

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 للعلوم الفلاحية الحراش - الجزائر  
Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach-Alger



# THÈSE

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

## THÈME

**Incidences des températures d'élevage sur les constantes  
biologiques, le rendement et la qualité de la carcasse et sur  
les paramètres de production du poulet de chair**

**Présenté par :**  
MOUSS Abdelhak Karim

**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*

*Avec* l'expression de mon amour éternelle, ma reconnaissance ainsi que mon profond respect, je dédie cet évènement marquant de ma vie :

*À* l'homme, celui que Dieu nous à offert, mon tendre et adorable *Père*, à qui je dois ma vie, ma réussite, mon bonheur et mon épanouissement. Si j'ai atteints aujourd'hui ce niveau quoique je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Que Dieu te prête santé, bonheur et longue vie.

*À* la femme, notre cadeau divin, ma tendre et chérie *Mère*, qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences, qui

n'a ménagé aucun effort pour me rendre heureux. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés à toujours été une source de force pour affronter les différents obstacles. En un mot, *Maman* chérie je t'adore.

*À* la mémoire de mes très chers défunts grands parents *Djeddi, Ava, Youma* et *Ayé* que j'adore et qui auraient été très contents et surtout fiers de l'aboutissement de ces années d'études. Malgré leurs absences, ils seront présents dans ma vie à jamais. Leur image restera gravée pour toujours, que Dieu les accueille dans son vaste paradis.

*À* mes très chères tantes *HAYET* et *KHADRA* qui m'ont soutenues, conseillées et aiguillées durant toute ma scolarisation, de l'enseignement primaire jusqu'à la réalisation de cette thèse. Je ne saurais comment vous remercier. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect et de ma haute considération.

*À* mon cher cousin *ALLOU*, à mon cher beau père tonton *MOHAMED* ainsi que mes tontons *MOKRANE, AMARA, MIHOUB* et ma tata *FADILA*. J'aurais tant aimé vous voir parmi nous mais le destin en a décidé autrement. Allah yarhamkoum.

À ma chère *Épouse* qui me soutien et m'aide dans toutes mes démarches. Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect et de ma haute considération.

À mes deux adorables frères *YACINE* et *NAZIM* qui m'ont aidé eux aussi pour l'aboutissement de ce travail ainsi que leurs épouses *KHAWLA* et *ASMA*.

À mes deux trésors, mes neveux que j'adore, le numéro « 1 » *MANLOU* ainsi que sa sœur *MIRAL* « *DESI* ».

À ma chère *belle mère*, à mes *beaux frères* et ma *belle sœur* ainsi qu'à leurs épouses, époux et enfants. Ils m'ont soutenue et encourager. Que Dieu leur prête santé, bonheur et longue vie.

À mes chers *tantes* et *oncles*, ainsi qu'à leurs époux, épouses et enfants. Vous étiez toujours présents à mes côtés. Je tiens à vous exprimer tout mon respect et ma haute considération. Que Dieu vous prête santé, bonheur et longue vie.

## *REMERCIEMENTS*

Ce travail est l'aboutissement d'un long cheminement au cours duquel j'ai bénéficié de l'encadrement, des encouragements et du soutien de mon directeur de thèse ; *Professeur IKHLEF Hacène*. Il a accepté d'encadrer ce travail et n'a pas hésité à me soutenir dès le départ et à accepter d'endosser la lourde charge de directeur de thèse malgré ces nombreuses occupations. Ces encouragements m'ont beaucoup édifié et son encadrement scientifique a toujours été pour moi une lumière pour comprendre un peu plus de ces merveilles que le monde de la zootechnie porte en lui. À cet égard, je tiens à lui exprimer mes sincères gratitude et lui dire profondément et sincèrement Merci.

Je tiens aussi à remercier *Mr TRIKI Saddek* Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Qu'il trouve ici l'expression de mes profonds remerciements.

À *M<sup>me</sup> TENNAH Safia.*, Professeure à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire de l'honneur qu'elle me fait d'avoir acceptée de participer au jury de cette thèse. Je lui exprime mes sincères respects et ma profonde gratitude.

À *Mr KHELLAF Djamel.*, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire de l'honneur qu'il me fait d'avoir accepté de participer au jury de cette thèse. Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier également tous mes enseignants de l'Institut d'Agronomie de l'Université de Batna ainsi que tous les enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie qui m'ont permis d'aboutir à mes diplômes d'Ingénieur, de Magister et de Doctorat.

*M*es sincères remerciements à toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant la préparation de ce travail de recherche

## RESUME

---

La présente étude met en exergue les effets des hautes températures sur les performances de croissance, le rendement et la qualité nutritionnelle de la carcasse ainsi que sur des constantes biologiques. L'essai se déroule sur 50 jours et porte sur 400 poussins non sexés de souche Arbor Acres répartis en deux lots à la réception, le lot témoin est mené sous températures neutres (lot TN) et celui expérimental (lot HT) est soumis à de hautes températures.

Les résultats obtenus indiquent que les contraintes thermiques n'influent pas négativement sur la consommation alimentaire. Cependant, la valeur des autres performances sont significativement dépréciés, particulièrement en fin d'élevage avec -13,15% pour le poids vif, -44,97% pour le gain de poids, +23,40% pour l'indice de consommation et enfin +44,44% pour la mortalité.

Le rendement en carcasse est déprécié puisqu'il affiche -6,54% pour la carcasse commerciale, -15,79% pour les muscles pectoraux et +18,74% pour le gras abdominal. Le rendement en cuisses et pilons est également impacté à hauteur de -5,94% mais de façon moins prononcée.

La composition nutritionnelle de la carcasse indique des augmentations significatives de la matière grasse avec +22,74% et +10,68% respectivement pour les muscles pectoraux et ceux des cuisses et pilons. Parallèlement, la matière minérale montre des diminutions de -14,76% sur les muscles pectoraux et -17,41% sur les cuisses et pilons. Les protéines brutes révèlent -16,07% et -15,18% pour les muscles pectoraux et ceux des cuisses et pilons.

Les prélèvements sanguins révèlent une perturbation des paramètres hématologiques qui concernent l'hémoglobine (-10,31%) et l'hématocrite (-15,17%). Les paramètres biochimiques révèlent une hyperglycémie de +10,32% qui est concomitante à une hypercholestérolémie de +4,10% ainsi qu'à une hypertriglycémie de +11,96%. L'ASAT et l'ALAT augmentent respectivement de +13,85% et de +14,08%. L'urée, la créatinine et l'acide urique révèlent des augmentations respectives de +56,79%, de +21,86% et de +10,39%. Les protéines métaboliques montrent respectivement des dépréciations de -25,50%, -9,84% et de -11,92% pour les protéines totales, l'albumine et les globulines alors que les concentrations sériques de potassium, de sodium et de chlore affichent respectivement des dépréciations de -31,31%, -8,93% et de -11,79%. Enfin, les dosages hormonaux montrent des diminutions des hormones thyroïdiennes qui sont simultanées à des augmentations des hormones surrénales. Les amplitudes affichent -15,65% et -12,83% respectivement pour la T3 et la T4 et +22,66% et +12,55% respectivement pour la corticostérone et le cortisol.

**Mots clés** : Poulet de chair, hautes températures, performances de croissance, rendement et qualité nutritionnelle de la carcasse, paramètres sanguins.

## **ABSTRACT**

---

This study put in evidence the effects of high temperatures on growth performance, yield and nutritional quality of the carcass as well as on biological constants. The test takes place over 50 days and involves 400 unsexed chicks of the Arbor Acres strain, divided into two batches at the reception, the control batch is conducted at neutral temperatures (TN batch) and the experimental batch (HT batch) is subjected to high temperatures.

The results obtained indicate that thermal stresses do not negatively influence food consumption. However, the value of the other performances are significantly depreciated, particularly at the end of breeding with -13.15% for the live weight, -44.97% for the weight gain, +23.40% for the consumption index and finally +44.44% for mortality.

The carcass yield is depreciated since it shows -6.54% for the commercial carcass, -15.79% for the pectoral muscles and +18.74% for the abdominal fat. Yield in thighs and drumsticks is also impacted by -5.94% but less pronounced.

The nutritional composition of the carcass indicates significant increases in fat with +22.74% and +10.68% respectively for the pectoral muscles and those of the thighs and drumsticks. At the same time, the mineral matter shows decreases of -14.76% on the pectoral muscles and -17.41% on the thighs and drumsticks. The crude proteins reveal -16.07% and -15.18% for the pectoral muscles and those of the thighs and drumsticks.

Blood samples reveal a disturbance of hematological parameters which concern hemoglobin (-10.31%) and hematocrit (-15.17%). The biochemical parameters reveal a hyperglycemia of +10.32% which is concomitant with a hypercholesterolemia of +4.10% as well as a hypertriglyceridemia of +11.96%. AST and ALT increase by +13.85% and +14.08% respectively. Urea, creatinine and uric acid reveal respective increases of +56.79%, +21.86% and +10.39%. Metabolic proteins respectively show impairments of -25.50%, -9.84% and -11.92% for total proteins, albumin and globulins while serum concentrations of potassium, sodium and chlorine respectively show depreciations of -31.31%, -8.93% and -11.79%. Finally, hormonal assays show decreases in thyroid hormones that are simultaneous with increases in adrenal hormones. The amplitudes show -15.65% and -12.83% respectively for T3 and T4 and +22.66% and +12.55% respectively for corticosterone and cortisol.

**Key words:** Broiler, high temperatures, growth performance, yield and nutritional quality of the carcasse, blood parameters.

هذه الدراسة تسلط الضوء على آثار درجات الحرارة المرتفعة على أداء النمو، المحصول، والجودة الغذائية للذبيحة وكذلك على ثوابت بيولوجية. الاختبار جرى على مدار 50 يوماً ويتضمن 400 كتكوت غير مجنسة من سلالة Arbor Acres ، مقسمة إلى مجموعتين عند الاستقبال، المجموعة الشاهدة تربي تحت درجات حرارة ملائمة (مجموعة TN) و المجموعة التجريبية (مجموعة HT) تعرض إلى درجات حرارة عالية.

تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن الاجهاد الحراري لا يؤثر سلبيًا على استهلاك الغذاء. ومع ذلك ، فإن قيمة الاداءات الأخرى تنخفض بشكل كبير ، خاصة في نهاية التربية بنسبة 13.15% - للوزن الحي ، 44.97% - لزيادة الوزن ، 23.40% + لمؤشر الاستهلاك وأخيراً 44.44% + للوفيات.

