,12	1,06	<b>p=0,00034</b>
	<b>J24</b>	4,39	2,69	
	<b>J31</b>	5,08	2,21	
	<b>J37</b>	2,98	1,68	
	<b>J42</b>	4,29	0,56	
	<b>J11 à J42</b>	18,75	7,98	
<b>Phase de finition</b>	<b>J50</b>	5,11	2,94	<b>p=0,030</b>
	<b>J42 à J50</b>	23,92	7,34	
<b>De J1 à J50</b>		40,50	19,50	<b>p=0,00013</b>

Lors des traitements particuliers, la mortalité est plus élevée chez les poulets conditionnés à la chaleur le jour du traitement (J5) avec des moyennes respectives de 0,5 vs 4% (tableau 8).

En revanche, lors du 47<sup>ème</sup> jour d'âge, c'est le lot témoin qui révèle un taux de mortalité accru qui atteint les 15,95% alors que le lot conditionné affiche 3,95%. En termes de ratio, cet écart représente +75,23%.

**Tableau N°8** : Taux de mortalité durant les manipulations thermiques (%).

Âges de prélèvements	Lot T	Lot C
Conditionnement thermique précoce (J5)	0,5	4
Coup de chaleur (J47)	15,95	3,95

L'analyse globale des résultats indique que le taux de mortalité est plus élevé chez les poulets conditionnés à la chaleur le jour du traitement, ce qui impacte aussi ce paramètre durant la phase de démarrage. Ces observations sont rapportées dans l'étude de **DE BASILIO** et al., (2001b) qui indiquent que le traitement du conditionnement thermique à jeune âge induit une élévation du taux de mortalité et l'attribuent principalement à l'augmentation de la température. Par ailleurs, la mortalité montre une nette amélioration lors de la phase de croissance et particulièrement lors de la phase de finition. Cette évolution des résultats corrobore plusieurs travaux qui rapportent que le conditionnement thermique précoce concourt à améliorer le taux de mortalité. Dans ce sens, **SHAMMA** et al., (2014) ; **EZZAT** et al., (2017) et **RIZK** et al., (2018) rapportent une amélioration de la mortalité chez des poulets conditionnés à la chaleur, ils notent des taux respectifs dans leurs travaux qui s'établissent à  $3,33 \pm 1,67$  vs  $6,67 \pm 1,67\%$  ;  $20,00$  vs  $25,00\%$  et à  $11,21$  vs  $13,33\%$ . Cette évolution des résultats semble aussi en faveur d'une meilleure tolérance à la chaleur d'autant plus que **AMAND** et al., (2004) ; **CHAKROUN**, (2004) et **FATHY**, (2006) notent des augmentations de la mortalité sous stress thermique. Il en est de même pour **AWAAD** et al., (2018) qui rapportent des taux de mortalité de  $8,00 \pm 1,51$  vs  $5,00 \pm 1,25\%$  respectivement pour des poulets de chair de souche Arbor Acres conduits sous stress thermique et sous des températures neutres. Lors de l'application du coup de chaleur en fin d'élevage, les résultats laissent apparaître une très grande incidence sur la mortalité, ce qui conforte l'éventualité d'un développement d'une certaine thermotolérance. Enfin, **MARDER** et **ARAD**, (1989) rapportent que lorsque les limites de l'adaptation des moyens de thermolyse sont atteintes, une situation de détresse physiologique s'installe. Cette situation de détresse connaît différents états dont l'alcalose respiratoire induite par une hyperventilation pulmonaire et peut aller jusqu'à des dysfonctionnements du système nerveux central conduisant ainsi à la survenue de la mortalité selon les mêmes auteurs. Pour leurs parts, **SANDERCOCK** et al.,

(2001) observent également des mortalités en étroite liaison avec une éventuelle altération de l'intégrité et de l'excitabilité des membranes musculaires suite à des modifications de la concentration du calcium intracellulaire.

### III. Influence du pré conditionnement thermique sur des mesures biologiques

#### III.1 Température centrale

La température corporelle est mesurée au 13<sup>ème</sup>, 26<sup>ème</sup>, 40<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jour d'âge sur 20 poulets sélectionnés et identifiés dès la réception. Cette mesure est également pratiquée lors des deux traitements, à savoir, le conditionnement thermique ainsi que le jour du coup de chaleur. En effet, les mesures sont réalisées avant les traitements (avant allumage des radiants), pendant les traitements et après extinction des radiants (2h et 12h). À cet effet, au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, avant le traitement du conditionnement thermique, les températures corporelles moyennes des deux lots sont quasi égales et affichent  $41,02 \pm 0,92$  vs  $40,94 \pm 1,02$  °C respectivement pour le lot témoin et pour le lot traité (tableau 9). En revanche, le conditionnement thermique induit une augmentation très significative ( $p=0,0011$ ) de la température corporelle qui atteint une différence de  $+1,07$  °C. Cette augmentation persiste, de façon très significative ( $p=0,0019$ ), 2h après la fin du traitement et révèle un écart de  $+1,12$  °C. Il en est de même 12h après arrêt du traitement, une augmentation très significative ( $p=0,0091$ ) est notée et un écart de  $+0,83$  °C est constatée.

**Tableau N°9 :** Évolution de la température centrale durant le pré conditionnement thermique (°C).

Jours de prélèvements	Lot T	Lot C	Signification
<b>Avant le conditionnement</b>	$41,02 \pm 0,92$	$40,94 \pm 1,02$	<b>NS</b>
<b>Pendant le conditionnement</b>	$40,97 \pm 0,90$	$42,04 \pm 1,00$	<b>p=0,0011</b>
<b>2h après fin du conditionnement</b>	$40,77 \pm 1,12$	$41,89 \pm 1,01$	<b>p=0,0019</b>
<b>12h après fin du conditionnement</b>	$40,81 \pm 0,71$	$41,64 \pm 1,14$	<b>p=0,0091</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=20.

Ces résultats révèlent que la température centrale montre des augmentations significatives durant le conditionnement thermique. Ces observations s'accordent avec les travaux de **HAMMOUCHE.**, (2011) qui constatent des augmentations de la température centrale durant le conditionnement thermique, au 5<sup>ème</sup> et au 7<sup>ème</sup> jour d'âge, de poussins de souche Arbor Acres. Les moyennes notées s'établissent à  $41,43 \pm 0,42$  vs  $41,07 \pm 0,32$  °C et à  $42,02 \pm 0,32$  vs

41,92±0,38°C respectivement pour les deux jours de traitement. Ces constatations sont rapportées dans les travaux de **YAHAV** et **HURWITZ**, (1996) ; **YAHAV** et al., (1997) et de **DE BASILIO** et al., (2001b) qui rapportent qu'un stress thermique initial au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, avec une exposition à 36°C pendant 24 heures provoque une élévation de la température corporelle de 1°C.

Durant l'élevage, les résultats montrent une très légère augmentation de la température corporelle au 13<sup>ème</sup> jour d'âge chez le lot témoin (41,41±0,32°C) par rapport au lot conditionné (41,33±0,34°C) (tableau 10). Cette augmentation est toutefois non significative ( $p>0,05$ ) et affiche un écart minime de +0,08°C en termes de valeurs absolues. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, les températures corporelles moyennes relevées sont quasi égales entre les deux lots avec une augmentation minime aussi de +0,02°C en termes de valeurs absolues chez le lot témoin. Par ailleurs, au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, la température rectale montre une augmentation très significative ( $p=0,002$ ) chez le lot témoin. La différence en termes de valeurs absolues s'établit à +0,38°C. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, cette différence s'amplifie et affiche +0,58°C, mais reste non significative ( $p>0,05$ ) statistiquement.

**Tableau N°10** : Influence du pré conditionnement thermique sur la température centrale (°C).

Jours de prélèvements	Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>	41,41±0,32	41,33±0,34	<b>NS</b>
<b>J26</b>	41,24±0,33	41,22±0,22	<b>NS</b>
<b>J40</b>	41,40±0,31	41,02±0,44	<b>p=0,002</b>
<b>J50</b>	42,31±0,42	41,73±0,40	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=20.

Lors du coup de chaleur, soit au 47<sup>ème</sup> jour d'âge, avant même l'application de ce traitement particulier, la température rectale moyenne du lot témoin est significativement ( $p=0,033$ ) plus élevée et révèle une différence de +0,38°C en termes de valeurs absolues. Pendant le coup de chaleur, le lot témoin affiche des températures centrales moyennes de 44,40±0,81°C et lot traité révèle une moyenne de 43,31±0,83°C (tableau 11). D'un point de vu statistique, cette augmentation est hautement significative ( $p=0,0001$ ) et révèle une différence qui s'établit à +1,09°C. Ladite augmentation (+0,5°C) de la température rectale persiste chez le lot témoin, 2h après fin du traitement, et de façon significative ( $p=0,027$ ). Enfin, même 12h après le coup de chaleur, le lot témoin montre toujours une hyperthermie significative ( $p=0,047$ ) et dont la différence représente +0,44°C en termes de valeurs absolues.

**Tableau N° 11:** Évolution de la température centrale durant le coup de chaleur (°C).

Jours de prélèvements	Lot T	Lot C	Signification
Avant coup de chaleur	42,21±0,52	41,83±0,74	<b>p=0,033</b>
Pendant coup de chaleur	44,40±0,81	43,31±0,83	<b>p=0,0001</b>
2h après fin du coup de chaleur	42,94±0,32	42,44±0,84	<b>p=0,027</b>
12h après fin du coup de chaleur	42,74±0,50	42,30±0,61	<b>p=0,047</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=20.

L'analyse globale des résultats révèle que les poulets conditionnés à jeune âge montrent des températures centrales plus faibles que celle des témoins. Les valeurs affichées sont plus remarquables en fin de phase de croissance et en phase de finition, surtout lors du coup de chaleur. Ces résultats s'accordent avec plusieurs travaux qui indiquent que les manipulations thermiques à jeune âge induisent des diminutions de la température centrale. En effet, **AL-RUKIBAT** et al., (2017) constatent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des températures qui s'établissent à 41,3±0,2 et à 41,4±0,1°C chez des poulets conditionnés pendant la phase d'incubation, en revanche, le lot témoin affiche 41,9±0,2°C. De leurs côtés, **SALEH** et al., (2020) notent, au 37<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de souche Cobb, des températures centrales de 38,38±0,22 vs 39,05±0,24°C respectivement chez des poulets conditionnés pendant la phase embryonnaire et chez des poulets témoins non conditionnés. Il en est de même pour **FOLARIN** et al., (2021) et **OUCHI** et al., (2021) qui observent que la température centrale est plus basse chez des poulets conditionnés comparativement aux poulets témoins. Dans cette optique, **ATTOU** et **HOMRANI**, (2017) rapportent que les poulets conditionnés à haute température à jeune âge présentent des températures rectales plus basses par rapport aux témoins lors de la survenue d'un coup de chaleur en fin d'élevage. Ils expliquent ce constat par le fait qu'une température de 40°C dépasserait probablement le seuil toléré d'accumulation de chaleur chez les oiseaux non conditionnés. Dans le même ordre d'idées, plusieurs expériences dont celles de **DE BASILIO** et al., (2003) et de **ESTEFAN** et al., (2019) rapportent que l'augmentation de la température dans le poulailler à 37°C pendant quelques heures entre le 5<sup>ème</sup> et le 7<sup>ème</sup> jour d'âge aide les oiseaux à survivre à de hautes températures survenant au-delà du 30<sup>ème</sup> jour d'âge. Les mêmes auteurs expliquent ce phénomène par une meilleure adaptation à la chaleur et donc, une meilleure thermotolérance des poulets conditionnés. Ces constatations sont appuyés par **BEKER** et **TEETER**, (1994) ; **YAHAV** et **HURWITZ**, (1996) ; **DE BASILIO** et **PICARD**, (2002) et **OLANREWaju** et al., (2010) qui notent des augmentations de la température corporelle des poulets soumis au stress thermique par rapport à ceux conduits sous des températures normatives.

Enfin, De **BASILIO** et **PICARD**, (2002) expliquent l'augmentation de la température centrale par le fait que l'hyperthermie des oiseaux est atteinte pour des températures rectales d'environ 46°C, cette situation semble être l'agent causal provoquant la mortalité, sans pour autant qu'elle en soit la cause directe ou bien la conséquence suite à une défaillance du système cardio-respiratoire. Ces observations amènent ces auteurs à établir un pronostic de survie engagé dès que la température corporelle du poulet avoisine les 44°C, cette donnée physique deviendrait alors un bon indicateur de risque.

### III.2 Rendements en organes

Le rendement en organes est étudié sur un effectif de 8 poulets sélectionnés sur la base d'un poids vif représentatif moyen pour chaque traitement. Après sacrifice des poulets, ils sont vidés de leurs organes et contenu digestif. Une fois isolés, chaque organe étudié (foie, cœur et gésier vide) est pesé séparément puis le poids est rapporté au poids vif et les résultats sont exprimés en %. La tendance générale des résultats s'oriente vers de légères augmentations du poids relatif du cœur des poulets conditionnés à la chaleur pour les différents prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, le poids relatif du cœur est quasi égal pour les deux traitements, il affiche  $0,333 \pm 0,068$  vs  $0,354 \pm 0,057\%$  respectivement pour le lot témoin et pour le lot traité (tableau 12). Ces moyennes révèlent aussi une différence de +5,93%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence non significative ( $p > 0,05$ ) est notée et révèle un écart de +8,98% en termes de proportions. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence devient plus importante (+14,32%) et statistiquement significative ( $p = 0,021$ ) chez les deux sexes. Chez les mâles et chez les femelles, des différences respectives de +17,16% et de +11,08% sont notées mais demeurent statistiquement non significatives. Les résultats évoluent de la même façon pour le 50<sup>ème</sup> jour d'âge. En effet, une différence (+16,98%) significative ( $p = 0,042$ ) est enregistrée chez la totalité de l'échantillon (mâles et femelles). Ladite différence s'établit à +20,63% chez les mâles et à +13,33% chez les femelles mais celle-ci est non significative d'un point de vue statistique.

**Tableau N°12:** Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du cœur (%).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		0,333±0,068	0,354±0,057	<b>NS</b>
<b>J26</b>		0,456±0,04	0,501±0,036	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	0,341±0,036	0,398±0,049	<b>p=0,021</b>
	<b>Mâles</b>	0,338±0,038	0,408±0,072	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,345±0,040	0,388±0,017	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	0,313±0,075	0,377±0,029	<b>p=0,042</b>
	<b>Mâles</b>	0,300±0,074	0,378±0,034	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,325±0,085	0,375±0,031	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Le poids relatif du foie évolue lui aussi de la même façon que celui du cœur, les résultats s'orientent vers des augmentations de la proportion du cœur chez les poulets conditionnés à la chaleur avec un impact statistique plus prononcée. En effet, dès le premier prélèvement (J13), une augmentation hautement significative ( $p=0,00021$ ) est notée. Les moyennes enregistrées s'établissent à  $1,878\pm 0,078$  vs  $1,624\pm 0,122\%$  respectivement pour le lot traité et pour le lot témoin (tableau 13). Ces moyennes indiquent aussi une amplitude de l'ordre de +13,52%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence observée est très significative ( $p=0,0045$ ) et affiche un écart de +12,01% en termes de proportions. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+7,35%) significative ( $p=0,043$ ) est notée chez les mâles et les femelles. Par ailleurs, ladite augmentation affiche +6,67% et +8,10% respectivement pour les mâles et pour les femelles mais reste statistiquement non significative. Enfin, au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation très significative ( $p=0,0070$ ) affichant +6,66% chez l'ensemble de l'échantillon. Cette augmentation (+8,85%) est significative ( $p=0,035$ ) chez les femelles. En revanche, chez les mâles, une différence (+4,36%) non significative est constatée.

**Tableau N°13 :** Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du foie (%).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		1,624±0,122	1,878±0,078	<b>p=0,00021</b>
<b>J26</b>		1,941±0,039	2,206±0,219	<b>p=0,0045</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	1,613±0,139	1,741±0,086	<b>p=0,043</b>
	<b>Mâles</b>	1,638±0,186	1,755±0,031	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	1,588±0,094	1,728±0,126	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	1,751±0,084	1,876±0,075	<b>p=0,0070</b>
	<b>Mâles</b>	1,753±0,013	1,833±0,091	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	1,750±0,118	1,920±0,043	<b>p=0,035</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'observation des résultats du poids relatif du gésier vide fait ressortir aussi de relatives augmentations de ce rapport chez les poulets conditionnés à la chaleur par rapport à ceux du lot témoin mais avec un effet statistique qui n'apparaît que lors du premier prélèvement. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation très significative ( $p=0,0027$ ), celle-ci représente un écart de +11,93% en termes de proportions. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées s'établissent à  $1,729\pm 0,132$  vs  $1,694\pm 0,036\%$  respectivement pour le lot traité et pour le lot témoin (tableau 14). Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, chez les deux sexes, un écart de +7,94% est noté. Cet écart s'établit à +7,24% chez les femelles. En revanche, chez les mâles, les poids relatifs sont quasi égaux avec une différence minime qui est de -0,27%. Au dernier prélèvement (J50), l'augmentation du poids relatif du gésier montre un écart de +2,02% chez l'ensemble des sujets de l'échantillon. Ladite amplitude est de +3,42% et de +0,66% respectivement chez les mâles et chez les femelles.

**Tableau N°14 :** Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du gésier vide (%).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		$1,284\pm 0,057$	$1,458\pm 0,123$	<b>p=0,0027</b>
<b>J26</b>		$1,694\pm 0,036$	$1,729\pm 0,132$	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	$1,078\pm 0,20$	$1,171\pm 0,354$	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	$1,003\pm 0,266$	$1,100\pm 0,154$	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	$1,153\pm 0,093$	$1,243\pm 0,504$	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	$1,165\pm 0,090$	$1,189\pm 0,096$	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	$1,130\pm 0,068$	$1,170\pm 0,091$	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	$1,200\pm 0,092$	$1,208\pm 0,095$	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats indique que les rendements en organes étudiés, à savoir, le cœur, le foie et le gésier vide, montrent des augmentations chez les poulets conditionnés à la chaleur à jeune âge. Cette évolution des résultats s'accordent avec plusieurs travaux qui notent que le conditionnement thermique, pendant la phase d'incubation ou à âge précoce, induit des augmentations des poids relatifs du cœur, du foie et du gésier. En effet, **MOUSS**, (2011) enregistrent une légère augmentation du poids relatif du gésier vide ( $1,61\pm 0,24$  vs  $1,36\pm 0,21\%$ ) et de la proportion du foie ( $1,81\pm 0,19$  vs  $1,75\pm 0,16\%$ ) chez des poulets de souche Arbor Acres conditionnés à la chaleur à âge précoce. De leurs côtés, **GOUDA** et al., (2017) observent des augmentations significatives ( $p<0,05$ ) du poids relatif du cœur ( $0,35\pm 0,03$  vs  $0,32\pm 0,04\%$ ) et du gésier ( $1,25\pm 0,07$  vs  $1,16\pm 0,06\%$ ). Pour leurs parts, **RIZK** et

al., (2018) constatent que le conditionnement thermique précoce des coqs induit une augmentation significative du poids absolu du cœur ( $11,21 \pm 1,19$  vs  $10,29 \pm 0,32$ g). Il en est de même pour **GOEL** et al., (2022) qui notent des augmentations du poids relatif du foie ( $2,40 \pm 0,07$  vs  $2,36 \pm 0,12\%$ ) et du cœur ( $0,78 \pm 0,07$  vs  $0,69 \pm 0,04\%$ ). Cette évolution des résultats pourrait être liée à une amélioration de la résistance aux hautes températures vu que **ZEFERINO** et al., (2015) ; **AL-SULTAN** et al., (2019) ; **ABUJAMIEH** et al., (2020) et **OMRAN** et al., (2020) indiquent que les conditions de stress thermique induisent des diminutions des poids absolus et relatifs du cœur, du foie et du gésier. D'autres auteurs (**SAVORY**, 1986 ; **YAHAV** et **HURWITZ**, 1996 et **De BASILIO** et al., 2001) associent la dégradation du rendement en organes à la dépréciation de la consommation alimentaire largement constatée sous contraintes thermiques.

### III.3 Morphométrie digestive

L'étude de la morphométrie digestive concerne les portions de l'intestin grêle (le duodénum, le jéjunum et l'iléon). Ces compartiments sont isolés, vidés et nettoyés, une mesure de leurs longueurs est pratiquée ainsi qu'une pesée, puis, le poids de chaque compartiment est rapportée aux poids vif pour l'expression des résultats en %. Il est utile de rappeler que les poulets concernés sont ceux sur lesquels le rendement en organes est étudié, les prélèvements sont pratiqués aux 13<sup>ème</sup>, 26<sup>ème</sup>, 40<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jours d'âge et le sexage est pris en considération pour les deux derniers prélèvements (J40 et J50).

#### III.3.1 Influence sur le duodénum

L'observation des résultats indique que les poulets conditionnés à la chaleur à jeune âge présentent des augmentations de la longueur absolue du duodénum par rapport aux poulets témoins menés sous stress thermique chronique. En effet, dès le 13<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation très significative ( $p=0,0013$ ) de la longueur du duodénum est notée avec un écart qui affiche +4,99%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation (+6,88%) est pour sa part non significative, le lot traité et le lot témoin affichent des moyennes respectives de  $24,676 \pm 0,728$  vs  $22,978 \pm 0,337$ cm (tableau 15). Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, la dite augmentation (+3,54% ; +4,32%) est pour sa part très significative ( $p=0,0021$  ;  $p=0,0064$ ) chez les deux sexes et chez les mâles. Par ailleurs, chez les femelles, une augmentation non significative de l'ordre de +2,75% est enregistrée. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation demeure très significative

( $p=0,0023$ ) chez les deux sexes et affiche un écart de +4,11%. Elle est significative ( $p=0,019$ ) chez les femelles et montre une amplitude de +4,39%. Chez les mâles, la différence s'établit à +3,82% mais reste statistiquement non significative.

**Tableau N°15** : Influence du pré conditionnement thermique sur la longueur du duodénum (cm).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		22,796±0,555	23,994±0,634	<b>p=0,0013</b>
<b>J26</b>		22,978±0,337	24,676±0,728	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	27,239±0,654	28,239±0,377	<b>p=0,0021</b>
	<b>Mâles</b>	27,241±0,559	28,470±0,220	<b>p=0,0064</b>
	<b>Femelles</b>	27,238±0,829	28,008±0,376	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	28,210±0,699	29,418±0,604	<b>p=0,0023</b>
	<b>Mâles</b>	28,208±0,944	29,328±0,632	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	28,212±0,496	29,507±0,656	<b>p=0,019</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Les augmentations de la longueur absolue du duodénum révèlent aussi des augmentations du poids relatif de cette portion de l'intestin chez les poulets conditionnés à la chaleur. Il est utile de souligner que d'un point de vue statistique, les différences observées ne sont pas significatives pour l'ensemble des prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes s'établissent à 0,335±0,120 vs 0,328±0,292% respectivement pour les poulets conditionnés et les poulets témoins (tableau 16). Ces moyennes indiquent aussi un écart de +2,09%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence s'établit à +8,05% en termes de proportions. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, les écarts notés sont de +17,54% ; +16,90% et +18,06% respectivement en considérant les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, les différences respectives enregistrées chez les deux sexes et chez les femelles se situent à +7,56% et à +25,35%. En revanche, une diminution chez les mâles est notée et affiche un écart de -17,56%.

**Tableau N°16** : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du duodénum (%).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		0,328±0,292	0,335±0,120	<b>NS</b>
<b>J26</b>		0,331±0,277	0,360±0,222	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	0,329±0,135	0,399±0,315	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	0,295±0,137	0,355±0,250	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,363±0,144	0,443±0,406	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	0,391±0,044	0,423±0,219	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	0,415±0,050	0,353±0,156	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,368±0,021	0,493±0,272	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

### III.3.2 Influence sur le jéjunum

L'évolution des résultats indique à son tour que les poulets conditionnés à la chaleur présentent des augmentations de la longueur absolue du jéjunum aux différents prélèvements. En effet, dès le 13<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+4,56%) non significative est notée avec des moyennes qui s'établissent à 60,981±2,313 vs 58,200±2,539cm respectivement pour le lot traité et le lot témoin (tableau 17). Ladite augmentation (+2,98%) est significative (p=0,033) au 26<sup>ème</sup> jour d'âge. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+2,84%) très significative (p=0,0061) est enregistrée chez les deux sexes. Elle est significative (p=0,011) chez les mâles et affiche une différence de +2,82%. En revanche, chez les femelles, un écart de +2,86% est noté mais qui demeure non significatif. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+2,54%) très significative (p=0,0058) est observée chez l'ensemble de l'échantillon. Cette augmentation (+2,71%) est significative (p=0,012) chez les mâles. Par ailleurs, chez les femelles, une différence non significative est observée et révèle +2,36%.

**Tableau N°17 :** Influence du pré conditionnement thermique sur la longueur du jéjunum (cm).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		58,200±2,539	60,981±2,313	<b>NS</b>
<b>J26</b>		60,091±0,563	61,936±1,766	<b>p= 0,033</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	71,136±1,083	73,216±1,473	<b>p=0,0061</b>
	<b>Mâles</b>	71,388±0,984	73,458±0,582	<b>p=0,011</b>
	<b>Femelles</b>	70,885±1,264	72,975±2,138	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	72,209±0,843	74,088±1,404	<b>p=0,0058</b>
	<b>Mâles</b>	72,468±1,013	74,488±0,527	<b>p=0,012</b>
	<b>Femelles</b>	71,950±0,673	73,688±1,974	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Les augmentations de la longueur du jéjunum induisent aussi des augmentations du poids relatif de ce compartiment digestif chez les poulets conditionnés à la chaleur à jeune âge. En effet, Au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les résultats révèlent des poids relatif moyen qui s'établissent à 0,684±0,169 vs 0,669 ±0,066% respectivement pour le lot traité et pour le lot témoin (tableau18). Ces moyennes dénotent aussi une différence qui s'établit à +2,19%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence non significative est notée et affiche +2,85%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, les différences demeurent non significatives et affichent des écarts de +6,13% ; +9,11% et +3,27% respectivement pour les deux sexes, pour les mâles et pour les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences non significatives sont notées chez l'ensemble de l'échantillon (+6,25%) et chez les mâles (+0,93%). Par ailleurs, ladite différence (+11,49%) est très significative (p=0,0011) chez les femelles.

**Tableau N°18 :** Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion du jéjunum (%).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		0,669 ±0,066	0,684±0,169	<b>NS</b>
<b>J26</b>		0,681±0,099	0,701 ±0,136	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	0,704±0,099	0,750 ±0,055	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	0,668±0,052	0,735±0,053	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,740±0,058	0,765±0,050	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	0,720±0,037	0,768±0,058	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	0,748±0,033	0,755±0,079	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,693±0,013	0,783±0,010	<b>p=0,0011</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

### III.3.3 Influence sur l'iléon

L'observation des résultats indique de façon générale que les poulets conditionnés à la chaleur présentent des longueurs absolues plus importantes par rapport aux poulets témoins aux différents prélèvements. En effet, dès le 13<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+10,01%) très significative ( $p=0,0025$ ) est notée. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, cette augmentation (+11,04%) devient hautement significative ( $p=0,00013$ ). Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes rapportées s'établissent à  $76,984\pm 1,887$  vs  $70,063\pm 1,466$ cm respectivement chez le lot traité et le lot expérimental en considérant les deux sexes (tableau 19). Cette différence présente +8,99% mais reste toutefois non significative. Par ailleurs, la différence (+10,09%) est très significative ( $p=0,0017$ ) chez les mâles et hautement significative chez les femelles (+7,88% ;  $p=0,00074$ ). Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, un écart de +6,66%, très significatif ( $p=0,0018$ ) statistiquement, est constatée chez les deux sexes. Cette amplitude se situe à +8,10% chez les femelles et est hautement significative ( $p=0,00097\%$ ) d'un point de vue statistique. En revanche, les mâles montrent une différence de +5,15% mais qui reste en termes de valeurs absolues ( $p>0,05$ ).

**Tableau N°19** : Influence du pré conditionnement thermique sur la longueur de l'iléon (cm).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		54,844±4,658	60,945±0,759	<b>p=0,0025</b>
<b>J26</b>		59,219±3,441	66,570±2,009	<b>p=0,00013</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	70,063±1,466	76,984±1,887	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	69,475±1,586	77,270±2,449	<b>p=0,0017</b>
	<b>Femelles</b>	70,650±1,258	76,698±1,446	<b>p=0,00074</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	71,106±1,061	76,178±3,578	<b>p=0,0018</b>
	<b>Mâles</b>	70,813±1,183	74,658±4,504	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	71,400±1,000	77,698±1,849	<b>p=0,00097</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'évolution de ces derniers résultats est retrouvée aussi pour les poids relatifs du jéjunum. En effet, les différents prélèvements font ressortir que les poulets conditionnés à la chaleur montrent des poids relatifs plus importants de cette portion digestive. Au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à  $0,661\pm 0,165$  vs  $0,643\pm 0,073\%$  respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 20). Ces résultats révèlent aussi un écart de +2,72% en termes de proportions mais qui reste non significatif ( $p>0,05$ ). Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'écart montre une amplitude de +2,85% qui est non significatif. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences

non significatives de +7,49% ; +4,21% et +11,11% sont enregistrées respectivement chez les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles. Au dernier prélèvement (J50), la différence est significative ( $p=0,040$ ) chez l'ensemble de l'échantillon et affiche +8,98%. Par ailleurs, des amplitudes non significatives sont notées chez les mâles et chez les femelles et s'établissent respectivement à +6,31% et à +11,39%.

**Tableau N°20** : Influence du pré conditionnement thermique sur la proportion de l'iléon (%).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		0,643±0,073	0,661±0,165	<b>NS</b>
<b>J26</b>		0,681±0,099	0,701±0,136	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	0,681±0,099	0,739±0,055	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	0,683±0,022	0,713±0,053	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,680±0,150	0,765±0,050	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	0,699±0,078	0,768±0,038	<b>p=0,040</b>
	<b>Mâles</b>	0,698±0,086	0,745±0,041	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,700±0,082	0,790±0,000	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse globale des résultats fait ressortir que les poulets conditionnés à la chaleur montrent des augmentations, en termes de poids relatifs et de longueurs absolues, du duodénum, du jéjunum et de l'iléon. Ces résultats révèlent des similitudes avec les travaux de **FERNANDES** et al., (2013) qui notent que le conditionnement thermique précoce induit une augmentation du poids relatif de l'intestin au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il en est de même pour **HAMMOUCHE** et al., (2014) qui enregistrent de légères augmentations du poids relatif du duodénum ( $0,38\pm0,15$  vs  $0,35\pm0,11\%$ ), du jéjunum ( $0,69\pm0,18$  vs  $0,66\pm0,10\%$ ) et de l'iléon ( $0,66\pm0,13$  vs  $0,57\pm0,10\%$ ) au 53<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **SHAMMA** et al., (2014) rapportent que les manipulations thermiques précoces favorisent l'augmentation de la hauteur des villosités intestinales ( $363,2\pm4,3$  vs  $355,2\pm10,6\mu\text{m}$ ) et de la profondeur des cryptes ( $50,1\pm1,6$  vs  $49,0\pm1,7\mu\text{m}$ ). Ces réponses seraient probablement à mettre en relation avec une meilleure tolérance à la chaleur puisque **AWAAD** et al., (2018) constatent que les situations de stress thermique induisent des diminutions significatives ( $p<0,05$ ) de la longueur absolue de l'intestin ( $183,83\pm2,26$  vs  $189,75\pm2,98\text{cm}$ ) et de son diamètre ( $0,608\pm0,023$  vs  $0,725\pm0,037\text{cm}$ ). Ces constatations vont dans le même sens que ceux de **GARRIGA** et al., (2005) ; **MARCHINI** et al., (2011) et de **LAN** et al., (2020) et qui indiquent des dépréciations de la morphométrie digestive sous des conditions de stress thermique. Pour d'autres auteurs, les atrophies des compartiments du tube digestif seraient attribuées principalement à la

diminution de la hauteur et de largeur des villosités intestinales ainsi qu'à celle de la profondeur des cryptes (UNI et al., 1998). Pour leurs parts, UNI et al., (2001) relie les dégradations du tractus digestif observée sous stress thermique à la baisse des concentrations sériques des hormones thyroïdiennes (T3 et T4), celles-ci étant connues pour leurs implications dans la stimulation de la prolifération des tissus intestinaux. Enfin, MASHALY et al., (2004) avancent que le stress thermique impact négativement l'absorption intestinale qui serait une conséquence d'une éventuelle réorientation du sang vers la périphérie afin de permettre l'augmentation des échanges thermiques passifs. Les mêmes auteurs rajoutent que cette réorientation du flux sanguin au niveau du tube digestif et des organes viscéraux serait à l'origine de l'altération du tractus digestif et par voie de conséquence, de l'absorption des nutriments constatée sous stress thermique.

#### **IV. Influence du pré conditionnement thermique sur des marqueurs sanguins**

Les paramètres sanguins sont déterminés sur un effectif de 8 poulets par traitement. Les prises sanguines sont pratiquées au 13<sup>ème</sup>, 26<sup>ème</sup>, 40<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jour d'âge et le sexage concerne les deux derniers prélèvements (J40 et J50). Il est utile de rappeler aussi que le sang est prélevé sur les poulets ayant servi pour l'étude du rendement en organes et de la morphométrie digestive.

##### **IV.1 Hémogramme**

Les paramètres hématologiques mesurés concernent les concentrations sériques en globules blancs et rouges, en hémoglobine, en hématocrite, ainsi que des composés des globules rouges, à savoir, le volume globulaire moyen (MCV), la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCH) et la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCHC).

##### **IV.1.1 Globules blancs et globules rouges**

Les résultats révèlent que les taux circulants de globules blancs sériques augmentent légèrement chez les poulets conditionnés à la chaleur. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à  $194,262 \pm 10,452$  vs  $190,562 \pm 10,456$  ( $10^6/\text{mm}^3$ ) respectivement pour le lot traité et le lot témoin (tableau 21). En termes de proportions, cette

différence marque un écart de +1,90% mais reste statistiquement non significative. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, ladite différence demeure non significative et révèle un écart de +3,15%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences non significatives ( $p>0,05$ ) sont enregistrées et s'établissent à +3,88% ; +2,31% et à +5,47% respectivement chez les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, en considérant l'ensemble de l'échantillon, les globules blancs sériques montrent une diminution (-3,54%) non significative. Cette diminution est pour sa part très significative ( $p=0,0032$ ) chez les femelles et affiche -7,95%. Par ailleurs, les mâles révèlent une très légère augmentation de ce composé sanguin qui affiche +0,80% et qui reste statistiquement non significative.

**Tableau N° 21:** Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de globules blancs ( $10^6/\text{mm}^3$ ).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		190,562±10,456	194,262±10,452	<b>NS</b>
<b>J26</b>		266,812±13,654	275,500±13,347	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	255,242±9,495	265,542±9,312	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	261,580±8,632	267,780±6,995	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	248,905±5,361	263,305±11,834	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	257,000±11,461	248,200±4,403	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	247,825±6,683	249,825±2,523	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	266,175±6,113	246,575±5,641	<b>p=0,0032</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'observation des résultats des taux sériques de globules rouges révèle pour sa part certaines fluctuations. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à  $1,662\pm 0,229$  vs  $1,657\pm 0,159$  ( $10^3/\text{mm}^3$ ) respectivement pour le traité et pour le lot témoin (tableau 22). Cette différence représente un écart de +0,30% en termes de proportions et demeure statistiquement non significative. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution non significative de l'ordre de -0,68% est notée chez les poulets conditionnés à la chaleur. Cette dernière tendance s'inverse totalement au 40<sup>ème</sup> jour d'âge où une augmentation (+12,44%) très significative ( $p=0,0079$ ) est observée chez les deux sexes. Cette augmentation est significative ( $p=0,022$ ) chez les femelles et affiche +17,67%. Chez les mâles, une amplitude de +7,09% est notée mais demeure statistiquement non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, des écarts non significatifs de +9,20% et de +0,09% sont respectivement notés chez les deux sexes et chez les mâles. En revanche, chez les femelles, l'écart atteint +16,45% et de manière significative ( $p=0,041$ ).

**Tableau N°22** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de globules rouges ( $10^3/\text{mm}^3$ ).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		1,657±0,159	1,662±0,229	<b>NS</b>
<b>J26</b>		2,801±0,854	2,782±0,598	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	2,435±0,183	2,781±0,255	<b>p=0,0079</b>
	<b>Mâles</b>	2,555±0,171	2,750±0,233	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	2,315±0,308	2,812±0,104	<b>p=0,022</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	2,172±0,112	2,392±0,360	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	2,125±0,036	2,127±0,156	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	2,220±0,151	2,657±0,302	<b>p=0,041</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats révèle que le conditionnement thermique précoce induit des augmentations des taux circulants de globules blancs et de globules rouges. Ces résultats peuvent être comparés à ceux de **GOUDA** et al., (2017) et de **FOLARIN** et al., (2021) qui notent des augmentations des niveaux sériques de globules rouges chez la souche Cobb ( $3,62\pm 0,10$  vs  $3,30\pm 0,27(10^6/\text{mm}^3)$ ) et chez la souche Cobb 500 ( $2,78\pm 0,223$  vs  $1,92\pm 0,223\%$ ) respectivement pour des prélèvements pratiqués au 42<sup>ème</sup> et au 10<sup>ème</sup> jour d'âge.

#### IV.1.2 Hématocrite

Les résultats de l'hématocrite sérique dénotent de relatives augmentations chez les poulets conditionnés à la chaleur. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes s'établissent à  $24,075\pm 3,106$  vs  $22,987\pm 2,357\%$  respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 23). Cette différence représente +4,52% mais demeure statistiquement non significative. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence est non significative et affiche un écart de +0,62%. Par ailleurs, cette différence devient significative ( $p=0,011$ ) au 40<sup>ème</sup> jour d'âge et montre +11,62% chez les deux sexes. Chez les femelles, l'amplitude (+14,48%) est significative ( $p=0,031$ ). En revanche, chez les mâles, une différence de +8,90% est notée mais demeure statistiquement non significative. Au dernier prélèvement (J50), des différences non significatives sont observées et se situent à +8,14% ; +0,45% et +14,74% respectivement chez les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles.