مردود الذبيحة يظهر تدهورا لانه يشير 6.54% - للذبيحة التجارية ، 15.79% - للعضلات الصدرية و 18.74% + لدهون البطن. كما يتأثر مردود الفخذين بنسبة 5.94% - ولكن بأقل حدة.

تشير التركيبة الغذائية للذبيحة إلى زيادة في الدهون بنسبة 22.74% + و 10.68% + على التوالي لعضلات الصدر وعضلات الفخذين. في الوقت نفسه ، أظهرت المادة المعدنية انخفاضًا بنسبة 14.76% - في عضلات الصدر و 41.17% - على الفخذين. البروتينات الخام تكشف 16.07% - و 15.18% - لعضلات الصدر وعضلات الفخذين.

تكشف عينات الدم عن اضطراب في المقاييس الدموية لمعايير الدم التي تخص الهيموغلوبين (10.31% -) والهيماتوكريت (15.17% -). تكشف المعلمات البيوكيميائية عن ارتفاع السكر في الدم بنسبة 10.32% + والذي يصاحبه ارتفاع الكولسترول بنسبة 4.10% + وكذلك ارتفاع الدهون الثلاثية بنسبة 11.96% +. AST و ALT زادت بنسب 13.8% + و 14.08% + على التوالي. اليوريا والكرياتينين وحمض البوليك يظهران زيادات بنسب 56.79% + ، 21.86% + ، 10.39% + على التوالي. البروتينات الأيضية تظهر على التوالي انخفاضات بنسب 25.50% - و 9.84% - و 11.92% - للبروتين الكلي والألبومين والغلوبيولين بينما أظهرت تركيزات المصل من البوتاسيوم والصوديوم والكلور انخفاضات بنسب 31.31% - و 8.93% - و 11.79% - على التوالي. أخيرًا ، تظهر الفحوصات الهرمونية انخفاضات في هرمونات الغدة الدرقية المتزامنة مع زيادة هرمونات الغدة الكظرية. تظهر الساعات 15.65% - و 12.8% - على التوالي لـ T3 و T4 و 22.66% + و 12.55% + على التوالي للكورتيكوستيرون والكورتيزول.

الكلمات المفتاحية: دجاج اللحم ، درجات الحرارة المرتفعة ، أداء النمو ، المحصول والجودة الغذائية للذبيحة ، معلمات الدم.



# TABLE DES MATIÈRES

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## **PARTIE I**

### **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

Introduction.....	4
I. Effet des hautes températures sur les performances de croissance.....	4
I.1. Effet sur la consommation alimentaire et l'indice de consommation.....	4
I.2. Effet sur le poids vif et le gain de poids.....	8
I.3 Effet sur le taux de mortalité.....	11
I.4 Effet sur la consommation d'eau.....	12
II. Effet des hautes températures sur le rendement et la qualité nutritionnelle de la carcasse.....	13
II.1 Effet sur le rendement en carcasse commerciale (PAC), en muscles pectoraux, en cuisses et en gras abdominal.....	13
II.2 Effet des hautes températures sur la qualité nutritionnelle de la carcasse.....	18
Conclusion.....	22

### **Chapitre II : Effet des hautes températures sur les paramètres sanguins**

Introduction.....	23
I. Effet des hautes températures sur les paramètres hématologiques.....	23
II. Effet sur les paramètres biochimiques.....	26
II.1 Effet sur la glycémie.....	26
II.2 Effet sur le bilan lipidique.....	29
II.3 Effet sur les indicateurs hépatiques et rénaux.....	31
II.4 Effet sur les protéines métaboliques.....	34
II.5 Effet sur l'équilibre électrolytique.....	36
III. Effet des hautes températures sur les paramètres hormonaux.....	38
III.1. Effet sur les hormones thyroïdiennes.....	38
III.2 Effet sur les hormones surrénales.....	41
Conclusion.....	44

**PARTIE II**  
**ÉTUDE EXPERIMENTALE**

**Chapitre I : Matériel et méthodes**

I.Objectifs de l'étude.....	45
II. Matériel et méthodes.....	45
II.1. Approche expérimentale.....	45
II.2 Méthodes.....	48
II.2.1 Méthodes de mesure des paramètres d'ambiance.....	48
II.2.2 Méthodes de mesures des performances de croissance.....	48
II.2.2.1 Consommation alimentaire.....	48
II.2.2.2 Poids vif.....	49
II.2.2.3 Gain de poids vif.....	49
II.2.2.4 Indice de consommation.....	49
II.2.2.5 Taux de mortalité.....	49
II.2.3 Méthodes de mesures du rendement en carcasse.....	50
II.2.3.1 Prélèvement des échantillons de carcasse .....	50
II.2.3.2 Mesure des rendements en carcasse et en muscles.....	51
II.2.4 Méthodes de mesures des paramètres nutritionnels de la carcasse.....	51
II.2.4.1 Prélèvement et préparation des échantillons.....	51
II.2.4.2 Méthodes de mesure .....	52
a. Teneur en matière sèche (MS).....	52
b. Teneur en matière minérale (MM).....	52
c. Teneur en matière azotée totale (MAT).....	53
d. Teneur en matière grasse (MG).....	53
II.2.5 Méthodes de mesures des paramètres sanguins.....	54
II.2.5.1 Méthodes de mesures des paramètres hématologiques.....	54
II.2.5.2 Méthodes de mesures des paramètres biochimiques.....	54
II.2.5.3 Méthodes de mesures des paramètres hormonaux.....	55
II.2.6 Méthodes de traitement statistique de données.....	56

**Chapitre II : Résultats et discussion**

I. Paramètres d'ambiance.....	57
II. Effet des hautes températures sur les performances de croissance.....	59

II.1 Effet sur la consommation alimentaire et l'indice de consommation.....	59
II.2 Effet sur le poids vif et le gain de poids vif.....	62
II.3 Effet sur le taux de mortalité.....	65
II.4 Effet des hautes températures sur le rendement en carcasse.....	66
II.4.1 Effet sur le rendement en carcasse commerciale (PAC).....	66
II.4.2 Effet sur le rendement en cuisses et pilons.....	68
II.4.3 Effet sur le rendement en muscles pectoraux.....	69
II.4.4 Effet sur la proportion de gras abdominal.....	70
II.5 Effet des hautes températures sur la qualité nutritionnelle de la carcasse.....	73
II.5.1 Effet sur le taux de matière sèche.....	73
II.5.2 Effet sur le taux de matière minérale.....	75
II.5.3 Effet sur le taux de matière azotée totale .....	77
II.5.4 Effet sur le taux de matière grasse.....	79
II.6 Effets des hautes températures sur les paramètres sanguins.....	83
II.6.1 Effet sur les composants hématologiques.....	83
II.6.1.1 Effet sur les globules blancs.....	83
II.6.1.2 Effet sur les globules rouges.....	84
II.6.1.3 Effet sur l'hémoglobine.....	84
II.6.1.4 Effet sur l'hématocrite.....	85
II.6.1.5 Effet sur les composants des globules rouges.....	86
II.6.2 Effet des hautes températures sur les paramètres biochimiques.....	89
II.6.2.1 Effet sur la glycémie.....	89
II.6.2.2 Effet sur le bilan lipidique.....	91
II.6.2.3 Effet sur les indicateurs hépatiques et rénaux.....	94
a. Effet sur les indicateurs hépatiques.....	94
b. Effet sur les indicateurs rénaux.....	96
II.6.2.4 Effet sur les protéines métaboliques.....	100
II.6.2.5 Effet sur l'équilibre électrolytique.....	103
II.6.3 Effet sur les paramètres hormonaux.....	106
II.6.3.1 Effet sur les hormones thyroïdiennes.....	106
II.6.3.2 Effet sur les hormones surrénales.....	108
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>111</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	

## Liste des abréviations

<b>ACTH</b> : Adénocorticotrophine	<b>l/s</b> : Litre par sujet
<b>ALAT</b> : Alanine Amino-Transférase	<b>m<sup>2</sup></b> : Mètre carré
<b>ASAT</b> : Aspartate Amino-Transférase	<b>MAT</b> : Matière azotée totale
<b>Ca</b> : Calcium	<b>MCH</b> : Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine
<b>Cl</b> : Chlore	<b>MCHC</b> : Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine
<b>CO<sub>3</sub></b> : Bicarbonates	<b>MCV</b> : Volume globulaire moyen
<b>°C</b> : Degrés Celsius	<b>meq/l</b> : Milliéquivalent par litre.
<b>EM/Kg</b> : Energie métabolisable par Kilogramme	<b>Mg</b> : Magnésium
<b>fL</b> : Femtolitre	<b>MG</b> : Matière grasse
<b>g</b> : Gramme	<b>mg/dl</b> : Milligramme par décilitre
<b>g/dl</b> : Gramme par décilitre	<b>mg/100ml</b> : Milligramme par cent millilitre
<b>g/j/kg</b> : Gramme par jour par kilogramme	<b>ml/s</b> : Millilitre par sujet
<b>g/l</b> : Gramme par litre	<b>mmol/l</b> : Millimole par litre
<b>g/s</b> : Gramme par sujet	<b>MS</b> : Matière sèche
<b>g/s/j</b> : Gramme par sujet par jour	<b>Na</b> : Sodium
<b>g/s/p</b> : Gramme par sujet par phase	<b>ng/ml</b> : Nanogramme par millilitre
<b>h</b> : Heure	<b>nm</b> : Nanomètre
<b>H</b> : Hétérophiles	<b>nmol/l</b> : Nanomole par litre
<b>Hb/100ml</b> : Hémoglobine par 100 millilitres	<b>PAC</b> :Prête à cuire
<b>h/j</b> : Heure/jour	<b>pg</b> : Picogrammes
<b>H/L</b> : Ratio hétérophiles par lymphocytes	<b>pg/ml</b> : Picogramme par millilitre
<b>HPA</b> : Hypothalamo-hypophyso-surrénalien	<b>pH</b> : Potentiel hydrogène
<b>J</b> : Jour	<b>T3</b> : Triiodothyronine
<b>K</b> : Potassium	<b>T4</b> : Thyroxine.
<b>Kcal</b> : Kilocalorie	<b>UI/dl</b> :Unité internationale par décilitre
<b>Kg</b> : Kilogramme	<b>UI/l</b> : Unité internationale par litre
<b>L</b> : Lymphocytes	<b>vs</b> : Versus
	<b>µg/dl</b> : Microgramme par décilitre

**μg/ml** : Microgramme par millilitre

**μm<sup>3</sup>/RBC** : Micromètre cube par globule  
rouge

**μmol/l** : Micromole par litre

**%** : Pourcentage

**±** : Plus ou moins

**>** : Supérieur

**<** : Inférieur

**10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>** : Million par millimètre cube

**10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>** : Mille par millimètre cube

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°1:</b> Paramètres biochimiques mesurés durant l'expérimentation.....	55
<b>Tableau N° 2:</b> Paramètres hormonaux mesurés durant l'expérimentation.....	55
<b>Tableau N°3:</b> Températures ambiantes et hygrométries relatives moyennes durant l'expérimentation	57
<b>Tableau N°4 :</b> Indices (THI) durant l'expérimentation.....	68
<b>Tableau N°5 :</b> Effet des hautes températures sur la consommation alimentaire (g/s/j).....	60
<b>Tableau N°6 :</b> Effet des hautes températures sur l'indice de consommation .....	61
<b>Tableau N°7 :</b> Effet des hautes températures sur le poids vif (g/s).....	62
<b>Tableau N°8 :</b> Effet des hautes températures sur le gain de poids vif (g/s/p).....	64
<b>Tableau N°9 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de mortalité (%).....	65
<b>Tableau N°10 :</b> Effet des hautes températures sur le rendement en carcasse commerciale (%).....	67
<b>Tableau N°11 :</b> Effet des hautes températures sur le rendement en cuisses et pilons (%).....	68
<b>Tableau N°12 :</b> Effet hautes températures sur le rendement en muscles pectoraux (%).....	70
<b>Tableau N°13 :</b> Effet des hautes températures sur la proportion en gras abdominal (%).....	71
<b>Tableau N°14 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de matière sèche des muscles pectoraux (%).....	74
<b>Tableau N°15 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de matière sèche des cuisses et pilons (%)..	75
<b>Tableau N°16 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de matière minérale des muscles pectoraux (%MS).....	76
<b>Tableau N°17 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de la matière minérale des cuisses et pilons (%MS).....	77
<b>Tableau N°18 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de matière azotée totale des muscles pectoraux (%MS).....	78
<b>Tableau N°19 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de matière azotée totale des cuisses et pilons (%MS).....	79
<b>Tableau N°20 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de matière grasse des muscles pectoraux (%).....	80
<b>Tableau N°21 :</b> Effet des hautes températures sur le taux de matière grasse des cuisses et pilons (%MS).....	81
<b>Tableau N°22 :</b> Effet des hautes températures sur la concentration sérique en globules blancs ( $10^6/mm^3$ ).....	83
<b>Tableau N°23 :</b> Effet des hautes températures sur la concentration sérique en globules rouges ( $10^3/mm^3$ ).....	84
<b>Tableau N°24 :</b> Effet des hautes températures sur la concentration sérique en hémoglobine (g/dl).....	85
<b>Tableau N°25 :</b> Effet des hautes températures sur la concentration sérique en hématocrite (%).....	86
<b>Tableau N°26 :</b> Effet des hautes températures sur la concentration sérique en MCV (fL).....	87

<b>Tableau N°27</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en MCH (pg).....	88
<b>Tableau N°28</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en MCHC (g/dl).....	88
<b>Tableau N°29</b> : Effet des hautes températures sur la glycémie (g/l).....	90
<b>Tableau N°30</b> : Effet des hautes températures sur la cholestérolémie (g/l).....	92
<b>Tableau N°31</b> : Effet des hautes températures sur la triglycéridémie (g/l).....	93
<b>Tableau N°32</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en ASAT (UI/l).....	95
<b>Tableau N°33</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en ALAT (UI/l).....	96
<b>Tableau N°34</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en urée (g/l).....	97
<b>Tableau N°35</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en créatinine (mg/l).....	98
<b>Tableau N°36</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en acide urique (mg/l)....	99
<b>Tableau N°37</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en protéines totales (g/l)...	100
<b>Tableau N°38</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en albumine (g/l).....	101
<b>Tableau N°39</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en globulines (g/l).....	102
<b>Tableau N°40</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en sodium (meq/l).....	103
<b>Tableau N°41</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en potassium (meq/l).....	104
<b>Tableau N°42</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en chlore (meq/l).....	105
<b>Tableau N°43</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en T3 (ng/ml).....	106
<b>Tableau N°44</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en T4 (pg/ml).....	107
<b>Tableau N°45</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en corticostérone (ng/ml).	108
<b>Tableau N°46</b> : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en cortisol (ng/ml).....	109

## **Liste des figures**

<b>Figure N°1 : Démarche méthodologique</b> .....	47
---	----

## Introduction générale

Au niveau mondial, les filières avicoles ne cessent de se développer en raison d'une demande accrue en viandes blanches et en œufs de consommation essentiellement. Une attention particulière est portée par les consommateurs à la viande de poulet de chair car celle-ci reste abordable par rapport aux viandes rouges, elle représente une source de protéines animales à des prix raisonnables et demeure le principal moteur de progression de la production totale de viande au niveau mondial.

Dans le même ordre d'idées, **MALPEL** et al., (2014) rapportent que la consommation de viande de volailles, particulièrement celle du poulet de chair, est en constante augmentation. Ils expliquent cet engouement par les faibles coûts de production et des prix à la vente abordables, ce qui contribue à en faire une viande de choix dans les pays en voie de développement. En Algérie, la production de viandes blanches a connu une augmentation permanente, elle a enregistré un taux d'accroissement de 109% durant la période 2010-2017 comparativement à la décennie 2000-2009 (**MADR**, 2019). En outre, la consommation se situait en moyenne à 0,82kg/habitant/an en 1972, elle est passée à 9,18 kg en 1986 pour se situer actuellement à 15kg/habitant/an (**FAO**, 2021). Cette situation a permis de réduire relativement le déficit protéique dans le modèle alimentaire Algérien car la moyenne mondiale de consommation est de 18kg/habitant/an. Toutefois, ces niveaux restent loin derrière les pays grand consommateur de ce produit à l'image des États-Unis et de l'Union Européenne avec des moyennes respectives de 50 et 28kg/habitant/an.

Cette augmentation de la production est une conséquence directe de beaucoup de travaux de recherche sur les oiseaux afin d'en tirer le plus grand profit. En effet, au cours des cinq dernières décennies, la sélection génétique a été orientée vers l'amélioration de la croissance et de l'efficacité alimentaire et c'est ce qui a permis d'apporter des avancées spectaculaires sur les espèces de poulet de chair. Ces progrès ont eu des conséquences sur les fonctions physiologiques, principalement la thermorégulation, qui a été sévèrement impactée. La rapidité de la croissance ainsi que l'accélération du métabolisme obtenues suite à l'amélioration génétique ont induit systématiquement une thermogénèse intensive. Ces effets sont accentués par la présence du plumage ainsi que l'absence de glandes sudoripares qui distinguent les oiseaux monogastriques par rapport aux mammifères et c'est ce qui a rendu les oiseaux hyper sensibles aux fluctuations de la température ambiante selon **LOYAU** et al., (2013).



Cette hyper sensibilité à la chaleur des oiseaux, particulièrement du poulet de chair, doit être mise en parallèle avec le phénomène du réchauffement climatique. En effet, **GIEC**, (2019) rapporte que la donne alimentaire est en train de changer sous les effets irréversibles, actuels et futurs, du réchauffement climatique que connaît la planète. Selon le même auteur, différentes extrapolations indiquent qu'à l'horizon 2050, les zones équatoriales et tropicales gagneront 4 à 5°C de réchauffement global et perdront 100 à 200mm de pluviosité. Ainsi, il apparaît que tout le bassin méditerranéen sera touché et que sa climatologie évoluera vers l'aridité.

En Algérie, l'élevage de poulet de chair présente certaines particularités. En effet, plusieurs études rapportent que cette activité se pratique dans des structures vétustes, très hétérogènes et de tailles fortement modestes avec 35% des bâtiments ayant une capacité d'installation qui ne dépasse pas les 2000 sujets, 51% peuvent contenir entre 2000 et 4000 sujets, alors que seul 14% dépasse les 10000 sujets selon **NOUAD**, (2011). De plus, les bâtiments avicoles sont, sauf rares exceptions, de type clair, à ventilation statique, faiblement isolés où la majorité des aviculteurs ne maîtrisent pas le paramètre de l'ambiance, particulièrement le couple isolation-ventilation. Cet ensemble de facteurs retentit fortement d'un côté sur la productivité et d'un autre côté pousse un grand nombre d'aviculteurs à abandonner leur activité pendant la période estivale car les mortalités peuvent toucher un effectif considérable provoquant ainsi des tensions et des périodes de crises sur une filière déjà fragilisée.

Le manque de données fiables sur les pertes causées, notamment en matière de mortalité et d'indice de consommation, par des conditions d'ambiance défavorables incite à explorer les retombées de ces conditions particulières, à savoir, les hautes températures, tant sur le plan physiologique que sur le plan technico-économique.

C'est dans ce contexte général que s'inscrit cette étude dont les objectifs essentiels sont d'une part, de mettre en évidence les retombées des contraintes thermiques sur les paramètres technico-économiques (performances de production, rendement en carcasse et sa qualité nutritionnelle) et d'autre part, l'effet des hautes températures sur certains paramètres sanguins (hématologiques, biochimiques et hormonaux) et dont la connaissance pourrait aboutir à la constitution d'outils de suivis de l'état de stress au sein des exploitations avicoles.

Cette thèse est organisée en deux parties. La première partie, étude bibliographique ; est consacrée à une synthèse bibliographique. Elle est composée de deux chapitres distincts. Le premier donne un aperçu général sur l'incidence des températures d'élevage sur les performances de production, sur le rendement en carcasse ainsi que sur sa qualité

nutritionnelle. Le deuxième chapitre porte sur l'impact des hautes températures sur les paramètres sanguins (hématologiques, biochimiques et hormonaux) est mis en relief. La deuxième partie, étude expérimentale, composé également de deux chapitres. Le premier est consacré à la méthodologie mise en œuvre ainsi que les méthodes de mesures adoptées. Pour leurs parts, les résultats obtenus ainsi que leurs discussions font l'objet d'un deuxième chapitre. Enfin, une conclusion et quelques perspectives de ce travail seront exposées pour permettre, éventuellement, d'explorer la suite de cette thèse.