**Tableau N°23** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants d'hématocrite (%).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		22,987±2,357	24,075±3,106	<b>NS</b>
<b>J26</b>		36,262±10,419	36,487±7,947	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	31,737±2,520	35,912±3,070	<b>p=0,011</b>
	<b>Mâles</b>	33,501±1,964	36,775±3,077	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	29,975±1,637	35,051±3,247	<b>p=0,031</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	27,662±1,432	30,112±3,825	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	27,725±0,556	27,850±2,017	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	27,602±2,115	32,375±4,053	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

### IV.1.3 Hémoglobine

L'évolution des résultats des concentrations sériques en hémoglobine laisse apparaître des augmentations de ce composé sanguin chez les poulets conditionnés par rapport à ceux témoins pour les différents prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes observées s'établissent à 7,937±1,180 vs 7,637±0,997g/dl respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 24). La différence entre ces deux moyennes représente +32,02% en termes de proportions mais demeure statistiquement non significative. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence est toujours non significative et baisse fortement pour atteindre +0,92%. Par ailleurs, au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences significatives (p=0,015 ; p=0,033) sont respectivement notées chez les deux sexes (+12,37%) et chez les femelles (+16,69%). Chez les mâles, la différence est pour sa part non significative et affiche un écart de +8,27%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, les différences notées sont non significatives et s'établissent à +8,04% et à +15,72% respectivement pour les deux sexes et pour les femelles. En revanche, les mâles révèlent une très légère diminution, non significative, qui s'établit à -0,86%.

**Tableau N°24 :** Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants d'hémoglobine (g/dl).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		7,637±0,997	7,937±1,180	<b>NS</b>
<b>J26</b>		12,001±3,975	12,112±3,085	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	10,090±0,927	11,515±1,128	<b>p=0,015</b>
	<b>Mâles</b>	10,815±0,634	11,790±1,047	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	9,365±0,458	11,241±1,293	<b>p=0,033</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	8,701±0,456	9,462±1,279	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	8,825±0,262	8,750±0,838	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	8,575±0,613	10,175±1,327	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

La tendance générale des résultats obtenus indique que les poulets conditionnés à la chaleur révèlent des augmentations des taux circulants d'hématocrite et d'hémoglobine. Ces résultats s'accordent parfaitement avec plusieurs travaux qui observent cette évolution spécifique. En effet, **AL-RUKIBAT** et al., (2017) notent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation de l'hématocrite (40,0±1,07 vs 38,0±2,06%) suite à un conditionnement thermique durant la phase d'incubation. Il en est de même pour **GOUDA** et al., (2017) qui rapportent des concentrations moyennes, relevées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, de 11,47±0,56 vs 10,93±0,46g/100ml pour l'hémoglobine et de 31,60±1,09 vs 29,90±0,90% pour l'hématocrite respectivement pour des poulets conditionnés au 5<sup>ème</sup> jour d'âge et des poulets non conditionnés. Ces réponses pourraient être aussi en faveur d'une meilleure tolérance à la chaleur puisque plusieurs auteurs observent des diminutions systématiques des niveaux d'hématocrite et d'hémoglobine sous des conditions de stress thermique. En effet, **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) notent, au 49<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions de l'hémoglobine (10,8 vs 11,1g/dl), de l'hématocrite (31,9 vs 33,1%) et des globules rouges (1,45 vs 1,54 (106/μl)). À leurs tours, **SHAKERI** et al., (2019) rapportent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions des concentrations sériques d'hémoglobine (6,38 vs 6,93g/dl) et d'hématocrite (18,8 vs 21,5%). Cette tendance de résultats est également observée par **HASSAN** et **GOPAL REDDY**, (2012) et **SHADDEL-TILI** et al., (2016).

#### IV.1.4 Constituants des globules rouges

L'observation des résultats du volume globulaire moyen (MCV) révèle de très légères et relatives augmentations de ce composé sanguin chez les poulets conditionnés à la chaleur pour les différents âges de prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation

significative ( $p=0,048$ ) est notée affichant un écart de +4,29%. Pour le reste des prélèvements, il est utile de signaler que toutes les différences enregistrées sont en termes de valeurs absolues ( $p>0,05$ ). Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes affichent  $131,369\pm 3,421$  vs  $130,400\pm 4,056$ fL respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 25). Ces moyennes montrent aussi un écart minime qui s'établit à +0,74% en termes de proportions. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, les différences sont de +0,75% ; +1,15% et de +0,35% respectivement pour les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles. Cette dernière tendance est même observée au 50<sup>ème</sup> jour d'âge où les écarts affichent +0,65% ; +0,71% et +0,60% respectivement pour l'ensemble de l'échantillon, pour les mâles et pour les femelles.

**Tableau N°25** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de MCV (fL).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		139,201±7,977	145,442±1,892	<b>p=0,048</b>
<b>J26</b>		130,400±4,056	131,369±3,421	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	130,300±2,502	131,280±3,712	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	128,961±2,202	130,460±3,002	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	131,640±2,810	132,101±4,430	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	126,563±6,444	127,396±4,521	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	125,872±5,231	126,771±3,242	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	127,254±7,680	128,021±5,831	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Les résultats de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCH) révèlent à leurs tours de légères augmentations chez les poulets conditionnés, à l'exception du dernier prélèvement et qui sont statistiquement non significatives aux différents âges. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées sont de  $47,701\pm 1,881$  vs  $46,102\pm 4,209$ pg respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 26). Ces moyennes indiquent aussi une différence qui s'établit à +3,35%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence notée est de +1,36%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, respectivement pour l'ensemble de l'échantillon, pour les mâles et pour les femelles, les écarts sont de +1,18% ; +0,30% et de +2,01%. Par ailleurs, la tendance s'inverse au 50<sup>ème</sup> jour d'âge chez les deux sexes et chez les femelles où les écarts affichent -0,88% et -0,22%. En revanche, les mâles présentent une très légère augmentation qui est de +0,18%.

**Tableau N°26** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de MCH (pg).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		46,102±4,209	47,701±1,881	<b>NS</b>
<b>J26</b>		42,677±1,689	43,267±2,225	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	41,316±1,209	41,808±1,250	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	40,101±1,012	40,223±1,336	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	42,519±1,412	43,393±1,170	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	40,100±1,723	39,750±1,709	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	38,280±2,006	38,349±2,106	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	41,198±1,452	41,108±1,315	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Les résultats de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCHC) indiquent pour leurs parts certaines fluctuations. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, le lot conditionné et le lot témoin présentent des moyennes respectives de 32,915±1,369 vs 33,278±1,303g/dl (tableau 27). La différence entre ces deux dernières moyennes est de -1,10% en termes de proportions. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la tendance s'inverse et affiche un écart de +0,61%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, en considérant les deux sexes et les mâles seuls, les écarts enregistrés s'établissent à +0,69% et à +2,74%. En revanche, chez les femelles, c'est le lot conditionné qui montre une diminution de l'ordre de -1,31% de ce composé sanguin. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est retrouvée chez les deux sexes et chez les femelles avec des écarts respectifs de -0,30% et -1,20%. Chez les mâles, la tendance s'inverse et affiche +0,61% en termes de proportions. Il est utile de signaler que les différences notées pour l'ensemble des prélèvements ne sont pas statistiquement significatives.

**Tableau N°27** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de MCHC (g/dl).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		33,278±1,303	32,915±1,369	<b>NS</b>
<b>J26</b>		32,809±1,465	33,011±1,426	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	31,875±0,758	32,098±0,603	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	30,893±1,233	31,765±1,107	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	32,858±0,284	32,432±0,101	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	31,500±0,777	31,406±1,120	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	31,008±1,074	31,200±0,987	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	31,993±0,482	31,612±1,255	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

La tendance des résultats révèle que le traitement précoce à la chaleur induit de légères augmentations des niveaux sériques des constituants des globules rouges (MCV et MCH) pour les différentes prises sanguines réalisées et génère une très légère diminution de la MCHC au dernier prélèvement. Ces résultats suivent une évolution qui se rapproche de celle de **FOLARIN** et al., (2021) qui observent que les manipulations thermiques aboutissent à des augmentations de la MCV ( $13,39 \pm 0,335$  vs  $12,99 \pm 0,345$ ) et de la MCH ( $4,44 \pm 0,133$  vs  $4,35 \pm 0,133$ ). De façon analogue, **GOUDA** et al., (2017) notent une augmentation de la MCH ( $33,10 \pm 1,27$  vs  $31,77 \pm 2,32$  pg/dl) chez des poulets conditionnés à la chaleur. Pour leurs parts, **BERRAMA** et al., (2018) indiquent que le conditionnement thermique précoce fait baisser le niveau des MCHC, de façon non significative ( $p=0,215$ ). Enfin, l'analyse globale des résultats laisse apparaître des augmentations des marqueurs de l'hémogramme chez les poulets conditionnés à la chaleur. Cette évolution est particulièrement remarquable pour les niveaux sériques de l'hémoglobine et de l'hématocrite. À cet effet, les conditions de stress thermique conduiraient en générale à des diminutions des niveaux d'hémoglobine, d'hématocrite ainsi que de globules rouges et seraient essentiellement liées à d'éventuelles difficultés de l'absorption et du transport de l'oxygène (**PHILLIPS** et al., 1985), à une baisse de l'érythropoïèse (**DONKOH** et al., 1989) et/ou à une hémodilution des globules rouges dans les zones corporelles exposées à la chaleur et qui feraient suite à une augmentation de la consommation d'eau (**DARRE** et **HARISSON**, 1987 et **ATTIA** et al., 2009). Pour leurs parts, **JAMADAR** et **JALANPURKAR**, (1995) indiquent que les hautes températures s'accompagnent d'une diminution du taux circulant de fer, ce qui pourrait entraver le processus hématopoïétique d'où les déséquilibres hématologiques constatés sous contraintes thermiques. Enfin, **NAGWA** et al., (2012) concluent que les paramètres hématologiques diminuent sous contraintes thermiques et sont augmentés chez les poulets conditionnés à la chaleur à jeune âge. Cette réponse serait aussi à l'avantage d'une meilleure tolérance à la chaleur au vu de ce que rapporte la bibliographie en matière d'évolution des constituants hématologiques sous stress thermique.

#### **IV.2 Influence du pré conditionnement thermique sur des marqueurs biochimiques**

Les constantes biochimiques étudiées concernent la glycémie, le bilan lipidique, les indicateurs hépatiques et rénaux, les protéines métaboliques et l'ionogramme.

### IV.2.1 Niveau de glucose

Les résultats de la glycémie sérique révèlent des diminutions de ce composé sanguin aux différents prélèvements chez les poulets conditionnés. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes rapportées s'établissent à  $2,093 \pm 0,618$  vs  $2,503 \pm 0,630$  g/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 28). Cette différence est non significative et indique un écart de -19,59%. Ladite différence diminue au 26<sup>ème</sup> jour d'âge affichant -4,97% et reste statistiquement non significative. En revanche, au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est très significative ( $p=0,0011$ ) atteignant les -26,23% chez l'ensemble de l'échantillon. Chez les femelles, la différence est hautement significative ( $p=0,00093$ ) et affiche -34,36%. Par ailleurs, les mâles révèlent -18,78% de différence mais de façon non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence (-9,42%) significative ( $p=0,049$ ) est enregistrée chez les mâles et les femelles. Par contre, des amplitudes non significatives sont enregistrées chez les mâles (-9,91%) et chez les femelles (-9,00%).

**Tableau N°28 :** Influence du pré conditionnement thermique sur les niveaux de glucose (g/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		2,503±0,630	2,093±0,618	<b>NS</b>
<b>J26</b>		1,732±0,101	1,65±0,186	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	2,478±0,149	1,963±0,322	<b>p=0,0011</b>
	<b>Mâles</b>	2,435±0,177	2,050±0,440	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	2,522±0,126	1,877±0,173	<b>p=0,00093</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	2,578±0,245	2,356±0,170	<b>p=0,049</b>
	<b>Mâles</b>	2,617±0,243	2,381±0,247	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	2,542±0,278	2,332±0,068	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats révèle que le conditionnement thermique précoce s'accompagne d'une hypoglycémie. Cette observation va dans le sens des travaux de **EZZAT** et al., (2017) et de **ZABOLI** et al., (2017). Ces auteurs notent des hypoglycémies qui s'établissent à  $133,16 \pm 2,83$  vs  $169,46 \pm 7,87$  mg/dl et à  $136,73$  vs  $136,31$  vs  $138,26$  mg/dl respectivement pour des poulets de chair de souche Hubbard et de souche Ross 308 prélevés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans ce sens, **EL-LETHEY** et al., (2003) supposent qu'une exposition répétée des poulets de chair à des facteurs de stress, notamment thermique, pourrait réduire les taux circulants de corticostérone, générant ainsi une diminution du taux de glucose sanguin. Cette réponse est aussi au profit

d'une meilleure gestion de la charge thermique chez les poulets conditionnés à la chaleur d'autant plus **OLANREWaju** et al., (2010) ; **RASHIDI** et al., (2010) et **SHEIKH** et al., (2017) rapportent des augmentations de la glycémie qui s'établissent à 285,3 vs 257,5mg/dl ; 0,4 vs 0,25mg/dl et à  $238,83 \pm 7,55$  vs  $182,02 \pm 9,33$ mg/dl respectivement au 42<sup>ème</sup>, au 56<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jours d'âge. De façon analogue, **CHAND** et al., (2018) notent des hyperglycémies significatives au 21<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair de souche Ross, Hubbard, Cobb et Arbor Acres menés sous stress thermique. Cette hyperglycémie constatée sous contraintes thermiques est également rapportée par **YALCIN** et **GULER**, (2012) qui expliquent cette évolution par un éventuel état d'éveil prononcé chez les poulets de chair afin de fuir le danger. C'est pour ces raisons qu'ils considèrent que la glycémie peut constituer un indicateur de stress en production de poulet de chair. Pour leurs parts, **SAHIN** et al., (2001) expliquent que l'hyperglycémie générée sous stress thermique par le fait que la chaleur concourt à des décharges massives de l'hormone adrénocorticotrope (ACTH), ce qui stimulerait la sécrétion d'hormones surrénaliennes. Ces dernières stimuleraient à leurs tours la glycogénèse conduisant à une augmentation de la glycémie. De leurs côtés, **TOLLBA** et al., (2004) ; **GARRIGA** et al., (2006) et **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) indiquent que l'hyperglycémie pourrait être attribuée à une éventuelle intolérance cellulaire au glucose et qui serait la résultante d'une production massive de glucocorticoïdes générant ainsi une glycogénèse accrue.

#### IV.2.2 Niveaux de cholestérol et de triglycérides

Le bilan lipidique étudié concerne le dosage de deux éléments majeurs, à savoir, le cholestérol et les triglycérides. L'observation des résultats de la cholestérolémie dévoile que ce composé lipidique révèle des diminutions chez les poulets du lot conditionné. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, des moyennes assez proches sont enregistrées et s'établissent à  $1,702 \pm 0,107$  vs  $1,760 \pm 0,105$ g/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 29). Cette différence révèle aussi un écart de -3,41% mais qui demeure non significatif. Ladite différence diminue, elle est aussi non significative et affiche -2,41% au 26<sup>ème</sup> jour d'âge. Par ailleurs, au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence (-4,93%) très significative ( $p=0,0051$ ) est enregistrée chez l'ensemble de l'échantillon. Elle est significative ( $p=0,049$ ) chez les femelles et affiche -5,01%. Chez les mâles, la différence est de -4,78% mais reste statistiquement non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence devient plus importante entre les lots, elle est

significative ( $p=0,023$ ) et s'établit à  $-13,51\%$  chez les deux sexes. Par ailleurs, chez les mâles et chez les femelles, les différences sont non significatives et révèlent respectivement  $-12,11\%$  et  $-14,85\%$ .

**Tableau N°29** : Influence du pré conditionnement thermique sur les niveaux de cholestérol (g/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		1,760±0,105	1,702±0,107	<b>NS</b>
<b>J26</b>		1,616±0,119	1,578±0,121	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	1,640±0,036	1,563±0,054	<b>p=0,0051</b>
	<b>Mâles</b>	1,645±0,0264	1,570±0,070	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	1,635±0,047	1,557±0,041	<b>p=0,049</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	1,411±0,094	1,243±0,160	<b>p=0,023</b>
	<b>Mâles</b>	1,407±0,064	1,255±0,220	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	1,415±0,126	1,232±0,106	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

La triglycéridémie évolue pour sa part d'une façon qui se rapproche de la cholestérolémie. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes s'établissent à  $1,292\pm 0,138$  vs  $1,442\pm 0,107$ g/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 30). Cela révèle aussi une différence de  $-11,61\%$  et qui est statistiquement significative ( $p=0,029$ ). Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'écart entre les lots diminue, il affiche  $-5,95\%$  et reste non significatif ( $p>0,05$ ). En revanche, au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence ( $-15,38\%$ ) très significative ( $p=0,0021$ ) est enregistrée chez l'ensemble de l'échantillon. Ladite différence est significative ( $p=0,017$ ) chez les mâles et révèle  $-16,71\%$ . Chez les femelles, une différence non significative de  $-13,90\%$  est notée. Au dernier prélèvement (J50), en considérant les deux sexes, un écart ( $-7,74\%$ ) significatif ( $p=0,043$ ) est observée. Par ailleurs, les mâles et les femelles révèlent des diminutions respectives de  $-6,83\%$  et de  $-8,91\%$  mais en termes de valeurs absolues ( $p>0,05$ ).

**Tableau N° 30:** Influence du pré conditionnement thermique sur les niveaux de triglycérides (g/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		1,442±0,107	1,292±0,138	<b>p=0,029</b>
<b>J26</b>		1,033±0,111	0,975±0,123	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	1,185±0,107	1,027±0,049	<b>p=0,0021</b>
	<b>Mâles</b>	1,222±0,093	1,047±0,051	<b>p=0,017</b>
	<b>Femelles</b>	1,147±0,120	1,007±0,045	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	1,336±0,063	1,240±0,105	<b>p=0,043</b>
	<b>Mâles</b>	1,330±0,085	1,245±0,073	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	1,345±0,043	1,235±0,143	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse du bilan lipidique révèle des diminutions des concentrations sériques de cholestérol et de triglycérides. Cette évolution des résultats est comparable à celle de **EZZAT** et al., (2017) qui observent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions des taux circulants de cholestérol (170,49±3,63 vs 203,34±4,07mg/dl) et de triglycérides (151,42±8,78 vs 168,06±6,08mg/dl) chez des poulets de souche Hubbard conditionnés à la chaleur. De façon analogue, **ZABOLI** et al., (2017) constatent une diminution de la cholestérolémie (187,54 vs 189,5 vs 205,62mg/dl) respectivement chez des poulets conditionnés à J3, à J5 et chez des poulets témoins non conditionnés. La diminution du cholestérol et des triglycérides sériques seraient probablement à mettre en relation avec une meilleure thermotolérance puisque **CHAND** et al., (2018) constatent que les conditions de stress thermique induisent une hyper cholestérolémie et une hyper triglycéridémie au 21<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair de souches Ross, Hubbard, Cobb et Arbor Acres. Cette évolution des résultats est également observée par **SHADDEL-TILI** et al., (2016) ; **ATTIA** et al., (2017) et **BUENO**, (2017). Ces constatations confortent aussi les travaux antérieurs d'**EL SEBAI**, (2000) et **ALLEN** et **FETTERER**, (2002) qui notent que sous stress thermique, une des réponses des poulets de chair consiste en l'augmentation des niveaux de cholestérol sérique. **SOHAIL** et al., (2012) expliquent l'augmentation du cholestérol sérique par une éventuelle hyperactivité des glandes surrénales conduisant ainsi à une production massive d'hormones adrénocorticotropes, ces dernières ayant le cholestérol comme précurseur. Pour **ABUDABOS** et al., (2016), l'augmentation des triglycérides pourrait être liée à une surproduction de glucocorticoïdes et de corticostérone. Ces derniers stimuleraient la synthèse des triglycérides dans le foie. Enfin, il est utile de noter que dans certains travaux, la chaleur ne paraît pas influencer sur les

concentrations sériques de cholestérol et de triglycérides. Cette observation est rapportée dans les travaux de **IMIK** et al., (2013) qui supposent qu'une phase d'adaptation / réponse peut se produire chez des poulets de chair soumis à des contraintes thermiques. Les mêmes auteurs rajoutent que la réponse au stress comprend des événements physiopathologiques complexes qui peuvent varier considérablement d'un sujet à un autre, ce qui constitue le principal problème de son évaluation.

### **IV.2.3 Indicateurs hépatiques et rénaux**

#### **IV.2.3.1 Influence sur la fonction hépatique**

Les indicateurs de la fonction hépatique sont étudiés par le dosage de deux enzymes, à savoir, l'ASAT (Aspartate-Amino-Transférase) et l'ALAT (Alanine-Amino-Transférase). L'observation des résultats révèle que les niveaux de l'ASAT sont plus bas chez les poulets conditionnés comparativement à ceux témoins et aux différents âges de prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées s'établissent à  $250,302 \pm 28,980$  vs  $260,672 \pm 21,359$  UI/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 31). Ces moyennes révèlent aussi une différence non significative de -4,14%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence affiche un écart de -3,50% et de façon non significative aussi. Par ailleurs, au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, l'ensemble de l'échantillon montre une amplitude (-11%) significative ( $p=0,048$ ). Ladite amplitude est non significative et révèle -11,97% chez les mâles et -10,05% chez les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence est très significative ( $p=0,0052$ ) révélant un écart de -14,15% chez les deux sexes. En revanche, chez les mâles et chez les femelles, des différences non significatives sont enregistrées et se situent respectivement à -14,88% et à -10,18%.

**Tableau N° 31** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'ASAT (UI/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		260,672±21,359	250,302±28,980	<b>NS</b>
<b>J26</b>		248,195±25,444	239,807±24,083	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	257,047±19,956	231,57±27,845	<b>p=0,048</b>
	<b>Mâles</b>	257,125±17,762	229,640±27,634	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	256,962±24,772	233,500±32,181	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	259,600±20,776	227,413±11,064	<b>p=0,0052</b>
	<b>Mâles</b>	264,401±27,940	230,162±7,321	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	247,537±11,796	224,665±14,562	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Les résultats de l'ALAT suivent une évolution qui se rapproche des résultats de l'ASAT où les poulets conditionnés présentent des diminutions pour les différents prélèvements effectués. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées sont de 75,237±1,967 vs 82,513±8,011UI/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 32). La différence révèle aussi une amplitude de -9,67% et qui est significative (p=0,025) d'un point de vue statistique. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence notée est non significative et s'établit à -9,40%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence (-7,51%) est pour sa part significative (p=0,048) chez l'ensemble de l'échantillon. En revanche, les mâles et les femelles présentent des écarts respectifs de -11,11% et de -7,87% mais en termes de valeurs absolues (p>0,05). Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, en considérant les deux sexes ensemble, une différence (-7,09%) significative (p=0,043) est constatée. Il en est de même chez les femelles (-8,91% ; p=0,046). Par ailleurs, chez les mâles, la différence atteint -10,21% mais reste non significative.

**Tableau N°32** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'ALAT (UI/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		82,513±8,011	75,237±1,967	<b>p=0,025</b>
<b>J26</b>		82,456±8,001	75,366±7,440	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	83,662±8,093	77,815±4,319	<b>p=0,048</b>
	<b>Mâles</b>	85,167±7,036	76,645±3,384	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	82,157±9,863	76,160±7,940	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	78,430±7,619	73,240±3,727	<b>p=0,043</b>
	<b>Mâles</b>	78,127±10,755	70,892 ±6,928	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	77,250±3,192	70,927±3,929	<b>p=0,046</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats laisse apparaître que les niveaux sériques de l'ASAT et de l'ALAT montrent des diminutions chez les poulets conditionnés à la chaleur. Cette réponse serait probablement à l'avantage d'une meilleure adaptation à la chaleur d'autant plus que plusieurs auteurs notent des augmentations de ces marqueurs sous stress thermique. En effet, **KHALIFA** et al., (2019) rapportent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des moyennes respectives pour l'ALAT et pour l'ASAT de  $22,40 \pm 2,03$  vs  $19,20 \pm 0,86$  UI/dl et de  $243,80 \pm 13,89$  vs  $193,00 \pm 7,20$  UI/dl. **CHAND** et al., (2018) constatent pour leurs parts, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des augmentations significatives des niveaux sériques de l'ASAT et de l'ALAT chez des poulets de chair de souches Ross, Hubbard, Cobb et Arbor Acres. Après 56 jours d'exposition à des conditions de stress thermique, **PANIGRAHY** et al., (2017) notent des augmentations des concentrations sériques d'ASAT et d'ALAT chez des poulets de chair de sexe mâle et femelle. De façon similaire, **TEKCE** et **GUL**, (2017) observent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des niveaux d'ALAT de  $4,0 \pm 0,4$  vs  $2,2 \pm 0,4$  UI/l et d'ASAT de  $478,3 \pm 25,86$  vs  $295,8 \pm 25,86$  UI/l respectivement chez des poulets de chair de souche Ross 308 menés sous 36°C et sous 22°C. Ces réponses suggèrent, selon **CAMPBELL**, (2004), qu'une augmentation du taux circulant d'ASAT pourrait être liée à d'éventuelles troubles hépatiques ou musculaires. Cette augmentation pourrait indiquer aussi des lésions hépatiques graves. Enfin, **LUMEIJ**, (1997) et **CAMPBELL**, (2004) relatent que la forte activité de l'ASAT dans le foie, les muscles, le cœur, le cerveau et les reins pourrait expliquer les variations de cette enzyme avec l'âge des oiseaux contrairement à l'ALAT qui est une enzyme spécifique au foie.

#### IV.2.3.2 Influence sur la fonction rénale

Les indicateurs de la fonction rénale sont étudiés par la mesure de trois paramètres, à savoir, l'urée, la créatinine et l'acide urique. L'observation des résultats de l'urée sérique indique des diminutions de cet indicateur chez les poulets conditionnés quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les concentrations moyennes observées s'établissent à  $0,072 \pm 0,023$  vs  $0,103 \pm 0,035$  g/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 33). Ceci révèle aussi une différence de -43,05% mais de façon non significative. Ladite diminution est très significative ( $p=0,0064$ ) au 26<sup>ème</sup> jour d'âge et affiche un écart de -34,35%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution (-32,43%) significative ( $p=0,031$ ) est enregistrée en considérant les deux sexes. Par ailleurs, les mâles et les femelles présentent des différences respectives de -37,18% et de -30,43% et qui sont non significatives.

Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence est significative ( $p=0,029$ ) et atteint un écart spectaculaire qui s'établit à  $-52,72\%$  en considérant l'ensemble de l'échantillon. Chez les femelles, la différence est encore plus prononcée ( $-63,82\%$ ) et de façon significative ( $p=0,030$ ). En revanche, les mâles révèlent un écart de  $-45,16\%$  mais qui demeure non significatif ( $p>0,05$ ).

**Tableau N°33** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'urée (g/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		0,103±0,035	0,072±0,023	<b>NS</b>
<b>J26</b>		0,176±0,030	0,131±0,025	<b>p=0,0064</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	0,098±0,027	0,074±0,012	<b>p=0,031</b>
	<b>Mâles</b>	0,107±0,035	0,078±0,014	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	0,090±0,016	0,069±0,006	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	0,084±0,031	0,055±0,012	<b>p=0,029</b>
	<b>Mâles</b>	0,077±0,020	0,047±0,005	<b>p=0,030</b>
	<b>Femelles</b>	0,090±0,041	0,062±0,013	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'évolution des résultats de la créatinine se rapproche de celle enregistrée pour l'urée. Les prélèvements réalisés dévoilent que les poulets du lot conditionné montrent des diminutions de ce composé sanguin aux différents prélèvements pratiqués. En effet, dès le 13<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est hautement significative ( $p=0,00019$ ) dont l'écart se situe à  $-31,39\%$ . Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à  $2,058\pm 0,191$  vs  $2,356\pm 0,251$  mg/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 34). Cela révèle aussi une différence significative ( $p=0,018$ ) de  $-14,48\%$ . Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence significative ( $p=0,013$ ) de  $-20,11\%$  est enregistrée chez les deux sexes. Ladite différence atteint  $-33,61\%$  chez les femelles et de façon hautement significative ( $p=0,00012$ ). Par ailleurs, chez les mâles, l'écart est de  $-6,79\%$  et de façon non significative ( $p>0,05$ ). Au dernier prélèvement (J50), l'écart entre les lots augmente ( $-37,11\%$ ) chez l'ensemble de l'échantillon et de façon hautement significative ( $p=0,00016$ ). Chez les femelles, la différence est très significative ( $p=0,0021$ ) et affiche  $-31,17\%$ . Chez les mâles, la différence est significative ( $p=0,017$ ) et s'établit à  $-43,99\%$  en termes de proportions.

**Tableau N°34 :** Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de créatinine (mg/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		2,256±0,145	1,717±0,252	<b>p=0,00019</b>
<b>J26</b>		2,356±0,251	2,058±0,191	<b>p=0,018</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	2,622±0,396	2,183±0,142	<b>p=0,013</b>
	<b>Mâles</b>	2,882±0,114	2,157±0,116	<b>p=0,00012</b>
	<b>Femelles</b>	2,360±0,413	2,210±0,179	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	2,483±0,280	1,811±0,233	<b>p=0,00016</b>
	<b>Mâles</b>	2,512±0,220	1,915±0,068	<b>p=0,0021</b>
	<b>Femelles</b>	2,455±0,363	1,705±0,305	<b>p=0,017</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Les dernier indicateur rénal étudié est celui de l'acide urique. La cinétique des résultats obtenus va dans le même sens que celle de l'urée et de la créatinine. Les poulets conditionnés à la chaleur montrent toujours des diminutions de ce composant sanguin, aux différents âges de prélèvements, mais de façon moins prononcée d'un point de vue statistique. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à 67,682±6,982 vs 74,575±6,436mg/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 35). Ces résultats révèlent aussi une différence non significative de -10,18% en termes de proportions. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'écart entre les lots affiche -10,60% et de façon non significative. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences qui s'établissent à -11,82% et à -9,60% sont enregistrées respectivement chez les deux sexes et chez les mâles. Par ailleurs, les femelles révèlent un écart significatif (p=0,011) qui affiche -12,90%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, l'amplitude s'établit à -11,19% chez l'ensemble de l'échantillon et de façon significative (p=0,028). Cette différence atteint -37,25% chez les femelles et de façon hautement significative (p=0,00051). Par ailleurs, les mâles présentent un écart de -19,19% mais de façon non significative (p>0,05).

**Tableau N°35** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'acide urique (mg/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		74,575±6,436	67,682±6,982	<b>NS</b>
<b>J26</b>		62,561±6,277	56,565±5,052	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	52,865±5,876	47,505±4,036	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	50,990±7,891	46,525±5,731	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	54,741±2,989	48,485±1,612	<b>p=0,011</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	43,501±3,530	39,122±3,607	<b>p=0,028</b>
	<b>Mâles</b>	45,045±4,760	37,792±5,063	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	41,957±0,413	40,45±0,173	<b>p=0,00051</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats indique que le conditionnement thermique est en faveur d'une diminution des indicateurs rénaux (urée, créatinine et acide urique). Ces résultats concordent les travaux de **ZABOLI** et al., (2017) qui observent des diminutions hautement significatives ( $p=0,0006$ ) de l'acide urique chez des poulets de chair de souche Ross 308 conditionnés à la chaleur. Cette réponse indiquerait aussi une amélioration de la résistance aux fortes chaleurs d'autant plus que **KHAN** et al., (2002) ; **ARAD** et al., (2006) ; **KATARIA** et al., (2008) ; **HASAN** et al., (2014) ; **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) ; **SEDGH-GOOYA** et **TORKI**, (2018) ; **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019) et **KHALIFA** et al., (2019) rapportent que les conditions de stress thermique révèlent toujours des augmentations des marqueurs rénaux (urée, créatinine et acide urique). Enfin, **AENGWANICH** et **SIMARAKS** (2003), **AENGWANICH** et al (2003) et **AENGWANICH** (2009) lient l'augmentation de la température ambiante avec de possibles défaillances circulatoires suivies d'hémorragies dans certains organes tels que les reins et le foie ou encore, le cœur et les poumons, et qui causeraient de graves lésions selon **PECH-WAFFENSCHMIDT**, (1992).

#### IV.2.4 Protéines métaboliques

Les protéines métaboliques étudiées concernent les taux circulants de protéines totales, d'albumine et de globulines. L'observation des résultats des protéines totales dévoile des augmentations de ce composé sanguin chez les poulets conditionnés aux différents âges de prélèvement. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées s'établissent à 54,45±4,521 vs 48,655±4,081g/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 36). Ces moyennes indiquent aussi un écart de +10,64% et qui est statistiquement

significatif ( $p=0,017$ ). Ladite augmentation diminue au 26<sup>ème</sup> jour d'âge (+6,65%) et reste toutefois non significative. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation significative ( $p=0,049$ ) de +9,09% est constatée chez les deux sexes. Chez les mâles et chez les femelles, les augmentations sont non significatives et affichent respectivement +6,06% et +12,10%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est très significative ( $p=0,0030$ ) et atteint un écart de +14,10% chez l'ensemble de l'échantillon. Chez les mâles, l'augmentation est significative ( $p=0,026$ ) et affiche +15,56%. En revanche, chez les femelles, une augmentation non significative de l'ordre de +12,53% est observée.

**Tableau N°36 :** Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de protéines totales (g/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		48,655±4,081	54,45±4,521	<b>p=0,017</b>
<b>J26</b>		48,562±4,648	52,022±5,941	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	47,422±4,276	52,168±5,117	<b>p=0,049</b>
	<b>Mâles</b>	48,63±2,848	51,765±6,101	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	46,215±5,542	52,575±4,836	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	49,378±4,718	57,481±4,955	<b>p=0,0030</b>
	<b>Mâles</b>	50,231±5,992	59,485±2,022	<b>p=0,026</b>
	<b>Femelles</b>	48,527±1,057	55,477±6,513	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Les niveaux d'albumine sériques évoluent de la même façon que ceux des protéines totales où les poulets conditionnés à jeune âge révèlent des augmentations, très marquées statistiquement, aux différents prélèvements réalisés. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à 17,157±1,142 vs 15,001±1,033g/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 37). Cette différence est très significative ( $p=0,0014$ ) et affiche un écart de +12,57%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est hautement significative ( $p=0,00081$ ) et révèle une amplitude de +12,85%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une amplitude (+13,54%) hautement significative ( $p=0,00092$ ) est enregistrée chez l'ensemble de l'échantillon. Elle est très significative ( $p=0,0015$ ) chez les mâles et affiche +14,78%. En revanche, chez les femelles, la différence s'établit à +12,24% mais de façon non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, les amplitudes sont hautement significative ( $p=0,00018$ ), très significative ( $p=0,0057$ ) et significative ( $p=0,018$ ) respectivement chez l'ensemble de l'échantillon, chez les femelles et chez les mâles. En termes de proportions, cela représente des écarts respectifs de +16,31% ; +20,47% et de +12,04%.

**Tableau N°37 :** Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de l'albumine (g/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		15,001±1,033	17,157±1,142	<b>p=0,0014</b>
<b>J26</b>		15,881±1,061	18,223±1,162	<b>p=0,00081</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	16,032±1,018	18,542±1,352	<b>p=0,00092</b>
	<b>Mâles</b>	16,197±0,347	19,005±0,969	<b>p=0,0015</b>
	<b>Femelles</b>	15,867±1,492	18,081±1,660	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	16,753±1,466	20,017±1,008	<b>p=0,00018</b>
	<b>Mâles</b>	17,402±1,463	19,785±0,273	<b>p=0,018</b>
	<b>Femelles</b>	16,105±1,323	20,250±1,467	<b>p=0,0057</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Le dernier paramètre sanguin appartenant aux protéines métaboliques est celui des globulines. La cinétique observée se rapproche de celle des protéines totales et de l'albumine. En effet, ce sont les poulets conditionnés qui présentent des augmentations aux différentes prises sanguines réalisées. Au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à 25,158±2,920 vs 23,306±2,994g/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 38). Ces moyennes révèlent aussi une différence de +7,36% mais qui est non significative. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est très significative (p=0,0017) et atteint +16,79%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+9,42%) significative (p=0,039) est notée chez l'ensemble de l'échantillon. Cette augmentation affiche +10,13% chez les mâles et +8,67% chez les femelles et de façon non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, des écarts significatifs (p=0,021 ; p=0,023) sont notés chez les deux sexes (+12,67%) et chez les femelles (+17,57%). En revanche, les mâles dévoilent une amplitude de +7,53% mais qui reste statistiquement non significative.