## Chapitre I

### Effet des hautes températures sur les performances de croissance, le rendement et la qualité nutritionnelle de la carcasse

#### Introduction

En production de poulet de chair, dans plusieurs études, il est rapporté que les hautes températures influent négativement sur les performances de croissance dont les principales sont la consommation alimentaire, le poids vif, le gain de poids, l'indice de consommation ainsi que le taux de mortalité. Cet impact de la chaleur est quant à lui fonction de plusieurs facteurs dont principalement l'ambiance (intensité et durée d'exposition à la chaleur), l'animal (âge, sexe et poids) ainsi que la qualité de l'aliment. Aussi, le fait que les contraintes thermiques aient un impact sur les paramètres de production, cela mène en générale à une dégradation du rendement en carcasse, dont les effets principaux sont une diminution du poids relatif des principaux muscles (cuisses et poitrine), une augmentation du dépôt de gras, surtout abdominal ainsi qu'une augmentation du taux de gras musculaire et qui est simultanée à une diminution du dépôt protéique.

#### I. Effet des hautes températures sur les performances de croissance

##### I.1 Effet sur la consommation alimentaire et l'indice de consommation

Sous contraintes thermiques, la première réaction des oiseaux est une limitation de la consommation alimentaire afin de répondre à une nécessité de réduire la thermogénèse alimentaire. Toutefois, cette adaptation n'est pas sans conséquences sur les performances de croissance en générale. D'un autre côté, l'indice de consommation exprime le rapport entre consommation alimentaire et poids vif, ces deux derniers paramètres sont pour leurs parts impactés négativement par les hautes températures. Par ailleurs, la dégradation de l'indice de consommation est induite simultanément par une consommation alimentaire qui ne permet pas un gain de poids assez conséquent. En effet, **JAHEJO** et al., (2016) travaillent sur une souche de poulet de chair, la Hubbard, dont une partie de l'effectif est soumise à une température moyenne comprise entre 35 et 38°C alors que, pour le reste, les poulets sont menés à thermoneutralité. Pour des mesures effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, il est constaté que

la consommation alimentaire cumulé par sujet est significativement ( $p < 0,05$ ) réduite par l'effet de la chaleur et dont les moyennes respectives sont de  $3678,23 \pm 27,48$  vs  $3947,87 \pm 44,52$  g/s. Pour ce qui est de l'indice de consommation, ce dernier augmente significativement ( $p < 0,05$ ) chez les poulets stressés par la chaleur où les moyennes rapportées sont de  $2,05 \pm 0,01$  vs  $1,88 \pm 0,07$ . De façon similaire, **SHI** et al., (2019) notent que les hautes températures se traduisent par une dépréciation de la consommation alimentaire chez des poulets de chair. Lorsque ce paramètre est mesuré entre le 1<sup>er</sup> et le 14<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution enregistrée est en terme de valeurs absolues ( $p > 0,05$ ) et s'établit à  $48,27 \pm 1,15$  vs  $52,30 \pm 1,00$  g/s/j. En revanche, la diminution devient statistiquement significative ( $p < 0,05$ ) pour des mesures effectuées entre le 14<sup>ème</sup> et le 28<sup>ème</sup> jour d'âge dont les moyennes représentent  $70,03 \pm 1,3$  vs  $93,49 \pm 1,00$  g/s/j. Durant toute l'expérimentation, la consommation moyenne quotidienne des poulets de chair est significativement ( $p < 0,05$ ) plus basse chez les poulets stressés avec des niveaux de consommation de  $59,91 \pm 1,14$  vs  $72,87 \pm 1,05$  g/s/j lorsque ce paramètre est mesuré sur la période allant du 1<sup>er</sup> au 28<sup>ème</sup> jour d'âge. Selon les mêmes auteurs, l'indice de consommation est significativement ( $p < 0,05$ ) déprécié sous contraintes thermiques et demeure ainsi élevé quelque soit la période de mesure. Les moyennes rapportées s'établissent à  $2,15 \pm 0,04$  vs  $1,82 \pm 0,12$ , à  $2,65 \pm 0,16$  vs  $2,23 \pm 0,09$  et à  $2,44 \pm 0,10$  vs  $2,05 \pm 0,06$  respectivement pour les trois prélèvements effectués. Il en est de même pour **HAMIDI** et al, (2019) qui constatent que les hautes températures d'élevage impactent négativement ( $p < 0,05$ ) la consommation alimentaire qui est de 135 vs 148 g/s/j ainsi que l'indice de consommation qui s'établit à 2,55 vs 1,97 et ce pour des mesures pratiquées sur une période d'élevage de 42 jours. De leurs côtés, **HOSSEINI-MANSOUB** et al., (2010) observent que les contraintes thermiques dégradent significativement ( $p < 0,05$ ) l'ingestion alimentaire et l'indice de consommation. Sur une période de mesure de 42 jours d'âge, les valeurs s'établissent à 4422 vs 5921 g/s et à 1,97 vs 1,90 respectivement pour les deux paramètres. En accord avec cette dernière étude, **SONG** et al., (2018) remarquent de leurs côtés qu'une exposition prolongée au stress thermique impacte négativement la consommation alimentaire et l'indice de consommation. Cette dernière tendance est comparable à celle de **QUINTEIRO FILHO** et al., (2010) qui rapportent que la consommation alimentaire diminue de façon hautement significative ( $p < 0,001$ ) sous stress thermique cyclique sous des températures moyennes de 31 et 36°C en période de fin d'élevage. Les moyennes notées s'établissent à  $1438,00 \pm 87,49$  vs  $1138,83 \pm 84,47$  vs  $1137,3 \pm 117,62$  g/s pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. En revanche, dans

cette même étude, l'indice de consommation affiche  $2,46 \pm 0,32$  chez le lot témoin, il n'est pas impacté sous  $31^{\circ}\text{C}$  et s'établit à  $2,51 \pm 0,20$ , alors que sous  $36^{\circ}\text{C}$ , ce paramètre augmente de façon significative ( $p < 0,05$ ) et révèle  $3,52 \pm 1,03$ . La dégradation des paramètres liés à l'ingestion alimentaire est constatée même sur une courte durée d'exposition à la chaleur. En effet, **MIRZAIE** et al., (2018) rapportent que le fait de soumettre des poulets de chair à un stress thermique cyclique en fin d'élevage de J38 à J44 induit une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de la consommation alimentaire de  $1227,8$  vs  $1309,1\text{g/s}$  et qui est simultanée à une augmentation significative de l'indice de consommation qui affiche  $2,16$  vs  $2,04$ . Pour leurs parts, **SOHAIL** et al., (2012) constatent que l'exposition continue des poulets de chair à de hautes températures diminue significativement ( $p < 0,05$ ) la consommation alimentaire lorsque celle-ci est mesurée au 21<sup>ème</sup> jour d'âge, elle est de  $908,6 \pm 25,51$  vs  $1082,8 \pm 17,11\text{g/s}$  et au 42<sup>ème</sup> jour, elle atteint  $2688,8 \pm 73,99$  vs  $3214,5 \pm 94,87\text{g/s}$ . En revanche, l'indice de consommation n'est pas altéré au premier prélèvement, il est de  $1,30 \pm 0,02$  vs  $1,31 \pm 0,04$  mais augmente significativement au deuxième, il affiche  $1,67 \pm 0,10$  vs  $1,33 \pm 0,05$ . De leurs côtés, **KHURSHAD** et **ASIM**, (2013) mesurent les effets d'un stress thermique ( $34^{\circ}\text{C}$ ) continu sur des cailles japonaises. Lorsque les prélèvements sont effectués entre le 14<sup>ème</sup> et le 35<sup>ème</sup> jour d'âge, ils notent que ces conditions expérimentales dégradent fortement l'indice de consommation ( $3,14$  vs  $2,78$ ) et ce pour des niveaux de consommation quasi similaires ( $533,8$  vs  $533,76\text{g/s}$ ) respectivement pour le lot témoin et le lot expérimental. La diminution de l'ingestion alimentaire a été rapportée aussi dans des études antérieures. En effet, selon **HURWITZ** et al., (1980) et **YAHAV** et **PLAVINK** (1999), les effets néfastes de la chaleur se feraient ressentir graduellement et que leur impact influe sur la consommation alimentaire à partir d'une température moyenne de  $25^{\circ}\text{C}$ . Cet effet est accentué dans un intervalle de  $27$  à  $30^{\circ}\text{C}$  où la réduction de l'ingestion alimentaire est de l'ordre de  $1,4\%$  par degrés Celsius d'augmentation de la température. Au-delà de cette plage de température, **AÏN BAZIZ** (1996) note pour sa part que la consommation se dégrade davantage pour atteindre les  $2,2\%$  par degré Celsius d'élévation de la température ambiante. En travaillant sur des températures plus extrêmes, **MÔREKI** (2008) relatent que lorsque des poulets de chair sont soumis à des températures comprise entre  $32$  et  $38^{\circ}\text{C}$ , la consommation alimentaire est plus sévèrement impactée, de l'ordre de  $5\%$  par degré Celsius d'augmentation de la température d'élevage. Dans le même ordre d'idées, **GEREART** et al., (1996) notent quant à eux une diminution de l'ingestion alimentaire de l'ordre de  $14$  et  $24\%$  respectivement pour des poulets âgés de  $2$  à  $4$  semaines et de  $4$  à  $6$  semaines. Il en est de même pour le poids des poulets. En effet,

**PADILHA**, (1995) constate que plus le poids vif initial mesuré à l'âge de 4 semaines est élevé et plus la diminution de la consommation alimentaire est intense. Pour leurs parts, **ESTRADA-PAREJA** et al., (2007) relatent que la consommation alimentaire est inversement proportionnelle à la température ambiante chez des poulets âgés entre 21 et 40 jours et soumis à des températures comprises entre 25 et 31°C. Dans une autre étude, **ABU-DIEYEH**, (2006) rapporte que le fait de nourrir à volonté des poulets de chair sous une ambiance chaude (35°C), conduit à une augmentation de l'indice de consommation qui atteint  $2,6 \pm 0,1$ . En revanche, sous une température moyenne de 25°C, l'indice de consommation noté est de  $2,19 \pm 0,2$ . Dans une autre expérience menée par le même auteur sur des poulets nourris *ad libitum*, il est rapporté que plus l'intensité de la chaleur augmente (21, 25, 30 et 35°C) et plus l'indice de consommation se dégrade. De façon similaire, **AENGWANICH**, (2007a) rapporte que la chaleur provoque une augmentation de l'indice de consommation même si elle est cyclique et à jeune âge. Les mesures étant effectuées sur des poulets âgés de 2 et 3 semaines et exposés pendant 6h/j à des températures de 26 à 28°C. En phase de finition, le même auteur observe une diminution de l'indice de consommation et l'explique en partie par la limitation de l'ingestion alimentaire sous hautes températures. Dans une autre étude et de façon relativement contraire, **LIU** et al., (2019) remarquent que les hautes températures induisent une dépréciation de l'indice de consommation. Ce dernier augmente significativement ( $p=0,013$ ) à 4,14 vs 3,42 pendant les 05 premières semaines de vie des poulets. En revanche, l'augmentation de ce paramètre demeure persistante, mais de façon non significative entre la 6<sup>ème</sup> et la 10<sup>ème</sup> semaine d'âge et affiche 4,28 vs 3,88 ( $p=0,435$ ) et même en considérant toute la durée de l'expérimentation, soit de la 1<sup>ère</sup> à la 10<sup>ème</sup> semaine, l'indice est de 3,69 vs 3,22 ( $p=0,142$ ).