**Tableau N°38 :** Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de globulines (g/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		23,306±2,994	25,158±2,920	<b>NS</b>
<b>J26</b>		27,062±2,778	32,522±2,898	<b>p=0,0017</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	25,772±2,855	28,452±2,335	<b>p=0,039</b>
	<b>Mâles</b>	26,282±4,202	29,245±0,602	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	25,262±0,820	27,661±3,270	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	24,067±2,698	27,558±2,697	<b>p=0,021</b>
	<b>Mâles</b>	24,895±3,526	26,922±2,794	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	23,240±1,653	28,195±2,845	<b>p=0,023</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

La tendance générale des résultats s'oriente vers des augmentations des protéines métaboliques (protéines totales, albumine et globulines) observées chez les poulets conditionnés à la chaleur à un âge précoce. Cette évolution se rapproche de celle de **EZZAT** et al., (2017) qui notent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des niveaux sériques de  $5,66 \pm 0,13$  vs  $4,94 \pm 0,61$ g/dl pour les protéines totales et de  $3,32 \pm 0,17$  vs  $2,76 \pm 0,15$ g/dl pour l'albumine respectivement pour des poulets conditionnés et des poulets témoins non conditionnés. De façon similaire, **RIZK** et al., (2018) constatent que le conditionnement thermique précoce des coqs, observé au 3<sup>ème</sup> jour d'âge, induit des augmentations significatives des protéines totales ( $5,333 \pm 0,054$  vs  $4,956 \pm 0,050$ g/dl), d'albumine ( $3,113 \pm 0,027$  vs  $2,830 \pm 0,064$ g/dl) et de globulines ( $2,220 \pm 0,026$  vs  $2,127 \pm 0,015$ g/dl). Ces changements des taux circulants seraient probablement liés à une meilleure adaptation à la chaleur étant donné que plusieurs auteurs dont **OLANREWaju** et al., (2010) ; **SHEIKH** et al., (2017) ; **CHAND** et al., (2018) et **KHALIFA** et al., (2019) rapportent que les conditions de stress thermique s'accompagnent généralement de diminutions significatives des concentrations sériques de protéines totales, d'albumine et de globulines. Dans ce sens, **XIE** et al., (2015) signalent que les changements des niveaux sériques de protéines totales se font ressentir à partir d'une température qui avoisine les 33°C. Pour **GERAERT** et al., (1996) et **TEMIM** et al., (2000), le stress thermique réduit la concentration sérique d'acides aminés, ce qui pourrait entraîner la réduction de la synthèse des protéines. Quant à **LUMEIJ**, (1997) et **JONES**, (1999), l'augmentation des globulines et la diminution de l'albumine conduirait à une diminution du rapport (albumine/globulines), ce qui suggérerait une réponse inflammatoire. Enfin, **SUJATHA** et al., (2010) ; **ATTIA** et al., (2011) et **REHAB**, (2011) lient la diminution des protéines totales et des globulines à une éventuelle altération des protéines du métabolisme causée par les hautes températures.

#### IV.2.5 Équilibre électrolytique

L'équilibre électrolytique est évalué par le dosage de certains ions dont le sodium, le potassium et le chlore. Cet examen prend l'appellation de ionogramme et renseigne sur l'état d'hydratation d'un organisme. L'analyse des résultats de la concentration sérique en sodium révèle des augmentations de cet ion chez les poulets conditionnés aux différents prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées s'établissent à  $149,706 \pm 12,859$  vs  $145,522 \pm 14,017$ meq/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin

(tableau 39). Ces moyennes révèlent aussi une différence non significative qui s'établit à +2,79%. Ladite augmentation affiche un écart de +4,19% au 26<sup>ème</sup> jour d'âge et de façon non significative. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, une amplitude (+7,95%) significative ( $p=0,048$ ) est notée chez l'ensemble de l'échantillon. Cette amplitude est très significative ( $p=0,0077$ ) chez les femelles et affiche +9,77%. En revanche, chez les mâles, la différence est de +6,00% mais de façon non significative. Au dernier prélèvement (J50), des différences significatives ( $p=0,039$  ;  $p=0,037$ ) sont notées chez les deux sexes (+9,38%) et chez les mâles (+9,10%). Par ailleurs, les femelles révèlent une amplitude de +9,66% mais qui demeure non significative ( $p>0,05$ ).

**Tableau N° 39** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de sodium (meq/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		145,522±14,017	149,706±12,859	<b>NS</b>
<b>J26</b>		148,163±12,419	154,652±12,231	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	145,999±12,183	158,602±12,244	<b>p=0,048</b>
	<b>Mâles</b>	147,447±4,207	163,417±6,973	<b>p=0,0077</b>
	<b>Femelles</b>	144,552±17,974	153,785±15,470	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	142,603±13,860	157,371±12,070	<b>p=0,039</b>
	<b>Mâles</b>	141,637±2,170	155,822±10,403	<b>p=0,037</b>
	<b>Femelles</b>	143,570±21,001	158,917±15,011	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'évolution des résultats obtenus pour le potassium sérique se rapproche de celle observée avec le sodium. Les poulets conditionnés à la chaleur dévoilent une augmentation de cet ion aux différents âges avec un impact significatif présent pour l'ensemble des prélèvements. En effet, dès le 13<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation hautement significative ( $p=0,00038$ ) est notée présentant une amplitude de +18,33%. Les moyennes enregistrées pour ce prélèvement s'établissent à 8,237±0,652 vs 6,727±0,643meq/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 40). Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, un écart significatif ( $p=0,022$ ) de +12,74% est observé. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, l'amplitude entre les lots augmente et de façon hautement significative ( $p=0,00015$ ), elle affiche +27,53% chez l'ensemble de l'échantillon. Ladite augmentation est de +24,89% chez les mâles et de façon significative ( $p=0,043$ ). Chez les femelles, l'augmentation est très significative ( $p=0,0013$ ) et révèle +11,98%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence se creuse encore entre les lots, elle est hautement significative ( $p=0,00060$ ) et atteint +32,27%. Chez les femelles, l'écart est très significatif ( $p=0,0088$ ) et

affiche +34,95%. En revanche, les mâles dévoilent une différence de +29,78% mais qui reste statistiquement non significative ( $p>0,05$ ).

**Tableau N°40 :** Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de potassium (meq/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		6,727±0,643	8,237±0,652	<b>p=0,00038</b>
<b>J26</b>		6,306±0,509	7,227±0,875	<b>p=0,022</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	5,896±0,951	8,136±0,718	<b>p=0,00015</b>
	<b>Mâles</b>	5,950±1,158	7,922±1,030	<b>p=0,043</b>
	<b>Femelles</b>	5,842±0,873	8,350±0,141	<b>p=0,0013</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	4,976±1,251	7,347±0,873	<b>p=0,00060</b>
	<b>Mâles</b>	5,351±1,749	7,620±0,343	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	4,602±0,469	7,075±1,210	<b>p=0,0088</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

Le dernier paramètre concernant l'équilibre électrolytique est celui du chlore sérique. Les résultats obtenus montrent des similitudes de leurs évolutions avec ceux du sodium et du potassium. C'est toujours les poulets conditionnés à la chaleur qui dévoilent des augmentations qui sont constatées aux différents prélèvements réalisées. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées s'établissent à 116,646±10,251 vs 104,165±13,332meq/l respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 41). Ces moyennes révèlent aussi une différence de +10,70% mais qui est statistiquement non significative. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, un écart de +9,68% est constaté mais qui reste lui aussi non significatif. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, les différences entre les deux lots sont non significatives, elles révèlent des écarts qui s'établissent à +11,18% ; +11,82% et à +10,50% respectivement chez les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles. Par ailleurs, au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, les différences sont significatives ( $p=0,015$  ;  $p=0,017$ ) et montrent +12,01% et +12,47% respectivement chez l'ensemble de l'échantillon et chez les mâles. Chez les femelles, l'écart s'établit à +11,57% mais reste statistiquement non significatif.

**Tableau N° 41** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de chlore (meq/l).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		104,165±13,332	116,646±10,251	<b>NS</b>
<b>J26</b>		105,107±10,428	116,368±11,186	<b>NS</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	104,245±13,281	117,373±11,946	<b>NS</b>
	<b>Mâles</b>	107,685±14,513	122,121±5,522	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	100,805±13,014	112,627±15,570	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	101,832±10,018	115,736±10,204	<b>p=0,015</b>
	<b>Mâles</b>	99,740±0,900	113,947±8,653	<b>p=0,017</b>
	<b>Femelles</b>	103,932±14,882	117,525±12,632	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats révèle que les poulets conditionnés aux hautes températures laissent apparaître des augmentations des trois ions étudiés (sodium, potassium et chlore). Cette réponse suggère une meilleure réponse des poulets aux conditions de stress thermique d'autant plus que plusieurs études observent des diminutions de ces indicateurs sous ces conditions particulières. En effet, **TEKCE** et **GUL**, (2017) observent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions du sodium sérique (155,3±1,5 vs 159,8±1,8mmol/l), du potassium (8,2±0,4 vs 9,4±0,4mmol/l) et du chlore (121,2±1,3 vs 126,8±1,6mmol/l). De leurs côtés, **SHAKERI** et al., (2019) rapportent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des valeurs de 5,73 vs 6,38mmol/l pour le potassium, 149 vs 150mmol/l pour le sodium et de 112 vs 114mmol/l pour le chlore. Cette tendance de résultats est également observée par **AIT-BOULAHSEN** et al., (1995) ; **MAC DANIEL** et al., (1995 et 1996) ; **KHAN** et al., (2002) ; **BORGES** et al., (2004) ; **ZULKIFLI** et al., (2007) ; **OLANREWaju** et al., (2010) ; **IMIK** et al., (2013) et **AL-ZGHOUL** et al., (2019). Enfin, **SHIOJI** et al., (2016) rapportent que les modifications des niveaux sanguins de sodium, de potassium et de chlore suggèrent un déséquilibre acido-basique et qui est en relation directe avec la fonction rénale. Les mêmes auteurs rajoutent que ces trois ions pourraient être utilisés pour détecter d'éventuelles lésions rénales ou encore de surveiller l'état d'hydratation des oiseaux.

### IV.3 Influence du pré conditionnement thermique sur des marqueurs hormonaux

Les hormones étudiées dans ce travail concernent les niveaux sériques de deux hormones thyroïdiennes, à savoir, la Triiodothyronine (T3) et la thyroxine (T4). Il est question aussi d'explorer l'évolution des taux circulants de deux hormones surrénales, la corticostérone

et le cortisol.

### IV.3.1 Triiodothyronine et thyroxine

L'observation des résultats fait ressortir que les taux circulants de la T3 montre des augmentations significatives chez les poulets conditionnés quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à  $2,17 \pm 0,277$  vs  $1,817 \pm 0,103$  ng/ml respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 42). Ces moyennes révèlent aussi une différence très significative ( $p=0,0046$ ) qui affiche un écart de +16,27%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence est aussi très significative ( $p=0,0011$ ) et révèle une amplitude de +19,08%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences hautement significative ( $p=0,00012$ ), très significative ( $p=0,0019$ ) et significative ( $p=0,042$ ) sont enregistrées chez les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles. Les écarts notés s'établissent respectivement à +22,04% ; +27,17% et à +18,30%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence entre les lots augmente, elle est hautement significative ( $p=0,00019$  ; +31,87%) chez l'ensemble de l'échantillon et chez les mâles ( $p=0,00084$  ;  $p=33,73\%$ ). Chez les femelles, la différence est de +30,90% et de façon significative ( $p=0,035$ ).

**Tableau N° 42** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de la T3 (ng/ml).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		$1,817 \pm 0,103$	$2,17 \pm 0,277$	<b><math>p=0,0046</math></b>
<b>J26</b>		$2,303 \pm 0,280$	$2,846 \pm 0,243$	<b><math>p=0,0011</math></b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	$2,165 \pm 0,254$	$2,777 \pm 0,219$	<b><math>p=0,00012</math></b>
	<b>Mâles</b>	$2,077 \pm 0,266$	$2,852 \pm 0,130$	<b><math>p=0,0019</math></b>
	<b>Femelles</b>	$2,255 \pm 0,246$	$2,705 \pm 0,289$	<b><math>p=0,042</math></b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	$1,105 \pm 0,106$	$1,622 \pm 0,266$	<b><math>p=0,00019</math></b>
	<b>Mâles</b>	$1,057 \pm 0,131$	$1,595 \pm 0,112$	<b><math>p=0,00084</math></b>
	<b>Femelles</b>	$1,147 \pm 0,048$	$1,66 \pm 0,377$	<b><math>p=0,035</math></b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'évolution des résultats obtenus pour la T4 se rapproche de celle constatée pour la T3. C'est toujours les poulets conditionnés qui révèlent des augmentations des niveaux de cette hormone aux différents prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées s'établissent à  $13,502 \pm 1,494$  vs  $12,101 \pm 1,136$  pg/ml respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 43). Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'écart est significatif ( $p=0,027$ ) et

affiche +12,84%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, l'ensemble de l'échantillon révèle une augmentation (+10,38%) significative ( $p=0,044$ ). Par ailleurs, les mâles et les femelles montrent des différences de +13,34% et de +7,23% mais qui restent statistiquement non significatives. Au dernier prélèvement (J50), cette dernière tendance est retrouvée où les deux sexes dévoilent une augmentation significative ( $p=0,041$ ) de l'ordre de +6,86%. Pour leurs parts, les mâles et les femelles présentent respectivement +7,28% et +11,19% mais de façon non significative ( $p>0,05$ ).

**Tableau N°43** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de la T4 (pg/ml).

Jour de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		12,101±1,136	13,502±1,494	<b>p=0,033</b>
<b>J26</b>		13,425±1,614	15,402±1,600	<b>p=0,027</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	17,060±1,800	19,036±1,944	<b>p=0,044</b>
	<b>Mâles</b>	16,965±2,084	19,577±2,257	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	17,157±1,786	18,495±1,716	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	23,120±1,736	24,822±2,293	<b>p=0,041</b>
	<b>Mâles</b>	22,975±1,825	24,780±2,961	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	22,080±1,779	24,862±1,869	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats fait ressortir que le conditionnement thermique précoce favorise une augmentation de la concentration sérique des hormones thyroïdiennes. Cette tendance de résultats s'accorde parfaitement avec les travaux de **AL-RUKIBAT** et al., (2017) qui notent des augmentations significatives de la T3 ( $3,8\pm 1,0$  vs  $3,7\pm 0,5$ ng/ml) et de la T4 ( $6,4\pm 0,6$  vs  $4,7\pm 0,5$ ng/ml) pour des prélèvements réalisés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. **EZZAT** et al., (2017) observent aussi, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des augmentations significatives de la T3 ( $2,40\pm 0,04$  vs  $1,74\pm 0,21$ ng/ml) et de la T4 ( $14,11\pm 0,29$  vs  $13,54\pm 0,82$ ng/ml). Ces réponses constatées indiquent aussi une meilleure adaptation à la chaleur d'autant plus que certains auteurs rapportent des dépréciations des niveaux sériques des hormones thyroïdiennes chez des poulets de chair conduits sous stress thermique. En effet, **TAO** et al., (2006) constatent des diminutions significatives des niveaux de la T3 et de la T4 sous des conditions de stress thermique. Il en est de même pour **SKOMORUCHA** et al., (2017) qui notent des niveaux sériques de la T3 de  $4,29$  vs  $6,89$ ng/ml et de  $3,22$  vs  $4,57$ ng/ml respectivement au 36<sup>ème</sup> et au 41<sup>ème</sup> jour d'âge et pour des poulets stressés par la chaleur et des poulets témoins. Dans le même ordre d'idées, **KHALIFA** et al., (2019) rapportent une diminution de la T4 ( $2,20\pm 0,16$

vs  $3,43 \pm 0,03$  ng/ml) respectivement chez des poulets menés sous stress thermique et sous des températures normatives. Ces réponses constatées seraient expliquées par **SOKOLOWICZ** et **HERBUT**, (1999) et **SKOMORUCHA** et al., (2012) qui rapportent que lorsque les oiseaux sont exposés à des situations de stress thermique, des modifications de la concentration sérique des hormones thyroïdiennes seraient constatées et qui conduiraient à une dépréciation de la croissance des poulets de chair. Cette baisse de croissance aurait pour conséquences un ralentissement, temporaire ou chronique, de l'activité métabolique et qui permettrait aux oiseaux d'éviter une hyperthermie et donc améliorer leurs survies selon les mêmes auteurs. Enfin, **DECUYPERE** et **BUISE**, (2005) et **TAO** et al., (2006) émettent l'hypothèse que l'activité de l'enzyme déiodinase type I (responsable de la conversion de la T4 en T3 active) diminuerait sous l'influence des conditions de stress thermique d'où la perturbation du profil hormonal thyroïdien.

#### IV.3.2 Corticostérone et cortisol

L'examen des résultats fait ressortir que les poulets conditionnés à la chaleur montrent des diminutions significatives de la corticostéronémie aux différentes prises sanguines réalisées. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes notées s'établissent à  $6,765 \pm 0,538$  vs  $7,395 \pm 0,523$  ng/ml respectivement pour le lot conditionné et pour le lot témoin (tableau 44). Cette différence révèle aussi une diminution significative ( $p=0,032$ ) qui affiche -9,31% en termes de proportions. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est hautement significative ( $p=0,00021$ ) et atteint -20,35%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, l'ensemble de l'échantillon révèle une diminution significative ( $p=0,014$ ) de l'ordre de -13,37%. En revanche, les mâles et les femelles présentent des écarts non significatifs qui s'établissent respectivement à -17,28% et à -9,60%. Au dernier prélèvement (J50), la diminution notée est hautement significative ( $p=0,00012$ ), elle est amplifiée et atteint -35,93% chez les deux sexes. Cette diminution est très significative ( $p=0,0040$ ) chez les mâles et affiche -35,12%. Chez les femelles, l'amplitude est significative ( $p=0,024$ ) et présente -36,69%.

**Tableau N°44** :Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de la corticostérone (ng/ml).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		7,395±0,523	6,765±0,538	<b>p=0,032</b>
<b>J26</b>		9,017±0,639	7,492±0,638	<b>p=0,00021</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	8,210±0,679	7,242±0,713	<b>p=0,014</b>
	<b>Mâles</b>	8,312±0,582	7,087±1,025	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	8,107±0,842	7,397±0,267	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	7,671±1,001	5,643±0,440	<b>p=0,00012</b>
	<b>Mâles</b>	7,522±0,607	5,567±0,618	<b>p=0,0040</b>
	<b>Femelles</b>	7,820±1,383	5,721±0,235	<b>p=0,024</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'observation des résultats des taux circulants de cortisol dévoilent aussi des diminutions chez les poulets conditionnés à la chaleur pour l'ensemble des prélèvements. En effet, au 13<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes enregistrées s'établissent à 22,098±1,228 vs 23,555±1,557ng/ml respectivement chez le lot conditionné et chez le lot témoin (tableau 45). Ces moyennes révèlent aussi un écart significatif (p=0,046) de -6,59%. Au 26<sup>ème</sup> jour d'âge, l'amplitude est très significative (p=0,0059) et affiche -9,85%. Au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions significatives (p=0,037 ; p=0,041) sont notées chez les deux sexes (-8,66%) et chez les mâles (-15,25%). En revanche, chez les femelles, une amplitude non significative est enregistrée et s'établit à -2,36%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, un écart (-7,35) significatif (p=0,034) est observée chez l'ensemble de l'échantillon. Par ailleurs, les mâles et les femelles présentent des différences respectives de -9,68% et de -5,09% mais de façon non significative (p>0,05).

**Tableau N° 45** : Influence du pré conditionnement thermique sur les taux circulants de cortisol (ng/ml).

Jours de prélèvements		Lot T	Lot C	Signification
<b>J13</b>		23,555±1,557	22,098±1,228	<b>p=0,046</b>
<b>J26</b>		25,333±1,325	23,062±1,477	<b>p=0,0059</b>
<b>J40</b>	<b>Global</b>	27,043±2,147	24,888±2,009	<b>p=0,037</b>
	<b>Mâles</b>	28,034±0,796	24,325±2,761	<b>p=0,041</b>
	<b>Femelles</b>	26,052±2,740	25,452±0,971	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	22,110±1,417	20,596±1,153	<b>p=0,034</b>
	<b>Mâles</b>	22,202±0,776	20,242±1,418	<b>NS</b>
	<b>Femelles</b>	22,017±2,015	20,950±0,871	<b>NS</b>

Chaque valeur représente la moyenne suivie de l'écart type ; n=8.

L'analyse des résultats fait ressortir que le conditionnement thermique précoce concourt à des diminutions des concentrations sériques de corticostérone. L'observation de ces résultats est rapportée dans plusieurs études. En effet, **PIESTUN** et al., (2008) et **TANIZAWA** et al., (2014) observent des diminutions de la corticostéronémie chez des poulets de chair conditionnés à hautes températures. Il en est de même pour **EZZAT** et al., (2017) et **RIZK** et al., (2018) qui enregistrent des niveaux de corticostérone de  $1,68 \pm 0,14$  vs  $2,07 \pm 0,12$  mmol/l et de  $2,45$  vs  $2,47$  ng/ml respectivement chez des poulets de chair et des coqs conditionnés à la chaleur comparativement aux poulets témoins non conditionnés. De leurs côtés, **MADKOUR** et al., (2021) notent, à la 5<sup>ème</sup> semaine d'âge, des taux circulants de corticostérone de  $8,45$  vs  $12,50$  vs  $18,30$  ng/ml respectivement chez des poulets de chair de souche Cobb 500 conditionnés au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, au 7<sup>ème</sup> jour d'âge et chez le lot témoin non conditionné. Ces réponses des poulets conditionnés à la chaleur indiqueraient aussi une possible amélioration de la tolérance aux hautes températures vu que plusieurs auteurs relèvent des augmentations de la corticostéronémie qui est simultanée à une augmentation des niveaux sériques de cortisol sous des conditions de stress thermique. En effet, **SKOMORUCHA** et al., (2011) et **OLFATI** et al., (2018) rapportent des augmentations de la corticostérone sérique chez des poulets soumis au stress thermique. Il en est de même pour **EL-SHAFEI** et al., (2019) et **AL-SULTAN** et al., (2019) qui notent, à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge, des concentrations sériques de corticostérone qui s'établissent à  $9,00 \pm 0,35$  vs  $6,23 \pm 0,13$  ng/ml et à  $10,92$  vs  $10,46$  ng/ml respectivement chez des poulets soumis au stress thermique et chez des poulets conduits sous des températures neutres. Pour leurs parts, **SHI** et al., (2019) observent, sous des conditions de stress thermique, une augmentation du cortisol sérique dès le 1<sup>er</sup> jour d'âge ( $16,53 \pm 2,57$  vs  $12,66 \pm 0,96$  ng/ml). Il en est de même au 14<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge où les moyennes rapportées s'établissent à  $18,37 \pm 3,34$  vs  $13,90 \pm 2,37$  ng/ml et à  $15,84 \pm 2,93$  vs  $11,63 \pm 2,02$  ng/ml. Ces derniers résultats s'accordent aussi avec les travaux de **DANGI** et al., (2016) ; **TITTO** et al., (2017) et **ZACHUT** et al., (2017) qui rapportent que les conditions de stress thermique concourent à augmenter significativement la concentration sérique de cortisol. L'observation de cette tendance de résultats qui indique des augmentations des taux circulants de corticostérone et de cortisol constituerait une réponse de l'organisme à des situations de stress. Dans ce sens, plusieurs auteurs dont **FRIGERIO** et al., (2004) ; **BIZE** et al., (2010) ; **DE BRUIJN** et **ROMERO**, (2011) ; **WINGFIELD**, (2015) ; **JESSOP** et al., (2016) ; **KRAUSE** et al., (2016) ; **WINGFIELD** et al., (2017) ; **XIE** et al., (2017) ; **JIMENO** et al., (2018) et **SHIPLEY** et al., (2019) rapportent qu'un stress, au sens stricte du terme, qu'il

soit induit par la chaleur ou par le froid entre autre, lorsqu'il est exercé sur les volailles s'accompagne par une activation de l'axe corticotrope ou axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA). Cette activation fait intervenir la corticolibérine, ce qui induit une surproduction de l'hormone adrénocorticotrope (ACTH) selon **SHINI** et al., (2008) ; **DE BRUIJN** et **ROMERO**, (2011) et **JIMENO** et al., (2018). Le rôle de cette dernière réside dans la stimulation des glandes surrénales qui vont à leur tour décharger des corticostéroïdes comme la corticostérone, le cortisol, ou encore l'aldostérone selon **AENGWANICH** et **SUTTAJIT**, (2010) et **RUELL** et al., (2014). Pour leurs parts, **PUVADOLPIROD** et **THAXTON**, (2000a) ; **PUVADOLPIROD** et **THAXTON**, (2000b) ; **SAHIN** et al., (2002) et **KATARIA** et al., (2008) notent des augmentations de l'aldostéronémie et celle de l'ACTH sous contraintes thermiques et attribuent ces augmentations à un réajustement du métabolisme des poulets de chair afin de faire face et de s'adapter à un environnement hostile causé par la chaleur. Enfin, **DOU** et al., (2019) ; **BAXTER** et al., (2020) et **MADKOUR** et al., (2021) suggèrent que l'augmentation de la corticostéronémie constitue un excellent biomarqueur qui renseigne sur l'état de stress des oiseaux. Pour leurs parts, **MADKOUR** et al., (2021) observent une meilleure réponse des poulets conditionnés à la chaleur au 5<sup>ème</sup> jour d'âge par rapport aux poulets conditionnés au 3<sup>ème</sup> jour et au 7<sup>ème</sup> jour et par rapport aux poulets témoins non conditionnés. Les mêmes auteurs concluent que les poulets conditionnés au 5<sup>ème</sup> jour d'âge indiquent une plus grande maturation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA) conduisant ainsi à une plus grande résistance aux facteurs de stress.

## **Conclusion générale et perspectives**

Cette étude consiste à utiliser le pré conditionnement thermique comme moyen de lutte contre les effets néfastes de la chaleur. À cet effet, les poulets conditionnés sont soumis à de hautes températures ( $37,01 \pm 1,7^\circ\text{C}$ ) pendant 24h au 5<sup>ème</sup> jour d'âge. Par la suite, les deux lots (lot T et lot C) subissent les variations climatiques estivales durant 50 jours. En fin d'élevage, soit au 47<sup>ème</sup> jour d'âge, l'ensemble de l'effectif est soumis à un coup de chaleur (stress thermique aigu) pendant 6h afin de tester une éventuelle acquisition d'une meilleure thermotolérance.

À la lumière des résultats obtenus, il apparaît que les poulets conditionnés à la chaleur présentent de meilleures performances zootechniques à l'exception de l'ingestion alimentaire qui tend à diminuer. Le reste des performances, à savoir, l'indice de consommation, le poids vif et le gain de poids vif montrent des améliorations. Il en est de même pour le taux de mortalité qui augmente de +51,85% chez le lot témoin. L'évolution des résultats de la température centrale indique que le pré conditionnement thermique contribue à sa baisse, particulièrement en fin d'élevage. Cet effet est plus accentué lors de la survenue du coup de chaleur où le lot témoin révèle une augmentation de  $+1,09^\circ\text{C}$  pendant ce stress et persiste même 12h après ( $+0,44^\circ\text{C}$ ). Les résultats montrent que le pré conditionnement thermique induit des augmentations du rendement en organes (cœur, foie et gésier vide) ainsi que le rendement des différents compartiments de l'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon). Ce phénomène est également observé pour la morphométrie digestive qui présente des augmentations de la longueur des différentes portions de l'intestin. Les marqueurs sanguins étudiés dévoilent certaines améliorations constatées chez le lot conditionné et qui sont plus remarquables pour les prélèvements effectués en fin d'élevage. Les paramètres hématologiques montrent globalement des augmentations de ces indicateurs, particulièrement pour l'hématocrite et pour l'hémoglobine. Les paramètres biochimiques quant à eux révèlent une hypoglycémie, une hypo cholestérolémie ainsi qu'une hypo triglycémie. Les indicateurs hépatiques (ASAT et ALAT) baissent simultanément à une diminution plus prononcée des indicateurs rénaux, particulièrement pour l'urée (-52,72%) et pour la créatinine (-37,11%). Les protéines métaboliques, dont les protéines totales, l'albumine et les globulines présentent des augmentations. C'est le cas aussi pour les composants de l'ionogramme

(sodium et chlore), particulièrement pour le potassium (+32,27%). Les dosages hormonaux réalisés montrent des augmentations des taux circulants des hormones thyroïdiennes, notamment pour la T3 (+31,87%) et qui sont simultanées à des diminutions des concentrations sériques des hormones surrénales, particulièrement pour la corticostéronémie (-35,93%).

Au vu de ces résultats, il apparaît que le pré conditionnement thermique des poussins à jeune âge concourt à une meilleure tolérance aux conditions de stress thermique. Ceci s'exprime par une réduction de la mortalité simultanément à des baisses de températures rectales. Dans cette situation, la morphométrie digestive est améliorée chez les poulets conditionnés, ce qui laisse supposer, une augmentation de la surface de contact des aliments avec les compartiments digestifs, ce qui améliorerait la digestibilité. D'un point de vue sanguin, une amélioration de l'ionogramme suppose un meilleur état d'hydratation. Dans le même ordre d'idées, l'augmentation des hormones thyroïdiennes et la diminution des hormones surrénales traduiraient un meilleur fonctionnement du métabolisme et une meilleure thermorégulation.

Les poulets pré conditionnés à la chaleur et menés sous des conditions de stress thermique révèlent une limitation de l'impact du stress sur leur physiologie. Cette forme d'adaptation, voire de résistance, pourrait être attribuée directement ou indirectement au pré conditionnement thermique précoce. Malgré les difficultés matérielles liées à de nombreuses contraintes, principalement, les difficultés d'approvisionnement en matériel biologique et matériel d'élevage ainsi que la difficulté de réalisation des analyses sanguines, les résultats obtenus mettent en évidence les effets bénéfiques du pré conditionnement thermique et apporte quelques éléments de réponse d'un point de vue physiologique. C'est pourquoi, la thématique de l'adaptation et de la résistance des oiseaux au stress thermique mérite des recherches plus approfondies.

Dans cette optique et comme perspectives, ce travail pourrait être enrichi à court terme en le reproduisant sur un plus grand effectif, réaliser un échantillonnage plus important et raccourcir l'âge entre les différents prélèvements. Il serait intéressant également d'explorer d'autres paramètres sanguins, notamment hormonaux dont l'aldostérone ou encore l'adrénocorticotrophine. À moyen et à long termes, il serait enfin judicieux d'explorer les impacts du pré conditionnement thermique associé à l'emploi d'additifs, notamment des huiles essentielles, comme moyens d'atténuer les effets néfastes du stress thermique et de mesurer les retombées sur le rendement en carcasse ainsi que sur sa qualité nutritionnelle.

## **Références bibliographiques**

**ABUDABOS AM., ALYEMNI AH. and ZAKARIA HAH. (2016).** Effect of Two Strains of Probiotics on the Antioxidant Capacity, Oxidative Stress, and Immune Responses of Salmonella-Challenged Broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 18 (1): 175-180.

**ABU-DIEYEH ZHM. (2006).** Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. *International Journal of Poultry Science*. 5 (2): 185-190.

**ABUJAMIEH M., ABDELQADER A., IRSHAD RHAYAJNEH FM F., AL-KHAZA'LEH JFM. and AL-FATAFTAHA ABR. (2020).** Effects of organic zinc on the performance and gut integrity of broilers under heat stress conditions. *Archives Animal Breeding*. 63: 125-135.

**AENGWANICH W. and SIMARAKSS. (2003).** Comparative ability to tolerance heat between Thai native chickens and broilers under chronic heat stress. *Thai Journal of Veterinary Medicine Association*. 54: 39-48.

**AENGWANICH W., CHUACHAN U., PHASUK Y., VONGPRALAB T., PAKDEE P., KATAVETIN S. and SIMARAKS S. (2003).** Effect of ascorbic acid on respiratory rate, body temperature, heterophil; lymphocyte ratio and microscopic lesion score in lung, liver, kidney, cardiac muscle and spleen in broilers under chronic heat stress. *Thai Journal of Agricultural Science*. 36 (2): 207-218.

**AENGWANICH W. and SUTTAJIT M. (2010).** Effect of polyphenols extracted from Tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed coat on physiological changes, heterophil/lymphocyte ratio, oxidative stress and body weight of broilers (*Gallus domesticus*) under chronic heat stress. *Animal Science Journal*. 81: 264-270

**AENGWANICH W. (2009).** Heat tolerance ability of thai indigenous, cross bred thai indigenous and broiler chickens under chronic heat stress by using histopathological indications. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8 (2): 223-228.

**AÏN BAZIZ H., GERAERT PA. and GUILLAUMIN S. (1996).** Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poultry*

Science. 75: 505-513.

**AKBARIAN A., MICHIELS J., DEGROOTE J., MAJDEDDIN M., GOLIAN A., and DE SMET S. (2016).** Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *Journal Animal Science Biotechnology*. 7: 37.

**AKSIT M., YALÇIN S., ÖZKAN S., METIN K. and ÖZDEMİR D. (2006).** Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers. *Poultry Science*. 85(11): 1867-1874.

**AL-FATAFTAH ARA. and ABU-DIEYEH ZHM. (2007).** Effect of chronic heat stress on broiler performance in Jordan. *International Journal of Poultry Science*. 6 (1): 64-70.

**ALLEN PC. and FETTERER RH. (2002).** Interaction of dietary vitamin E with *Eimeria maxima* infections in chickens. *Poultry Science*. 81(1): 41-48.

**AL-RUKIBAT RK., AL-ZGHOUL MB., HANANEH WM., AL-NATOUR MQ., and ABU-BASHA EA. (2017).** Thermal manipulation during late embryogenesis: Effect on body weight and temperature, thyroid hormones, and differential white blood cell counts in broiler chickens. *Poultry Science* 96 (1): 234-240

**AL-SULTAN SI., ABDEL-RAHEEM SM., ABD-ALLAH SMS. and EDRIS AM. (2019).** Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of novel feed additive combinations. *Slovenian Veterinary Research*. 56 (22): 269-279.

**AL-ZGHOUL MB., SUKKER H. and ABABNEH MM. (2018).** Effect of thermal manipulation of broilers embryos on the response to heat-induced oxidative stress. *Poultry Science* 98 (2): 991-1001.

**AL-ZGHOUL MB., EL-BAHR SM., AL-RUKIBAT RK., DALAB AS., ALTHNAIAN TA. and AL-RAMADAN SY. (2019).** Biochemical and molecular investigation of thermal manipulation protocols during broiler embryogenesis and subsequent thermal challenge. *BMC Veterinary Research*. 11 : 292

**AMAND G., AUBERT C., BOURDETTE C., BOUVAREL I., CHEVALIER D., DUSANTER A., FRANCK Y., GUILLOU M., HASSOUNA M., LE BIAVAN R., MAHE F., PRIGENT JP. and ROBIN P. (2004).** La prévention du coup de chaleur en aviculture. Sciences et Techniques Avicoles - Hors série.

**ARBOR ACRES (2014).** Arbor Acres Broiler Management Handbook. Guide d'élevage, édition Aviagen.147p.

**ASWATHI PB., BHANJA SK., KUMAR P., SHYAMKUMAR TS., MANISH MEHRA, BHAIASARE DB. and KUMAR PR. (2019).** Effect of acute heat stress on the physiological and reproductive parameters of broiler breeder hens - A study under controlled thermal stress. Indian Journal of Animal Research. 53(9): 1150-1155.

**ATTIA YA., HASSAN RA. and QOTA MA. (2009):** Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics 1: Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. Tropical Animal Health and Production. 41. 807-818.

**ATTIA YA., HASSAN RA., TAG EL-DIN AE. and ABOU- SHEHEMA BM. (2011):** Effect of ascorbic acid or increasing metabolizable energy level with or without supplementation of some essential amino acids on productive and physiological traits of slow-growing chicks exposed to chronic heat stress. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 95: 744-755.

**ATTIA YA. and HASSAN SS. (2017).** Broiler tolerance to heat stress at various dietary protein/energy levels. European Poultry Science. 81: 1-15.

**ATTIA YA., AL-HARTHI MA., EL-SHAFFEY AS., REHAB YA. and KIM WK. (2017).** Enhancing tolerance of broiler chickens to heat stress by supplementation with vitamin E, vitamin C and/or probiotics. Annals of Animal Science.17 (4): 1155-1169.

**ATTOU S. and HOMRANI A. (2017).** New approach for adaptation to high temperatures and its effect on the thermal resistance of broilers reared in western Algeria. Livestock Research for Rural Development 29 (5).

**ATTOU S. (2014).** Adaptation physiologiques du poulet de chair élevé en ambiances chaudes et résistance aux chocs thermique. Thèse de Doctorat Université Abdel Hamid Ibn Badis de

Mostaganem. 144p.

**AWAAD MHH., ELMENAWAY MA., BASHANDY MM., MOHAMED FF., SALEM HM., MORSY EA. and GOSSENS T. (2018).** Heat Stress impedance by acidifiers in broiler chickens. *Acta Scientific Medical Sciences*. 2 (9): 84-93.

**AZAD MAK., KIKUSATO M., SUDO S., AMO T. and TOYOMIZU M. (2010).** Time course of ROS production in skeletal muscle mitochondria from chronic heat-exposed broiler chicken. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 157: 266-271.

**BALNAVE D. and OLIVA AG. (1991).** The influence of sodium bicarbonate and sulfur amino acids on the performance of broilers at moderate and high temperatures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 42 (8): 1385-1397.

**BAXTER MFA., GREENE ES., KIDD MT., TELLEZ-ISAIAS G., ORLOWSKI S. and DRIDI S. (2020).** Water amino acid-chelated trace mineral supplementation decreases circulating and intestinal HSP70 and proinflammatory cytokine gene expression in heat-stressed broiler chickens. *Journal of Animal Science*. 98 (3): 49.

**BEKER A. and TEETER RG. (1994).** Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broiler body temperature and performance during heat stress. *The Journal of Applied Poultry Research*. 3: 87-92.

**BERGMEYER HU., SCHEIBE P., WAHLEFELDA W., (1978).** Optimization of methods for aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase. *Clinical Chemistry*. 24(1): 58-73

**BERRAMA Z., TEMIM S., DJELLOUT B., SOUAMES S., MOULA N. and AIN BAZIZ H. (2018).** The effects of early age thermal conditioning and vinegar supplementation of drinking water on physiological responses of female and male broiler chickens reared under summer Mediterranean temperatures. 62 (6): 735-742.

**BIZE P., STOCKER A., JENNI-EIERMANN S., GASPARINI J. and ROULIN A. (2010).** Sudden weather deterioration but not brood size affects baseline corticosterone levels in nestling Alpine swifts. *Hormones and Behavior*. 58 (4). 591-598

**BONNET S. (1995).** Effet d'une exposition chronique à la chaleur sur la digestibilité des constituants de l'aliment chez le poulet de chair. Mémoire de fin d'étude. Ecole Supérieure d'Agronomie. Angers. 71p.

**BORGES SA., FISCHER DA SILVA AV., MAJORKA A., HOOGE DM. and CUMMINGS KR. (2004).** Physiological responses of broilers chickens to heat stress and Dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poultry Science*. 83 (9): 1551-1558.