Il est utile de souligner que certains auteurs se sont penchés sur des modulations de la composition alimentaire afin de contrecarrer les effets de la chaleur. En effet, une augmentation du niveau protéique de la ration de 19 à 25% permet d'atténuer de 29 à 23% la réduction de la consommation alimentaire chez des poulets de chair âgés de 4 à 6 semaines et exposés à une température moyenne de 32°C (**TEMIM** et al., 1999 et **TEMIM** et al., 2000a). Dans le même ordre d'idées, un apport d'acides aminés (lysine et arginine) est aussi bénéfique selon **MENDES** et al., (1997). L'apport de ces acides aminés limite la baisse de l'ingestion alimentaire à 12% dans une plage de température comprise entre 25 et 33°C selon les mêmes auteurs. Pour leurs parts, **GHAZALAH** et al., (2008) trouvent que l'indice de consommation est amélioré lorsque le niveau énergétique de l'aliment est augmenté de 2,5 à 5%. Celui-ci

étant mesuré chez des poulets pesant en moyenne 850g, âgés de 4 semaines et soumis à des températures moyennes de 29 à 36°C et des hygrométries relatives comprises entre 50 et 60%. La dégradation de l'indice de consommation est aussi réduite selon **NASSEEM** et al., (2005) par l'addition d'acide ascorbique chez des poulets soumis à des températures comprises entre 34 et 36°C.

## **I.2 Effet sur le poids vif et le gain de poids**

Dans des conditions de stress thermique, et au vu de la courte période de production des poulets de chair, une diminution de l'ingestion alimentaire conduit toujours à un retard de croissance qui se traduit par une diminution du poids vif et qui retentit par voie de conséquences sur le gain de poids vif. Cette altération des paramètres liés à la prise pondérale des poulets de chair est palpable dès les premiers jours de vie. En effet, **OMRAN** et al., (2020) notent une diminution hautement significative ( $p < 0,001$ ) du poids vif et du gain de poids après une exposition cyclique (40°C, 3h par jour) de trois souches de poulets de chair, la Hubbard, la Cobb et l'Arbor Acres, pendant la première semaine de vie. Pour des mesures effectuées au 7<sup>ème</sup> jour d'âge, les poids vifs notés sont de  $137,48 \pm 3,16$  vs  $153,42 \pm 2,85$ g/s, de  $158,96 \pm 2,75$  vs  $169,12 \pm 3,89$ g/s et de  $147,30 \pm 2,73$  vs  $151,46 \pm 3,89$ g/s et ceux du gain de poids sont de  $100,52 \pm 3,14$  vs  $116,78 \pm 2,79$ g/s, de  $111,57 \pm 2,87$  vs  $124,36 \pm 3,94$ g/s et de  $106,08 \pm 2,86$  vs  $110,08 \pm 3,90$ g/s respectivement pour les trois souches. De leurs côtés, **PAREJA ARCILA** et al., (2018) testent 05 températures ambiantes, de la neutre à la caniculaire, ils constatent que plus la température augmente et plus le poids vif ainsi que le gain de poids diminuent significativement ( $p < 0,05$ ). Les valeurs s'établissent à  $1765,72$  vs  $1488,94$  vs  $1938,94$ g/s et à  $84,08$  vs  $70,87$  vs  $92,33$ g/s/j respectivement pour les deux paramètres, pour les températures testées et comparativement au lot témoin. Les mêmes auteurs soulignent que pour les groupes soumis aux 02 dernières ambiances,  $34,1 \pm 1,1$  et  $36,3 \pm 1,3$ °C, les valeurs ne sont pas mentionnées car lesdits groupes sont décimés par la chaleur et affichent un taux de mortalité de 100%. Ces derniers résultats s'accordent parfaitement avec les travaux de **OLANREWaju** et al., (2010) et **CARDOSO**, (2016). Ces auteurs relatent que les effets du stress thermique se font ressentir lorsque celui-ci est modéré, voire aigu. Dans ces conditions, il y a une dépréciation du poids vif et celle du gain de poids et qui sont consécutifs à une diminution de l'ingestion alimentaire. Pour leurs parts, **MIRZAIE** et al., (2018) observent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) du poids vif qui est

de 2750 vs 2814g/s chez des poulets de chair exposés à un stress thermique cyclique pendant une semaine en fin d'élevage. Par ailleurs, le gain de poids diminue lui aussi, 564,9 vs 640,8g/s, mais de façon non significative ( $p>0,05$ ). De leurs côtés, **LIU** et al., (2019) notent que les contraintes thermiques provoquent une diminution très significative ( $p<0,01$ ) du gain de poids chez des poulets de chair indigènes à croissance lente soumis à des conditions de stress thermique. Les valeurs rapportées s'établissent à 328 vs 426g/s ( $p=0,004$ ) pour des prélèvements effectués entre la 1<sup>ère</sup> et la 5<sup>ème</sup> semaine d'âge. Elles sont de 299 vs 459g/s ( $p=0,005$ ) entre la 6<sup>ème</sup> et la 10<sup>ème</sup> semaine de vie. Enfin, sur une période de 10 semaines, le gain de poids se situe à 720 vs 992g/s ( $p=0,004$ ). De façon similaire, **GOO** et al., (2019) constatent que sous de hautes températures, appliquées du 21<sup>ème</sup> au 35<sup>ème</sup> jour d'âge, le poids vif ainsi que le gain de poids diminuent de manière hautement significative ( $p<0,001$ ). Les valeurs rapportées s'établissent à 1701 vs 1918g/s et à 806 vs 1028g/s respectivement pour les deux paramètres étudiés. Il en est de même pour **QUINTEIRO FILHO** et al., (2010) qui rapportent que les conditions de stress thermique dégradent très sensiblement le gain de poids de poulets de chair comparativement au lot mené sous des températures recommandées ; 591,121±66,54g/s, celui-ci diminue, 442,46±44,80g/s, de façon très significative ( $p<0,01$ ) chez le lot exposé à une température moyenne de 31°C (10h/j, de 8h à 18h et du 35<sup>ème</sup> au 41<sup>ème</sup> jour d'âge). En revanche, la diminution est hautement significative ( $p<0,001$ ) chez le lot exposé de la même façon où la température employée est de 36°C et affiche un gain de poids moyen de 347,72±109,70g/s. Dans le même ordre d'idées, **JAHEJO** et al., (2016) notent qu'après 42 jours d'exposition de poulets de chair à des conditions de contraintes thermiques, il est observé une diminution significative du gain de poids dont les moyennes respectives sont de 1786,77±38,70 vs 2098,87±58,54g/s ( $p<0,05$ ). Ces dernières constatations corroborent ceux de **SALABI** et al., (2011) qui rapportent que le stress thermique cyclique de 37°C pendant 6h/j de la 3<sup>ème</sup> à la 7<sup>ème</sup> semaine d'âge et sous une humidité relative de 45% impacte négativement la consommation alimentaire, le gain de poids ainsi que l'indice de consommation chez des poulets de chair. De façon convergente, **HASAN** et al., (2014) constatent que les conditions de stress thermique (35±2°C) diminue très significativement ( $p<0,01$ ) le poids vif de poulets de chair de souche Cobb 500. Pour des mesures pratiquées au 14<sup>ème</sup>, 21<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup> et 35<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes s'établissent respectivement à 540,00±7,07 vs 659,00±4,30g/s, à 830,00±6,52 vs 1050,00±3,54g/s, à 1121,00±5,788 vs 1407,00±3,742g/s et à 1303,00±4,899 vs 1623,00±7,176g/s. Cette tendance générale de résultats est aussi rapportée dans plusieurs études antérieures. En effet, **OLIVEIRA** et al.,



(2006) notent une diminution du poids vif de l'ordre de 13,9%, mesurée sur 49 jours d'âge et chez des poulets maintenus sous une température moyenne de 32°C. De leurs côtés, **AL-FATAFTAH** et **ABU-DIEYEH**, (2007) notent une dégradation du poids vif de 44%, entre 28<sup>ème</sup> et 56<sup>ème</sup> jours d'âge, chez des poulets soumis à une température moyenne de 35°C. Par ailleurs, **ROSA** et al., (2007) rapportent qu'en menant un élevage sous une température moyenne de 32°C, l'effet dépressif sur le poids vif est plus prononcé chez des poulets sélectionnés de souche Ross 308 comparativement à des poulets fermiers. En étudiant le gain de poids chez des poulets de chair maintenus sous des contraintes thermiques, **ABU-DIEYEH**, (2006) constate qu'une exposition des poulets pendant 4 semaines à une température moyenne de 35°C engendre une dégradation du gain de poids comparativement aux poulets soumis à une température moyenne de 25°C. Les moyennes notées s'établissent à 1178±43 vs 1544±19g/s. Ces derniers résultats corroborent ceux de **COOPER** et **WASHBURN**, (1998) qui rapportent que le fait de soumettre des poulets sous deux ambiances différentes (25 et 32°C) pendant 3 semaines, conduit à une diminution du gain de poids estimée à 35% lorsque ce paramètre est mesuré entre les âges de 4 et 7 semaines. Ceci est noté malgré que les poulets reçoivent une alimentation *ad libitum*.