**BORSA A., KOHAYAMA A., BORETTI LP., SAITO ME. and KUIBIDA K. (2006).** Serum levels of hepatic enzyme function in clinically healthy broiler chickens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 58 (4): 675-677.

**BUENO JPR., GOTARDO LRM., SANTOS AM., LITZ FH., OLIVIERI OCL., ALVES RLOR., MORAES CA. and NASCIMENTO MRBM.** Effect of cyclic heat stress on thyroidal hormones, thyroid histology, and performance of two broiler strains. *International Journal of Biometeorology*. 64 (7) :1125-1132.

**BUYSE J., JANSSENS GPJ. and DECUYPERE E. (2001).** The effects of dietary L-carnitine supplementation on the performance, organ weights and circulating hormone and metabolite concentrations of broiler chickens reared under a normal or low temperature schedule. *British Poultry Science*. 42 (2): 230-241.

**CAHANER A., and LEENSTRA F. (1992).** Effects of high temperature on growth and efficiency of male and female broilers from lines selected for high weight-gain, favourable feed conversion, and high or low fat-content. *Poultry Science*. 71: 1237-1250.

**CAMPBELL TW., THRALL MA., BAKER DC., CAMPBELL TW., DENICOLA D., FETTMAN MJ., LASSEN ED., REBAR A. and WEISER G. (2004).** *Veterinary hematology and clinical chemistry*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 479-492.

**CAMPO JL., PRIETO MT. and DAVILA SG. (2008).** Effects of housing system and cold stress on heterophil-to-lymphocyte ratio, fluctuating asymmetry, and tonic immobility duration of chickens. *Poultry Science*. 87: 621-626

**CERNIGILIA GJ., HERBERT JA., and WATTS AB. (1983).** The effect of constant ambient temperature and ration on the performance of sexed broilers. *Poultry Science*. 62 (5): 746-754.

**CHAKROUN C., (2004).** Les effets de la chaleur en aviculture. *Volaille de Tunisie. Revue Scientifique, Technique du Secteur Avicole en Tunisie*. 33.

**CHAND N., NAZ S., REHMANZ. and KHAN RU. (2018).** Blood biochemical profile of four fast-growing broiler strains under high ambient temperature. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 61(3): 273-279.

**COOPER MA. and WASHBURN KW. (1998).** The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Science*. 77: 237-242.

**DANGI SS., CHOUHAN SK., VERMA MR., KUMAR P., SINGH G. and SARKAR M. (2016).** Modulatory effect of betaine on expression dynamics of HSPs during heat stress acclimation in goat (*Capra hircus*). *Revue Gene*. 575 (2): 543-550.

**DARRE MJ. and HARRISON PC. (1987).** Heart rate, blood pressure, cardiac output, and total peripheral resistance of single comb white leghorn hens during an acute exposure to 35°C ambient temperature. *Poultry Science*. 66 (3): 541-547

**De BASILIO V., VILARIÑO M., YAHAV S. and PICARD M. (2001).** Early-age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers challenged by heat stress. *Poultry Science*. 80: 29-36.

**De BASILIO V., et PICARD M. (2002).** La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée par une exposition précoce à une température élevée. *Production Animale*. 15: 235-246.

**De BASILIO V., REQUENA F., LEON A., VILARIÑO M. and PICARD M. (2003).** Early-age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks under a tropical environment. *Poultry Science*. 82: 1235-1242.

**DE BRUIJN R.** and **ROMERO LM.** Behavioral and physiological responses of wild-caught European starlings (*Sturnus vulgaris*) to a minor, rapid change in ambient temperature. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*.160. (2): 260-266.

**DECUYPERE E.** and **BUYSE J.** (2005). Endocrine control of postnatal in poultry. *Journal of Poultry Science*.42 : 1-13.

**DENG W., DONG XF., TONG JM.** and **ZHANG Q.** (2012). The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poultry Science*. 91: 575-582.

**DONKOH A.** (1989). Ambient temperature; a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *International Journal of Biometeorology*. 33(4): 259-265.

**DOU J., MONTANHOLI YR., WANG Z., LI Z., YU Y., MARTELL JE., WANG YJ.** and **WANG Y.** (2019). Corticosterone tissue-specific response in sprague dawley rats under acute heat stress. *Journal of Thermal Biology*. 81:12-19.

**ESTRADA-PAREJA MM., MARQUEZ-GIRON SM.** and **RESTREPO-BETANCUR LF.** (2007). Effect of temperature and relative humidity on the productive behaviour and the transfer of heat in broilers. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*. 20: 288-303.

**EASTMAN CJ., CORCORAN JM., EKINS RP., WILLIAMS ES.** and **NABARRO JD.** (1975). The radioimmunoassay of triiodothyronine and its clinical application. *Journal of Clinical Pathology*. 28(3): 225-230

**EL-SEBAI A.** (2000). Influence of selenium and vitamin E as antioxidants on immune system and some physiological aspects in broiler chicks. *Egyptian Poultry Science Journal*. 20: 1065-1082.

**EL-LETHEY H., HUBER-EICHER B.** and **JUNGI TW.** (2003). Exploration of stress-induced immunosuppression in chickens reveals both stress-resistant and stress susceptible antigen responses. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 95 (3-4): 91-101.

**ELNAGAR SA., SCHEIDELER SE. and BECK MM. (2010).** Reproductive hormones, hepatic deiodinase messenger ribonucleic acid and vasoactive intestinal polypeptide-immunoreactive cells in hypothalamus in the heat stress-induced or chemically induced hypothyroid laying hen. *Poultry Science*. 89: 2001-2009.

**ELNESR SS., ELWAN HAM., XU QQ., XIE C., DONG XY. and ZOU XT. (2019).** Effects of in ovo injection of sulfur-containing amino acids on heat shock protein 70, corticosterone hormone, antioxidant indices, and lipid profile of newly hatched broiler chicks exposed to heat stress during incubation. *Poultry Science*. 98(5): 2290-2298.

**EL-SHAFEI AA., AL-GAMAL MA., ABO-GABAL MSH., BASUONY HA. and SAAD EA. (2019).** Broiler Productive and Physiological Performance under Different Heat Combating Practices during Acute Heat Stress. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*. 11(1): 73-94.

**ESTEFAN AG., LOPEZ SS., MENOCAJ JA. and BARRAGAN JI. (2019).** The effect of heat stress on broiler performance and strategies to reduce this effect.

**EZZAT W., ABDALLAH EA., RIZK AM., OUDA MM. and ABD EL-KRIM RE. (2017).** Impact of chromium picolinate supplementation on productive performance, immune response and heat shock proteins of broiler chickens under heat-stress condition. *Egyptian Poultry Science Journal*. 37 (II): 559-583

**FAO. (2019).** Food and Agricultural Organization of the United Nations. Biannual Report of Global Food Markets. Rome. 112p.

**FELVER-GANT JN., MACK LA., DENNIS RL., EICHER SD. and CHENG HW. (2012).** Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poultry Science*. 91(7): 1542-1551.

**FERNANDES JIM., SCAPINI LB., GOTTARDO ET., JUNIOR AMB., SANTOS MARQUES FED. and GRUCHOUSKEI L. (2013).** Thermal conditioning during the first week on performance, heart morphology and carcass yield of broilers submitted to heat stress. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 35 (3): 311-319.

**FOSSATI P. and PRENCIPE L. (1982).** Serum triglycerides determined colorimetrically with an enzyme that produces hydrogen peroxide. *Clinical Chemistry*. 28 (10): 2077-2080.

**FOLARIN IA., OLOWOFESO O., IKEOBI CON., AKINYEMI OD., ODUOYE OT., ILORI BM. and WHETO M. (2021).** Posthatch thermal conditioning reduces heat stress in three broiler strains. *research square*. 1-16

**FRIGERIO D., DITTAMI J., MOSTL E. and KOTRSCHAL K. (2004).** Excreted corticosterone metabolites co-vary with ambient temperature and air pressure in male Greylag geese (*Anser anser*). *General and Comparative Endocrinology*. 137: 29-36.

**GARRIGA C., HUNTER RR., PLANAS JM., MITCHELL MA., and MORETO M., (2005).** Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. *Animal Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 290: 195-201.

**GARRIGA C., HUNTER RR., AMAT C., PLANAS JM., MITCHELL MA. and MORETO M. (2006).** Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. *American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 290 (1): 195-201.

**GERAERT PA., PADILHA JCF. and GUILLAUMIN S. (1996).** Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. *British Journal of Nutrition*. 75: 195-204.

**GHAZALAH AA., ABD-ELSAMEE MO. and ALI AM. (2008).** Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm. *International Journal of Poultry Science*. 7 (4): 355-359.

**GILOH M., SHINDER D. and YAHAV S. (2012).** Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. *Poultry Science*. 91: 175-188.

**GOEL A., NCHO CM., JEONG CM. and CHOI YH. (2022).** Embryonic thermal manipulation and in ovo gamma-aminobutyric acid supplementation regulating the chick weight and stress-related genes at hatch. *Frontiers in Veterinary Science*. 8: 807450.

**GONZÁLEZ FHD. HAIDA KS., MAHL D., GIANNESI G., and KRONBAUER E. (2001).** Incidence of Metabolic Diseases in Broilers of Southern Brazil and Use of Blood Biochemical Profile for Its Study. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 3 (2) : 141-147.

**GORNALLAG., BARDAWILLCJ. and DAVIDMM. (1949).** Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological chemistry*. 177 (2) : 751-766.

**GOUDA A., EL-MONIARY MMA., ELDALY EF., EL-WARDANY I. and HEMID AA. (2017).** Physiological responses of broiler chickens as influenced by early age heat conditioning and dietary antioxidant supplementation. *Egyptian Journal Nutrition and Feeds*. 20 (2): 165-180.

**GU XH., LI SS. and LIN H. (2008).** Effects of hot environment and dietary protein level on growth performance and meat quality of broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 21 (11): 1616-1623.

**HAMMOUCHE D. (2011).** Impact de la technique d'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur l'utilisation digestive des nutriments par le poulet de chair élevé en conditions chaudes. Thèse de Magister, Département Productions Animales, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) El Harrach-Algérie. 116p.

**HAMMOUCHE D., MOUSS AK., BOUDOUMA D. (2014).** Étude morphométrique des différents compartiments du tube digestif du poulet de chair soumis au stress thermique chronique. III<sup>ème</sup> Symposium National des Sciences Avicoles, 20-21 Octobre: Université de Batna.

**HASSAN AM. and GOPAL REDDY P. (2012).** Early age thermal conditioning improves broiler chick's response to acute heat stress at marketing age. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 7 (1):193-196.

**HOSSEINI-VASHAN SJ. and RAEI-MOGHADAM M S. (2019).** Antioxidant and immune system status, plasma lipid, abdominal fat, and growth performance of broilers exposed to heat stress and fed diets supplemented with pomegranate pulp (*PunicagranatumL.*). *Journal of Applied Animal Research*. 47 (1): 521-531.

**HOWLIDER MAR., and ROSE SP. (1989).** Rearing temperature and the meat yield of broilers. *British Poultry Science*. 30: 61-67.

**IMIK H., KAYNAR O., OZKANLAR S., GUMUS R., POLAT H. and OZKANLAR Y. (2013).** Effects of vitamin C and  $\alpha$ -lipoid acid dietary supplementations on metabolic adaptation of broilers to heat stress. *Revue Médecine Vétérinaire*. 164 (2): 52-59.

**JIMENO B., HAU M. and VERHULS S. (2018).** Glucocorticoid-temperature association is shaped by foraging costs in individual zebra finches. *Journal of Experimental Biology*. 221: 4.

**JONES MP. (1999).** Avian clinical pathology. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice*. 2 (3): 663-687.

**JONES F. and WATKINS S. (2009).** How does taste influence water consumption in broilers? *Avian Advice University of Arkansas*. 1: 8-11.

**KADIM IT., AL-MARZOOQI W., MAHGOUB O., AL-JABRI A., and AL-WAHEEBI SK. (2008).** Effect of acetic acid supplementation on egg quality characteristics of commercial laying hens during hot season. *International Journal of Poultry Science*. 7 (10): 1015-1021.

**KATARIA N., KATARIA AK. and GAHLOT AK. (2008).** Ambient temperature associated variations in serum hormones and interrelated analytes of broiler chickens in arid tract. *Slovenian Veterinary Research*. 45 (4): 127-134.

**KHALIFA E., ABDEL-RAHMAN M. and GHAREEB K.(2019).** Effect of probiotic on growth performance, carcass traits, and clinical health parameters of broilers reared under heat stress in upper Egypt. *SVU- International Journal of Veterinary Sciences*. 2 (2): 27-44.

**KHAN WA., KHAN A., ANJUM AD. and REHMAN ZU. (2002).** Effects of induced heat stress on haematological values in broiler chicks. *International Journal of Agriculture and Biology*. 4 (1): 74-75.

**KOH K., and MAC LEOD MG. (1999).** Effects of ambient temperature on heat increment of feeding and energy retention in growing broilers maintained at different food intakes. *British Poultry Science*. 40: 511-516.

**KRAUSE JS., PEREZ JH., CHMURA HE., SWEET SK., MEDDLE SL., HUNT KE., GOUGH L., BOELMAN N. and WINGFIELD JC. (2016).** The effect of extreme spring

weather on body condition and stress physiology in Lapland longspurs and white-crowned sparrows breeding in the Arctic. *General and Comparative Endocrinology*. 237: 10-18.

**KRÓLICZEWSKA B., ZAWADZKI W., DOBRZANSKI Z. and KACZMAREK-OLIWA A. (2004).** Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 88 (11-12): 393-400.

**LAGANÁ C., RIBEIRO AML., GONZÁLEZ FHD., LACERDA LA., KRATZ LR. and BARBOSA PR. (2007).** Dietary levels of protein and fat and biochemical, hematological and feathering parameters in heat-stressed broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36 (6): 1783-1790.

**LIN H., BUYSE J., DU R., GUT XH. and ZHANG ZY. (2004).** Response of rectal temperature of broiler chickens to thermal environmental factors. *Arch. Geflügelkd.* 68: 126-131.

**LIN H., DE VOS D., DECUYPERE E. and BUYSE J. (2008).** Dynamic changes in parameters of redox balance after mild heat stress in aged laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 147 (1): 30-35

**LAN R., LI Y., CHANG Q. and ZHAO Z. (2020).** Dietary chitosan oligosaccharides alleviate heat stress-induced intestinal oxidative stress and inflammatory response in yellow-feather broilers. *Poultry Science*. 99 (12): 6745-6752.

**LUMEIJ JT. (1997).** Avian clinical biochemistry. In: KANEKO JJ. HARVEY JW. and BRUSS ML. *Clinical biochemistry of domestic animals*. San Diego: Academic Press. 857-883.

**MACK LA., FELVER-GANT JN., DENNIS RL. and CHENG HW. (2013).** Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poultry Science*. 92: 285-294.

**MADKOUR M., ABOELENIN MM., SHAKWEER WME., ALFARRAJ S., ALHARBI SA. and ABDEL-FATTAH SA. and ALAGAWANY M. (2021).** Early life thermal stress

modulates hepatic expression of thermotolerance related genes and physiological responses in two rabbit breeds. *Italian Journal of Animal Science*. 20 (1): 736-748.

**MARCHINI CFP., FERNANDES EA., NASCIMENTO MRBM., ARAUJO EG., GUIMARÃES EC., BUENO JPR., FAGUNDES NS. and CAFE MB. (2018).** The Effect of Cyclic Heat Stress Applied to Different Broiler Chicken Brooding Stages on Animal Performance and Carcass Yield *Brazilian Journal of Poultry Science*. 20 (4): 765-772.

**MARCHINI CFP., SILVA PL., NASCIMENTO MRBM., BELETTI ME., SILVA NM. and GUIMARÃES EC. (2011).** Body Weight, Intestinal Morphometry and Cell Proliferation of Broiler Chickens Submitted to Cyclic Heat Stress. *International Journal of Poultry Science* 10 (6): 455-460.

**MARDER J. and ARAD Z. (1989).** Panting and acid-base regulation in heat stressed birds. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 94: 395-400.

**MASHALY MM., HENDRICKS GL., KALAMA MA., GEHAD AE., ABBAS AO., and PATTERSON PH. (2004).** Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science*. 83: 889-894.

**MENDES AA., WATKINS SE., ENGLAND JA., SALEH EA., WALDROUP AL. and WALDROUP PW. (1997).** Influence of dietary lysine levels and arginine: lysine ratios on performance of broilers exposed to heat or cold stress during the period of three to six weeks of age. *Poultry Science*. 76: 472-481.

**MEIATTINI F., PRENCIPE L., BARDELLI F., GIANNINI G. and TARLI P. (1978).** The 4-hydroxybenzoate/4-aminophenazone chromogenic system used in the enzymic determination of serum cholesterol. *Clinical Chemistry*. 24 (12): 2161-2166

**MITCHELL MA. and CARLISLE AJ. (1992).** The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*. 101: 137-142.

**MÔREKI JC. (2008).** Feeding strategies in poultry in hot climates. Non-Ruminants Division, Department of Animal Production. *Poultry Today*. 0601.

**MORITA VS., ALMEIDA VR., MATOS JUNIOR JB., VICENTINI TI., VAN DEN BRAND H., and BOLELI IC. (2016).** Incubation temperature alters thermal preference and response to heat stress of broiler chickens along the rearing phase. *Poultry Science* 95 (8):1795-1804.

**MOUSS AK., BOUBOUMA D. et HAMMOUCHE D. (2011).** Impact de la technique de l'acclimatation précoce sur les performances zootechniques et le taux de mortalité chez le poulet de chair élevé en conditions de stress thermique chronique. *Revue, Recherche Agronomique, INRAA.* 24: 7-14.

**MOUSS ABK. (2011).** Impact de la technique d'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur les performances de croissance et la qualité de la carcasse de poulet de chair élevé en conditions chaudes. Thèse de Magister, Département Productions Animales ; Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), El Harrach-Algérie. 113p.

**MUJAHID A., AKIBA Y. and TOYOMISU M. (2009).** Progressive changes in the physiological responses of heat-stressed broiler chickens. *The Journal of Poultry Science.* 46 (2): 163-167.

**NAGWA AA., HASSAN AM., MEHAISEN GMK. and EMAM KRS. (2012).** Effect of using heat shock programs on thermoregulation responses and performance of laying hens under desert conditions. *Egyptian Poultry Science Journal.* 32: 777-790.

**NASEEM MT., NASSEEM SM., ZAFAR IQBAL YCH., GHAFUOR A., ASLAM A. and AKHTER S. (2005).** Effect of potassium chloride and sodium bicarbonate supplementation on thermotolerance of broilers exposed to heat stress. *International Journal of Poultry Science.* 4 (11): 891-895.

**NIU ZY., WEI F., LIU FZ., QIN XG., MIN YN. and GAO YP. (2009).** Dietary vitamin A can improve immune function in heat-stressed broiler. *Animal.* 3: 1442-1448.

**OKE OE., ALO ET., OKE FO., OYEBAMIJI YA., IJAIYA MA., ODEFEMI MA. and ONAGBESAN OM. (2020).** Early age thermal manipulation on the performance and physiological response of broiler chickens under hot humid tropical climate. *Journal of Thermal Biology.* 88: 102517.