D'autres études portent aussi sur la combinaison de l'intensité de la chaleur et l'âge des poulets sur le gain de poids. En effet, **GERAERT** et al., (1996) constatent que sous une température moyenne de 32°C, la diminution du gain de poids est de 5,5% chez des poulets âgés de 2 à 4 semaines. En revanche, cette dégradation atteint les 22% à l'âge de 4 à 6 semaines selon les mêmes auteurs. Pour sa part, **AENGWANICH**, (2007a) relate quant à lui que même si l'exposition à la chaleur est cyclique (38±2°C à un rythme de 6 h/j), le gain de poids demeure toujours déprécié à l'âge de 2 à 3 semaines.

De façon divergente à cette tendance générale de résultats, à savoir, la dégradation du poids vif ainsi que celui du gain de poids vif sous contraintes thermiques, **MARCHINI** et al., (2018) n'observent pas d'effets significatifs ( $p>0,05$ ) de la chaleur cyclique sur le poids vif et le gain de poids de poulets de chair. Les valeurs rapportées s'établissent à 2829 ; 2867 ; 2806 ; 2861g/s ( $p=0,479$ ) pour le poids vif et à 2781 ; 2820 ; 2759 ; 2812g/s/ ( $p=0,481$ ) pour le gain de poids et ce, respectivement pour le groupe témoin et ceux exposés à la chaleur entre 16 et 21 jours, 22 à 42 jours et 16 à 42 jours d'âge. Dans le même ordre d'idées, **AKSIT** et al., (2006) remarquent que des conditions de stress thermique cyclique (28°C de 10h à 17h) appliquées quotidiennement entre la 3<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> semaine d'âge, n'engendrent pas d'effets significatifs ( $p>0,05$ ) sur le poids vif et le gain de poids comparativement à des poulets de

chair menés sous des températures neutres. Il en est de même pour **TORRENT** et al., (2019) qui ne trouvent pas d'effets significatifs ( $p=0,38$ ) de la chaleur sur le poids vif ; 2501 vs 2515g/s lorsqu'il est mesuré au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il est utile de souligner que lors de cette expérience, les températures testées étaient assez proches (25,1±5,5 vs 23,5±3,2°C).

En dépit de l'intensité de la chaleur et de l'âge des poulets, certains auteurs se sont penchés sur l'exploration de nouvelles formules alimentaires afin de limiter les effets néfastes de la chaleur sur la croissance. En effet, **TEMIM** et al., (1999) et **TEMIM** et al., (2000a) constatent que le fait d'alimenter des poulets avec un aliment enrichi en protéines de 19 à 25% et menés sous une température ambiante de 32°C, réduit l'incidence de la chaleur sur le poids vif. La baisse de poids n'est que de 288g/s pour l'aliment renfermant 25% de protéines alors qu'elle est de 345g/s avec 19% de protéines. Selon les mêmes auteurs, une légère amélioration du gain de poids de +7% mesurée à la 4<sup>ème</sup> semaine d'âge est observée dans ces conditions expérimentales. Dans le même ordre d'idées, **GHAZALAH** et al., (2008) remarquent que le fait d'augmenter le niveau énergétique des aliments (3200 à 3300 Kcal EM/kg) dans des conditions extrêmes (29 à 36°C) permet une amélioration du poids vif ainsi que celui du gain de poids à partir du 29<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour leurs parts, **MENDES** et al., (1997) constatent une diminution du gain de poids de -17% chez des poulets soumis à une température moyenne de 33°C et ce, malgré une addition en lysine et arginine de l'aliment.

### **I.3 Effet sur le taux de mortalité**

En élevage de poulets de chair, la mortalité est un paramètre qu'il faut suivre et gérer avec la plus grande attention. Ceci est motivé d'une part par le fait que les poulets ont une durée de production très courte. D'autre part, si la mortalité survient en fin d'élevage, ceci constitue un véritable désastre sur le plan économique. En effet, **PAREJA ARCILA** et al., (2018) remarquent qu'au fur et à mesure que la température ambiante augmente, le taux de mortalité augmente pour sa part de façon significative ( $p<0,05$ ). Les valeurs rapportées montrent un taux de mortalité de 7,14% pour le lot témoin, pour le reste des lots, les taux de mortalité sont de 10,71 ; 25,00 ; 100 et 100%. Dans le même ordre d'idées, **QUINTEIRO FILHO** et al., (2010) notent que chez des poulets de chair soumis à des températures neutres et exposés à 31°C en fin d'élevage, le taux de mortalité est nul (0%) chez ces deux groupes. En revanche, pour le troisième lot, exposé à 36°C, le taux de mortalité augmente très significativement ( $p<0,01$ ), il est de 43,33%. Cette dernière tendance est comparable à celle

de **RAFAT KHAFAR** et al., (2019) qui rapportent qu'un schéma expérimental de stress thermique cyclique de la 3<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge induit un taux de mortalité moyen de  $6,67 \pm 5,16\%$ . En revanche, le lot témoin de cette expérience affiche un taux de mortalité nul ( $0,00 \pm 0,00\%$ ). Dans une autre étude, **TORRENT** et al., (2019) soumettent des poulets de chair à deux ambiances différentes ( $23,5 \pm 3,2$  vs  $25,1 \pm 5,5^\circ\text{C}$ ) de températures qui se rapprochent relativement. Ces conditions expérimentales provoquent une augmentation significative ( $p=0,03$ ) du taux de mortalité qui est de  $13,39$  vs  $6,07\%$  et qui est calculé sur une durée de 42 jours d'âge. Pour leurs parts, **SOHAIL** et al., (2012) mènent des poulets de chair sous stress thermique continu et sous des températures neutres, puis, mesurent le taux de mortalité au 21<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Au premier prélèvement, ils constatent que le groupe stressé par la chaleur révèle le plus grand taux de mortalité estimé à  $4,44$  vs  $1,11\%$ . La même tendance est observée au deuxième prélèvement avec un taux de mortalité de  $5,56\%$  pour le lot témoin alors qu'il est de  $10,00\%$  pour le groupe stressé. Dans une autre étude, **DE BASILIO** et al., (2001) émettent l'hypothèse que le fait d'augmenter la température ambiante de  $20$  à  $35^\circ\text{C}$ , la mortalité peut concerner jusqu'à  $38\%$  de l'effectif de départ. Il en est de même lors de la survenue soudaine d'un coup de chaleur à  $36^\circ\text{C}$  en moyenne.

De manière générale, il paraît que la chaleur, qu'elle soit cyclique, chronique ou encore aigue, impacte négativement le taux de mortalité. En effet, **AMAND** et al., (2004) rapportent que l'augmentation de la mortalité peut toucher  $80$  à  $90\%$  des élevages de poulet de chair menés sous contraintes thermiques. Ceci se traduit par une baisse de toutes les performances de croissance, y compris le taux de mortalité et ce, à divers degrés.

#### **I.4 Effet sur la consommation d'eau**

En conditions de stress thermique, en plus de réduire la consommation alimentaire, les poulets augmentent généralement leurs consommations d'eau, ce qui leur permet de faciliter la perte de chaleur par évaporation, elle-même corrélée positivement à la consommation d'eau selon **NARONGSAK**, (2004). En effet, **JAHEJO** et al., (2016) rapportent que sous des conditions de stress thermique chronique, la consommation d'eau augmente significativement ( $p < 0,05$ ) chez des poulets de chair par rapport à ceux menés sous des températures neutres. Les moyennes rapportées s'établissent à  $12330,1 \pm 32,42$  vs  $9636,55 \pm 82,30\text{ml/s}$  lorsque les prélèvements sont effectués sur une durée de 42 jours. Dans le même ordre d'idées, **OSTI** et al., (2017) notent que les contraintes thermiques génèrent une surconsommation significative

( $p < 0,05$ ) d'eau chez les poulets de chair par rapport à des températures neutres. Les moyennes rapportées sont de  $12,1 \pm 0,47$  vs  $11,3 \pm 0,13$  l/s pour des mesures qui s'étalent sur 42 jours. Cette augmentation de la consommation d'eau est observée par **ASWATHI** et al., (2019) chez une souche de pondeuses pendant les premiers jours de vie. Ces auteurs notent que le fait d'exposer lesdits poulets à une température moyenne de  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  augmente significativement ( $p < 0,05$ ) la consommation d'eau par rapport au groupe témoin maintenu sous  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ . Les valeurs rapportées s'établissent à  $429,129$  vs  $382,201$  ml/s, à  $442,005$  vs  $382,157$  ml/s et à  $442,664$  vs  $386,941$  ml/s respectivement pour des prises pratiquées entre le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup>, entre le 4<sup>ème</sup> et le 7<sup>ème</sup> et entre le 8<sup>ème</sup> et le 10<sup>ème</sup> jour d'âge.

En travaillant sur le ratio eau/aliment, **ABIOJA** et al., (2011) notent qu'en conditions de stress thermique, la consommation d'eau peut facilement quadrupler, voir même multiplié par 8 quand la température avoisine les  $37^\circ\text{C}$ . Par ailleurs, **SMITH**, (1992) relate que ledit ratio devrait se situer autour de 1,8 à 2 dans des conditions de confort thermique soit des températures sont comprises entre  $18$  et  $20^\circ\text{C}$ .

Dans d'autres études, il est mis l'accent sur la température de l'eau. À cet effet, **ABIOJA** et al., (2011) spécifient que si la température de l'eau est comprise entre  $10$  et  $15^\circ\text{C}$ , la mortalité en situation de stress thermique est réduite. Par ailleurs, **JONES** et **WATKINS**, (2009) constatent quant à eux que des températures d'eau supérieures à  $30^\circ\text{C}$  réduisent sa consommation. Les mêmes auteurs rajoutent que les oiseaux refuseront de boire une eau dont la température est supérieure à  $44^\circ\text{C}$ , ce qui altère performances et survie.