**OLANREWAJU HA., PURSWELL JL., COLLIER SD. and BRANTON SL. (2010).** Effect of Ambient Temperature and Light Intensity on Growth Performance and Carcass Characteristics of Heavy Broiler Chickens at 56 Days of Age. *International Journal of Poultry Science*. 9 (8): 720-725.

**OLFATI A., MOJTAHEDIN A., SADEGHI T., AKBARI M. and MARTINEZ-PASTOR F. (2018).** Comparison of growth performance and immune responses of broiler chicks reared under heat stress, cold stress and thermoneutral conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 16 (2): e0505: 7.

**OLIVEIRA GA.; OLIVEIRA RFM., DONZELE JL., CECON PR., VAZ RGMV. and ORLANDO UAD. (2006).** Effect of environmental temperature on performance and carcass characteristics of broilers from 22 to 42 days old. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35 (4): 1398-1405.

**OMRAN OM., GALAL A., MAHROUS MY. and BADRI FB. (2020).** Impact of heat stress on growth performance and carcass traits in some broiler chickens. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. 82(2) : 651-662.

**OUCHI Y., CHOWDHURY VS., COCKREM JF. and BUNGO T. (2021).** Effects of thermal conditioning on changes in hepatic and muscular tissue associated with reduced heat production and body temperature in young chickens. *Frontiers in Veterinary Science*. 7: 610319.

**PADILHA JFC. (1995).** Influence de la chaleur sur le métabolisme énergétique et sa régulation chez les poulets en croissance. Thèse de Doctorat de l'Université de Tours. 205 p.

**PANIGRAHY KK., BEHERA K., MOHAPATRA LM., ACHARYA AP., SETHY K., PANDA S. and GUPTA SK. (2017).** Sex-related differences in hemato-biochemical indices of adult Vanaraja chickens during summer and winter seasons. *Veterinary World*. 10 (2): 176-180.

**PAREJA JC., TINOCO IFF., SARAZ JAO., ROCHAKSO. and CANDIDO MGL. (2018).** Zootechnical and physiological performance of broilers in the final stage of growth subjected to different levels of heat stress. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 71 (2): 8469-8476.

**PEREZ M., De BASILIO V., COLINA Y., OLIVEROS Y., YAHAV S., PICARD M. et BASTIANELLI D. (2006).** Evaluation du niveau de stress thermique par mesure de la température corporelle et du niveau d'hyperventilation chez le poulet de chair dans des conditions de production au Venezuela. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*. 59 (1-4): 81-90.

**PHILLIPS JG., BUTLER PJ. and SHARP PJ. (1985).** Physiological strategies in avian biology. Editeur; Blackie Academic & Professional. Collection; Tertiary Level Biology. 192 p.

**PIESTUN Y., SHINDER D., RUZAL M., HALEVY O., BRAKE J., and YAHAV S. (2008).** Thermal Manipulations During Broiler Embryogenesis: Effect on the Acquisition of Thermotolerance. *Poultry Science*. 87 (8): 1516-1525.

**PRIETO MT. and CAMPO JL. (2010).** Effect of heat and several additives related to stress levels on fluctuating asymmetry, heterophil:lymphocyte ratio, and tonic immobility duration in White Leghorn chicks. *Poultry Science*. 89 (10): 2071-2077.

**PUVADOLPIROD S. and THAXON JP. (2000a).** Model of physiological stress in chickens 1. Response parameters. *Poultry Science*. 79: 363-369.

**PUVADOLPIROD S. and THAXTON JP. (2000b).** Model of physiological stress in chickens 2. Dosimetry of adrenocorticotropin. *Poultry Science*. 79 (3): 370-376.

**RAHIMI G. (2005).** Effect of heat shock at early growth phase on glucose and calcium. *International Journal of Poultry Science*. 4 (10): 790-794.

**RASHIDI AA., GOFRANI LVARI Y., KHATIBJOO A. and VAKILI R. (2010).** Effects of dietary fat, vitamin E and zinc on immune response and blood parameters of broiler reared under heat stress. *Research Journal of Poultry Sciences*. 3 (2): 32-38.

**REHAB YMA. (2011).** Effect of vitamin C, E and probiotic additions under heat stress on productive performance, meat quality and immune responses of broiler chicks. Master, Animal and Poultry Production Department Faculty of Agriculture, Damanshour University. 154p.

**REHMAN Z., CHAND N., KHAN RU., NAZ S. and ALHIDARY IA. (2018).** Serum biochemical profile of two broiler strains supplemented with vitamin E, raw ginger (*Zingiber officinale*) and L-carnitine under high ambient temperatures. *South African Journal of Animal Science*. 48 (5): 935-942.

**RIZK AM., EL-SAYED OA., ABDALLAH EA., ALM-EDEEN AK. and MOBAREZ SM. (2018).** Effect of mitigation of heat stress by early heat acclimation and glutamine injection on some physiological measurements, immune responses and semen quality of sinia male chickens. *Egyptian Poultry Science Journal*. 38 (1): 127-155.

**ROSA PS., FARIA FILHO DE., DAHLKE F., VIEIRA BS., MACARI M. et FURLAN RL. (2007).** Performance and carcass characteristics of broiler chickens with different growth potential and submitted to heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 9 (3):181-186.

**RUELL PA., SIMAR D., PE'RIARD JD., BEST S., CAILLAUD C. and THOMPSON MW. (2014).** Plasma and lymphocyte Hsp72 responses to exercise in athletes with prior exertional heat illness. *Amino Acids*. 46: 1491-1499.

**RUUSKANEN S., HSU BY. and NORD A. (2019).** Endocrinology of thermoregulation in birds in a changing climate. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 519 (1): 111088.

**SAHIN K., SAHIN N., ONDERCI M., YARALIOGLU S. and KUCUK O. (2001).** Protective role of supplemental vitamin E on lipid peroxidation, vitamin E, A and some mineral concentrations of broiler reared under heat stress. *Veterinaria Medicina*. 46: 140-144.

**SAHIN K., SAHIN N. and YARALIOGLU S. (2002).** Effects of vitamin C and vitamin E on lipid peroxidation, blood serum metabolites, and mineral concentrations of laying hens reared at high ambient temperature. *Biological Trace Element Research*. 85: 35-45.

**SALEH KMM., TARKHAN AH. and AI-ZGHOUL MB. (2020).** Embryonic thermal manipulation affects the antioxidant response to post-hatch thermal exposure in broiler chickens. *Animals*.10 (1): 126.

**SANDERCOCK DA., HUNTER RR., NUTE GR., MITCHELL MA. and HOCKING PM. (2001).** Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: implications for meat quality.

Poultry Science. 80 : 418-425.

**SAVORY CJ. (1986).** Influence of ambient temperature on feeding activity parameters and digestive function in domestic fowls. *Physiology and Behavior*. 38: 353-357.

**SCANES CG. (2016).** Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio. *Poultry Science*. 95 (9). 2208-2215.

**SETTAR P., YALÇIN S., TURKMUT L., ÖZKAN S. and CAHANER A. (1999).** Season by genotype interaction related to broilers growth rate and heat tolerance. *Poultry Science*. 78: 1353-1358.

**SHADDEL-TILI A., GHASEMI-SADABADI M. and PESTA-BIGELOW SS. (2016).** The effects of thermal shock in the early rearing period on performance, carcass characteristics and some blood parameters in broiler chickens. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*. 6 (3): 78-83.

**SHAKERI M., OSKOUEIAN E., LE HH. and SHAKERI M. (2019).** Strategies to combat heat stress in broiler chickens: Unveiling the roles of selenium, vitamin E and vitamin C. *Veterinary Sciences*. 7(2): 71.

**SHAMMA TA., KHALIFA HH., EL-SHAFAEI AA. and ABO-GABAL MS. (2014).** Mitigating heat stress in broilers: 1- Effect of feed restriction and early heat acclimation on productive performance. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 4 (4): 967-982.

**SHEIKH AA., MISHRA A., KUMAR K., PATEL P., JAIN AK., BASHIR SM. and ALI A. (2017).** Effect of Alpha-Tocopherol on Biochemical Parameters in Commercial Broilers during Heat Stress. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6 (10): 531-539.

**SHI D., BAI L., QU Q., ZHOU S., YANG M., GUO S., LI Q. and LIU C. (2019).** Impact of gut microbiota structure in heat-stressed broilers. *Poultry Science*. 98: 2405-2413.

**SHINI S., KAISER P., SHINI A. and BRYDEN WL. (2008).** Biological response of chickens (*Gallus gallus domesticus*) induced by corticosterone and a bacterial endotoxin. *Comparative Biochemistry and Physiology- Part B : Biochemistry Molecular and*

Biology.149 (2): 324-333.

**SHIOJI N., HAYASHI M. and MORIMATSU H. (2016).** kidney, fluid, and acid-base balance. *The Japanese Journal of Anesthesiology*. 65 (5): 503.

**SHIPLEY AA., SHERIFF MJ., PAULI JN. and ZUCKERBERG B. (2019).** Snow roosting reduces temperature-associated stress in a wintering bird. *Oecologia*. 190 (2): 309-321.

**SILVA PRL., FREITAS NETO OC., LAURENTIZ AC., JUNQUEIRA OM. and FAGLIARI JJ. (2007).** Blood Serum Components and Serum Protein Test of Hybro-PG Broilers of Different Ages. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 9 (4): 229-232.

**SKOMORUCHA I., SOSNOWKA-CZAJKA E. and MUCHACKA R. (2011).** Effect of rearing system on production results and some stress indicators in the blood of broiler chickens of different origin. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 38(2): 269-278.

**SKOMORUCHA I., MUCHACKA R. and SOSNOWKA-CZAJKA E. (2012).** Physiological response of broiler chickens different origin to elevated air temperature. *Rocz. Nauk. Zootech*. 39(1): 139-148.

**SKOMORUCHA I. and SOSNOWKA-CZAJKA E. (2017).** Physiological parameters in broiler chickens reared under different housing systems during a period of high temperatures. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 16 (3): 25-34.

**SOHAIL MU., HUME ME., BYRD JA., NISBET DJ., IJAZ A., SOHAIL A., SHABBIR MZ. and REHMAN H. (2012).** Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poultry Science*. 91: 2235-2240.

**SOKOLOWICZ A. and HERBUT E. (1999).** Effect of chronic high temperature stress on thyroid activity and metabolic rate of broiler pullets and cockerels. *Annals of Animal Science*. 26: 377-383.

**STAR L., DECUYPERE E. PARMENTIER HK. and KEMP BE. (2008).** Effect of single or combined climatic and hygienic stress in four layer lines: 2. Endocrine and oxidative stress

responses. *Poultry Science*. 87 (6): 1031-1038.

**STOJEVIC Z., MILINKOVIĆ-TUR S., and ĆURČIJA K. (2000).** Changes in thyroid hormones concentrations in chicken blood plasma during fattening. *Veterinarski Arhiv*. 70 (1): 31-37.

**SUGIHARTO S., YUDIARTI T., ISROLI I., WIDIASTUTI E. and PUTRA FD. (2017).** Effect of dietary supplementation with *Rhizopus oryzae* or *Chrysonilia crassa* on growth performance, blood profile, intestinal microbial population, and carcass traits in broilers exposed to heat stress. *Archives Animal Breeding*. 60: 347-356.

**SUJATHA V., KORDE JP., RASTOGI SK., MAINI S., RAVIKANTH K. and REKHE DS. (2010).** Amelioration of heat stress induced disturbances of the antioxidant defence system in broilers. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*. 2: 18-28.

**SUZUKI K., HARASAWA R., YOSHITAKE Y. and MITSUOKA T. (1983).** Effects of growding and heat stress on intestinal flora, body weight gain, and feed efficiency of growing rats and chickens. *Japanese Journal of Veterinary Science*. 45 (3): 331-338.

**TANIZAWA H., SHIRAISHI JI., KAWAKAMI SI., TSUDZUKI M. and BUNGO T. (2014).** Effect of Short-Term Thermal Conditioning on Physiological and Behavioral Responses to Subsequent Acute Heat Exposure in Chicks. *Japan Poultry Science Association*. 51: 80-86.

**TAO X., ZHANG ZY., DONG H., ZHANG H. and XIN H. (2006).** Responses of thyroid hormones of market-size broilers to thermoneutral constant and warm cyclic temperatures. *Poultry Science* 85 (9): 1520-1528.

**TEKCE E. and GÜL M. (2017).** Effects of *Origanum Syriacum* Essential Oil on Blood Parameters of Broilers Reared at High Ambient Heat. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 19 (4): 655-662.

**TEMIM S., BEDRANI L., AIN BAZIZ H., GHAOUI H., KADDOUR R., BOUDINA H., ADJOU K., COLLIN A. and TESSERAUD S. (2009).** Effet de l'acclimatation précoce sur les performances de croissance et la morphométrie intestinale des poulets de chair élevés en conditions estivales méditerranéennes. *European Journal of Scientific Research*. 38 (1): 110-

118.

**TEMIM S., CHAGNEAU AM., PERESSON R. and TESSERAUD S. (2000a).** Chronic heat exposure alters protein turnover of three different skeletal muscles in finishing broiler chickens fed 20 or 25% protein diets. *The Journal of Nutrition*. 130: 813-819.

**TEMIM S., CHAGNEAU AM., GUILLAUMIN S., MICHEL J., PERESSON R. and TESSERAUD S. (2000b).** Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens? *Poultry Science*. 79: 312-317.

**TEMIM S., CHAGNEAU AM., PERESSON R., MICHEL J., GUILLAUMIN S. and TESSERAUD S. (1999).** Effects of chronic heat exposure and protein intake on growth performance, nitrogen retention and muscle development in broiler chickens. *Reproduction Nutrition Développement*. 39: 145-156.

**TIETZ NW. (1995).** Clinical guide to laboratory tests (ELIZA). 3rd Edition, Philadelphia. p 22-24.

**TITTO CG., NEGRAO JA., CANAES TDS., TITTO RM., LEME-DOS SANTOS TMDAC., HENRIQUE FL., CALVIELLO RF., PEREIRA AMF. and TITTO EAL. (2017).** Heat stress and ACTH administration on cortisol and insulin-like growth factor I (IGF-I) levels in lactating Holstein cows. *Journal of Applied Animal Research*. 45:1-7.

**TOLLBA AAH., SABRY MM. and ABUZEAD SMM. (2004).** Effect of microbial probiotics on performance of broiler chicks under normal or heat stress conditions. 1-lactobacillus or pediococcus. *Egyptian Poultry Science Journal*. 24 (2): 351-367.

**TRINDER, P. (1969).** Determination of blood glucose using an oxidase-peroxidase system with a non-carcinogenic chromogen. *Journal of Clinical Pathology*. 22 (2): 158-161.

**UNI Z., GANOT S. and SKLAND D. (1998).** Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poultry Science*. 77 (1): 75-82.

**UNI Z., GAL-GARBER O., GEYRA A., SKLAN D. and YAHAV S. (2001).** Changes in growth and function of chick small intestine epithelium due to earlythermal conditioning. *Poultry Science*. 80: 438-445.

**UZUM MH.** and **TOPLU HDO.** (2013). Effects of stocking density and feed restriction on performance, carcass, meat quality characteristics and some stress parameters in broilers under heat stress. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 164 (12): 546-554.

**WAIBEL PE.** and **MACLEOD MG.** (1995). Effect of cycling temperature on growth, energy metabolism and nutrient retention of individual male turkeys. *British Poultry Science*. 36: 39-49.

**WILLEMSSEN H., SWENNEN Q., EVERAERT N., GERAERT PA., MERCIER Y., STINCKENS A., DECUYPERE E.** and **BUYSE J.** (2011). Effects of dietary supplementation of methionine and its hydroxy analog DL-2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid on growth performance, plasma hormone levels, and the redox status of broiler chickens exposed to high temperatures. *Poultry Science* 90: 2311-2320.

**WINGFIELD JC., PEREZ JH., KRAUSE JS., WORD KR., GONZALEZ-GOMEZ PL., LISOVSKI S.** and **CHMURA HE.** (2017). How birds cope physiologically and behaviourally with extreme climatic events. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 372: 10.

**XIE J., TANG L., LU L., ZHANG L., LIN X., LIU HC., ODLE J.,** and **LUO X.** (2015). Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. *Poultry Science*. 94: 1635-1644.

**XIE XZ., LIANG C., LI MH.** and **CHEN Z.** (2017). Effects of GABA on the Thymus Cytokines of Wenchang Chickens Submitted to Heat Stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 19 (1): 143-150.

**YAHAV S.** and **HURWITZ S.** (1996). Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning and early age. *Poultry Science*. 75: 402-406.

**YAHAV S.** (2000). Domestic fowl-strategies to confront environmental conditions. *Avian Poultry Biology Review*. 11: 81-95.

**YALÇIN S., TESTİK A., ÖZKAN S., SETTAR P., CELEN F.** and **CAHANER A.** (1997). Performance of naked neck and normal broilers in hot, warm, and temperate climates. *Poultry Science*. 76 (7): 930-937.

**YALÇIN S., ÖZKAN S., OKTAY G., CABUK M., ERBAYRAKTAR Z. and BILGILI SF. (2004).** Age-related effects of catching, crating, and transportation at different seasons on core body temperature and physiological blood parameters in broilers. *The Journal of Applied Poultry Research*. 13: 549-560.

**YALCIN S., OZKAN S., CABUK M. and SIEGEL PB. (2003).** Criteria for evaluating husbandry practices to alleviate heat stress in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 12: 382-388.

**YALÇIN S. and GÜLER HC. (2012).** Interaction of transport distance and body weight on preslaughter stress and breast meat quality of broilers. *British Poultry Science*. 53 (2): 175-182.

**ZABOLI GR., RAHIMI S., SHARIATMADARI F., TORSHIZI MAK., BAGHBANZADEH A. and MEHRI M. (2017).** Thermal manipulation during Pre and Post-Hatch on thermotolerance of male broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Poultry Science*. 96: 478-485.

**ZACHUT M., KRA G., LIVSHITZ L., PORTNICK Y., YAKOBY S., FRIEDLANDER G. and LEVIN Y. (2017).** Seasonal heat stress affects adipose tissue proteome toward enrichment of the Nrf2-mediated oxidative stress response in late-pregnant dairy cows. *Journal of Proteomics*. 158 (31): 52-61.

**ZEFERINO CP., KOMIYAMA CM., PELICIA VC., FASCINA VB., AOYAGI MM., COUTINHO LL., SARTORI JR. and MOURA ASAMT. (2015).** Carcass and meat quality traits of chickens fed diets concurrently supplemented with vitamins C and E under constant heat stress. *Animal*. 10 (1): 163-171.

**ZHOU W. and YAMAMOTO S., (1997).** Effects of environmental temperature and heat production due to food intake on abdominal temperature, shank skin temperature and respiration rate of broilers. *British Poultry Science*. 38: 107-114.

**ZMRHAL V., JAROS J., KUPCIKOVA L., DRACKOVA E., PAVLIK A., and LICHOVNIKOVA M. (2017).** Use of herbal additive to eliminate the negative effects of heat stress on broilers. *MendelNet*. November 8-9 : 298-302.

**ZULKIFLI I., HTIN NN., ALIMON AR., LOH TC. and HAIR-BEJO M.** (2007). Dietary selection of Fat by heat-stressed broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 20 (2): 245-51.