## **II. Effet des hautes températures sur le rendement et la qualité nutritionnelle de la carcasse**

### **II.1 Effet sur le rendement en carcasse commerciale (PAC), en muscles pectoraux, en cuisses et en gras abdominal**

En aviculture en générale et en élevage de poulet de chair en particulier, le rendement en carcasse décrit le rapport entre le poids absolu d'une découpe et le poids vif de la volaille, celui-ci est exprimé en pourcentage (%). Selon **FERNANDEZ** et al., (2002), la poitrine ainsi que les cuisses et pilons des poulets de chair représentent des découpes nobles et constituent des éléments importants pour les consommateurs. Il en résulte une compensation par rapport aux autres parties de la carcasse selon **MARCHINI** et al., (2018).

Plusieurs études sont entreprises sur les retombées du stress thermique sur le rendement en

carcasse, les paramètres étudiés concernent principalement le rendement en carcasse prête à cuire (PAC) appelée aussi carcasse commerciale, celui des muscles pectoraux (sans les os), celui des cuisses et pilons (avec os) ainsi que la proportion du gras abdominal. Toutefois, il existe quand même une certaine disparité dans les résultats obtenus. Dans certaines études, il est rapporté que les conditions de stress thermique déprécient significativement le rendement en carcasse, ceci est reflété par une diminution des différents rendements et qui est simultanée à une augmentation du dépôt de gras abdominal. En effet, **MOUSTAFA** et al., (2021) réceptionnent des poulets de chair de souche Cobb 500 et les mènent selon les recommandations du guide d'élevage de la souche pendant trois semaines. Par la suite, le lot témoin est maintenu sous une ambiance neutre de  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$  et une humidité de  $50\pm 5\%$  et le lot expérimental est soumis à un stress thermique cyclique de  $34\pm 1^{\circ}\text{C}$  durant 8h/j de 9h à 17h et ce, du 22<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour des prélèvements effectués à J42, les résultats révèlent que les conditions stressantes dégradent significativement le rendement en carcasse commerciale (67,83 vs 69,01% ;  $p=0,030$ ), en muscles de la poitrine (35,63 vs 36,71% ;  $p=0,020$ ) ainsi qu'en muscles de cuisses et pilons (29,31 vs 30,21% ;  $p=0,070$ ). Par ailleurs, la proportion de gras abdominal affiche 2,48 vs 1,95% ( $p=0,011$ ) respectivement chez le lot témoin et expérimental. Ces derniers résultats corroborent ceux obtenus par **SHAO** et al., (2019) qui constatent que le fait d'exposer des poulets de chair à des contraintes thermiques pendant 07 jours, de J35 à J42, diminue très significativement ( $p<0,01$ ) le rendement en muscles pectoraux et ceux des cuisses. Les valeurs notées s'établissent respectivement pour ces découpes à  $39,59\pm 1,28\%$  vs  $45,50\pm 1,33\%$  ( $p=0,009$ ) et à  $55,57\pm 2,08\%$  vs  $66,86\pm 0,98\%$  ( $p=0,001$ ). Dans le même ordre d'idées, **CRAMER** et al., (2018) notent qu'un stress thermique cyclique de 10h par jour impact négativement et significativement le poids absolu des muscles de la poitrine (107,7 vs 153,2g ;  $p=0,0111$ ) pour des prélèvements effectués au 46<sup>ème</sup> jour d'âge. De façon similaire, **AL-SULTAN** et al., (2019) observent de leurs côtés que le rendement en carcasse est significativement déprécié ( $p<0,05$ ) lorsqu'il est mesuré chez des poulets de chair de souche Cobb 500 stressés par la chaleur. Pour des mesures effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, le poids absolu et le rendement en carcasse PAC diminuent et dont les valeurs rapportées s'établissent respectivement à 1109 vs 1872,6g/s et à 68,42 vs 70,28%. Par ailleurs, la proportion de gras abdominal augmente et affiche des taux respectifs de 1,98 vs 1,65%.

Dans d'autres études, la dégradation des paramètres de la carcasse liés à la chaleur est notée mais à des degrés différents de significativités. En effet, **PAREJAARCILA** et al., (2018)

rapportent que sous des hautes températures, les rendements en carcasse PAC et en pilons tendent à diminuer ( $p > 0,05$ ). Pour des mesures pratiquées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes se situent à 66,71 vs 66,45 vs 67,12% et à 13,13 vs 12,68 vs 14,67% respectivement pour les deux paramètres et pour le lot témoin et les lots expérimentaux. En revanche, les hautes températures influent négativement et significativement ( $p < 0,05$ ) sur le rendement en muscles pectoraux dont les valeurs rapportées sont de 43,35 vs 36,48 vs 45,89%. De leurs côtés, **LIU** et al., (2019) mènent des poulets de chair indigènes à croissance lente et de sexe mâle ; le groupe témoin de cette étude est soumis à sous des températures neutres ( $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ) et celui expérimental est exposé à un stress thermique cyclique ( $32 \pm 1^\circ\text{C}$ ) pendant 8h par jour, de 9h à 17h, et ce pendant toute la durée de l'expérimentation qui s'étale sur 10 semaines. Les résultats révèlent que les contraintes thermiques diminuent significativement le rendement en carcasse PAC (58,5 vs 61,5% ;  $p = 0,044$ ) ainsi que celui des muscles pectoraux (7,4 vs 8,5% ;  $p = 0,047$ ). Par ailleurs et en termes de valeurs absolues, les mêmes auteurs notent que le stress thermique induit une augmentation du rendement en muscles des cuisses (4,6 vs 14,0% ;  $p = 0,575$ ) ainsi que de la proportion de gras abdominal (1,47 vs 1,05% ;  $p = 0,255$ ). Pour leurs parts, **MARCHINI** et al., (2018) travaillent sur l'exposition de poulets de chair de sexe mâle et de souche Cobb Avian 48TM à un stress thermique cyclique. Le schéma expérimental, qui dure 42 jours, consiste à garder un groupe de poulets témoin conduit sous des températures recommandées par le guide d'élevage et de soumettre 03 groupes de poulets à des conditions de stress thermique durant 1h par jour, de midi à 13h00. Le premier est exposé du 16<sup>ème</sup> au 21<sup>ème</sup> jour d'âge, le deuxième du 22<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour et le troisième du 16<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans ces conditions expérimentales, la chaleur n'as eu aucun effet significatif sur le rendement en carcasse. Les rendements en muscles pectoraux s'établissent à 27,76 ; 25,54 ; 26,40 ; 25,04% ( $p = 0,229$ ) et ceux des muscles des cuisses et pilons à 31,01 ; 30,83 ; 30,26 ; 31,60% ( $p = 0,453$ ) respectivement pour le lot témoin et les lots expérimentaux. Dans une autre étude, **HABIBIAN** et al., (2016) conduisent des poulets de chair de souche Cobb 500 pendant 03 semaines sous des températures recommandées. Par la suite, pendant 04 semaines, une partie des poulets est soumise à un stress thermique cyclique (8h à  $24^\circ\text{C}$ , 4h de 24 à  $37^\circ\text{C}$ , 8h à  $37^\circ\text{C}$  et 4h de 37 à  $24^\circ\text{C}$ ) tandis que, le lot témoin est maintenu sous une température moyenne de  $24^\circ\text{C}$ . Ce schéma expérimental fait ressortir que l'excès de chaleur induit une dégradation non significative ( $p > 0,05$ ) du rendement en carcasse, ceci se révèle par une diminution du rendement de la carcasse PAC (62,57 vs 67,00% ;  $p = 0,48$ ), du rendement en cuisses et pilons (21,62 vs 23,93% ;  $p = 0,19$ ) ainsi qu'une augmentation significative de la part

du gras abdominal (2,77 vs 1,49% ;  $p < 0,05$ ). Par ailleurs, les mêmes auteurs observent que l'excès de chaleur s'accompagne d'une augmentation non significative du rendement en muscles pectoraux qui est de 20,18 vs 19,99% ( $p=0,06$ ). En travaillant sous stress thermique cyclique, **OMRAN** et al., (2020) notent un impact négatif ( $p < 0,05$ ) sur le poids absolu des carcasses commerciales mesuré sur trois souches de poulets de chair, à savoir, la Hubbard, la Cobb et l'Arbor Acres. Pour des prélèvements effectués au 35<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes obtenues s'établissent à  $1436,63 \pm 79,99$  vs  $1455,61 \pm 33,18$ g/s ; à  $1329,13 \pm 50,19$  vs  $1503,52 \pm 69,08$ g/s et à  $1442,15 \pm 74,77$  vs  $1454,31 \pm 42,92$ g/s respectivement pour les trois souches. Par ailleurs et en termes de valeurs absolues ( $p > 0,05$ ), il est observé une tendance à la diminution des rendements en muscles pectoraux et ceux des cuisses et pilons chez la souche Cobb. En revanche, cette tendance s'inverse pour les deux autres souches. Quant à **ATTIA** et **HASSAN**, (2017), ils notent que les contraintes thermiques engendrent une augmentation, toutefois non significative ( $p > 0,05$ ), du rendement en carcasse PAC et qui est simultanée à une augmentation de la proportion de gras abdominal. Pour des prélèvements pratiqués au 49<sup>ème</sup> jour d'âge, les valeurs rapportées s'établissent à 72,6 vs 71,8% et à 1,46 vs 0,995% respectivement pour les deux paramètres étudiés. Pour leurs parts, **WILLEMSSEN** et al., (2011) rapportent que sous contraintes thermiques continues (32°C pendant 04 semaines), le rendement en muscles pectoraux diminue numériquement et affiche 7,11 vs 7,24% ( $p=0,2964$ ) pour des mesures pratiquées à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge. Par ailleurs, la proportion du gras abdominal augmente pour sa part très significativement et révèle 1,88 vs 1,62% ( $p=0,0051$ ). Dans l'étude de **ALJUBORI** et al., (2017), il est observé que les conditions de stress thermique continu ( $36 \pm 1^\circ\text{C}$ ) observées de la 3<sup>ème</sup> à la 5<sup>ème</sup> semaine d'âge provoquent une diminution hautement significative du rendement en carcasse PAC dont les valeurs s'établissent à  $70,5 \pm 0,5$  vs  $73,1 \pm 0,3$ % ( $p=0,001$ ). Par ailleurs et de façon divergente, le rendement en muscles pectoraux augmente numériquement chez le lot traité ( $34,8 \pm 0,5$  vs  $33,6 \pm 0,4$ % ;  $p=0,08$ ) et celui des cuisses augmente très significativement ( $29,6 \pm 0,3$  vs  $28,3 \pm 0,3$ % ;  $p=0,002$ ). En testant l'effet combiné de deux densités (12 et 18 poulets/m<sup>2</sup>) et celui du stress thermique cyclique, **UZUM** et **ORAL TOPLU**, (2013) constatent que l'augmentation de la densité déprécie relativement le rendement en carcasse de poulets de chair de souche Ross 308. Ceci est observée surtout pour le rendement en muscles pectoraux où la diminution est hautement significative ( $p < 0,001$ ) et s'établit à  $17,49 \pm 0,28$  vs  $19,57 \pm 0,28$ %. Par ailleurs, une tendance à la diminution ( $p > 0,05$ ) pour la carcasse PAC ( $73,11 \pm 1,35$  vs  $74,37 \pm 1,35$ %) est notée chez le lot aux densités élevées ainsi que pour le gras

abdominal ( $1,74 \pm 0,04$  vs  $1,86 \pm 0,04\%$ ). Enfin, le rendement en cuisses est plus élevé, mais en termes de valeurs absolues et affiche  $36,64 \pm 0,30$  vs  $33,98 \pm 0,30\%$ . Quant à **ABUJAMIEH** et al., (2020), ils notent qu'un stress thermique cyclique de 4h par jour induit une diminution significative ( $p < 0,05$ ) du poids absolu du gras abdominal dont les moyennes affichent  $35,5 \pm 1,8$  vs  $36,9 \pm 1,7$ g. Par ailleurs, en termes de poids relatif, la proportion de ce paramètre est augmentée sous stress mais de façon non significative ( $1,55 \pm 0,09$  vs  $1,52 \pm 0,08\%$ ;  $p = 0,14$ ). De leurs côtés, **ZMRHAL** et al., (2017) notent qu'un stress thermique de  $27^\circ\text{C}$  pratiqué en fin d'élevage n'influe pas significativement ( $p > 0,05$ ) sur le poids absolu du gras abdominal. Les moyennes rapportées s'établissent à  $20,4 \pm 0,98$  vs  $20,9 \pm 1,27$ g respectivement pour le lot témoin et le lot expérimental et pour des mesures pratiquées au 34<sup>ème</sup> jour d'âge.

En opposition à cette tendance générale de résultats, à savoir, une dégradation du rendement en carcasse observée sous contraintes thermiques. Certaines études rapportent que lesdites conditions n'induisent pas de dépréciations des rendements en carcasse, ils seraient même améliorés. En effet, **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019) testent les effets du stress thermique cyclique sur des poulets de chair mâle de souche Ross. Ces derniers sont menés selon les recommandations du guide d'élevage de la souche jusqu'au 25<sup>ème</sup> jour d'âge. Par la suite, du 25<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, le lot témoin est maintenu sous une température moyenne de  $21^\circ\text{C}$  et 55% d'humidité, le groupe traité pour sa part est exposé à une température de  $37^\circ\text{C}$  durant 8h par jour (14h à  $21^\circ\text{C}$ , 2h de 21 à  $37^\circ\text{C}$ , 6h à  $37^\circ\text{C}$  et 2h de 37 à  $21^\circ\text{C}$ ). Les résultats de cette expérience révèlent que la chaleur n'a pas d'impact significatif sur le rendement en carcasse, le lot traité affiche même de meilleurs résultats en termes de valeurs absolues. Les pourcentages notés s'établissent à  $62,95$  vs  $61,88\%$  ( $p = 0,2291$ ), à  $22,37$  vs  $21,9\%$  ( $p = 0,3857$ ) et à  $20,31$  vs  $19,61\%$  ( $p = 0,0552$ ) respectivement pour le rendement en carcasse PAC, en muscles pectoraux et ceux des cuisses. Quant au gras abdominal, il est moins important chez le lot expérimental, les taux enregistrés sont de  $1,771$  vs  $1,789\%$  ( $p = 0,8505$ ). Dans une autre étude, **TORRENT** et al., (2019) mènent des poulets de chair de souche Cobb 500 dont une partie est soumise à une ambiance modérée ( $23,5 \pm 3,2^\circ\text{C}$  et  $71,9 \pm 10,9\%$  d'humidité), le reste de l'effectif est soumis à des conditions stressantes ( $25,1 \pm 5,5^\circ\text{C}$  et  $66,5 \pm 12,9\%$  d'humidité). Pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, il est constaté que le groupe soumis aux hautes températures affiche un meilleur rendement en carcasse PAC et en muscles de la cuisse et pilon, et ce, de façon très significative ( $p < 0,01$ ). Les valeurs rapportées s'établissent à  $77,1$  vs  $75,9\%$  et à  $20,2$  vs  $19,7\%$  respectivement pour les deux paramètres. En revanche, le rendement en muscles pectoraux est meilleur chez les



témoins, mais en termes de valeurs absolues (23,1 vs 22,6% ;  $p=0,29$ ). Pour leurs parts, **ATTIA** et al., (2017) observent que les contraintes thermiques ( $36\pm 2^\circ\text{C}$ ) altèrent significativement ( $p<0,05$ ) le rendement en carcasse PAC simultanément à une diminution de la proportion du gras abdominal de poulets de chair de souche Cobb 500. Les valeurs notées sont de  $71,2\pm 2,70$  vs  $73,3\pm 3,80\%$  et de  $0,50\pm 0,30$  vs  $0,78\pm 0,30\%$  respectivement pour les deux paramètres mesurés. Enfin, **ZEFERINO** et al., (2016) constatent que le stress thermique chronique ( $32^\circ\text{C}$ ), pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, augmente de façon hautement significative ( $p<0,001$ ) le rendement en carcasse PAC (72,6 vs 71,3%) et celui du gras abdominal (1,54 vs 1,35%). Par ailleurs, le rendement en muscles pectoraux diminue très significativement et affiche 36,7 vs 38,0% ( $p=0,001$ ) alors que celui des cuisses tend à augmenter mais en termes de valeurs absolues (31,4 vs 31,2% ;  $p=0,489$ ).

## II.2 Effet des hautes températures sur la qualité nutritionnelle de la carcasse

Les critères d'évaluation d'une viande sont multiples, ils peuvent être nutritionnelles ou diététiques, organoleptiques, physico-chimiques, sanitaires...etc. Selon **LEBRET** et **MOUROT**, (1998), la qualité nutritionnelle d'une viande peut être définie comme étant son aptitude à fournir certains nutriments, dont les principaux sont les protéines, les lipides, les vitamines, les minéraux et oligo-éléments. Pour leurs parts, **GONDRET** et **BONNEAU**, (1998) ; **COMBES**, (2004) et **HERNANDEZ**, (2008) émettent que les viandes de poulet et de lapin sont considérées comme maigres et diététiques à cause de leurs richesses en protéines et leurs pauvretés en lipides. De leurs côtés, **MOUROT** et **HERMIER**, (2001) rajoutent que la conduite d'élevage a une incidence directe sur la qualité de la viande, particulièrement celle nutritionnelle. À cet effet, plusieurs études sont entreprises sur l'impact des contraintes thermiques sur la qualité nutritionnelle de la viande de poulet de chair. Il est utile de souligner qu'il existe des différences assez conséquentes dans les résultats obtenus où pour certains auteurs, la qualité de la viande est dépréciée par une diminution des protéines brutes qui est simultanée à une augmentation des lipides. Pour d'autres auteurs, la qualité n'est pas impactée, voire améliorée sous contraintes thermiques.

L'expérience menée par **ZHANG** et al., (2012) consiste à conduire des poulets de chair mâles et de souche Arbor Acres pendant 28 jours sous des températures recommandées par le guide d'élevage. Par la suite, le premier groupe est maintenu sous des températures neutres ( $23^\circ\text{C}$ ), le deuxième est exposé en continue à une température de  $34^\circ\text{C}$  et le troisième groupe est

soumis à un stress thermique cyclique (36°C un jour sur deux) et ce jusqu'au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les résultats révèlent, suite à des analyses pratiquées sur les muscles de la poitrine, que le taux d'humidité et celui de la matière grasse augmentent significativement, les valeurs s'établissent à 76,11 vs 74,60 vs 74,38% ( $p < 0,001$ ) et à 0,98 vs 0,94 vs 0,80% ( $p = 0,048$ ) respectivement pour les lots exposés sous températures constantes, cycliques et pour le lot témoin. En revanche, le taux de protéines diminue pour sa part de façon hautement significative ( $p < 0,001$ ) et affiche des moyennes respectives de 22,92 vs 24,21 vs 25,01% . Dans cette même étude et pour des analyses pratiquées sur les muscles des cuisses, il est noté des augmentations non significatives ( $p > 0,05$ ) du taux d'humidité (74,21 vs 74,01 vs 73,66% ;  $p = 0,584$ ) et celui de la matière grasse (4,88 vs 4,69 vs 4,86% ;  $p = 0,852$ ). En revanche, le taux de protéines brutes montre une légère augmentation qui affiche 20,76 vs 20,68 vs 20,68% ( $p = 0,972$ ). De leurs côtés, **ATTIA** et al., (2017) travaillent sur la souche de poulet de chair Cobb 500 dont une partie de l'effectif est mené à thermoneutralité (25±3°C et 55% d'humidité), l'autre partie de l'effectif est quant à elle soumise à des conditions de stress thermique (36±2°C et 75 à 85% d'humidité) et ce du 25<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il est constaté que les hautes températures n'influent pas significativement ( $p > 0,05$ ) sur la qualité nutritionnelle de la carcasse. Toutefois, en termes de valeurs absolues, il est constaté une tendance à l'augmentation, chez le lot traité, du taux de matière sèche (25,1±0,13 vs 24,1±0,17%), de celle minérale (1,18±0,03 vs 1,12±0,04%) ainsi que du taux de matière grasse (5,01±0,29 vs 4,87±0,198%). En revanche, le taux de protéines brutes diminue chez le lot traité et indique 18,9±0,16 vs 19,1±0,23%. Pour leurs parts, **SHAO** et al., (2019) mènent des poulets de chair de sexe mâle pendant 35 jours sous des températures neutres, par la suite, une partie de l'effectif est gardé comme témoin alors qu'un groupe est soumis à un stress thermique cyclique (35°C de 10 à 18h, 32°C de 18h à 20h, 28°C de 20h à 8h et 32°C de 8h à 10h et sous une humidité comprise entre 40 et 45%) et ce pendant 07 jours. Ils constatent en analysant les muscles pectoraux que les contraintes thermiques entraînent une augmentation significative de l'humidité qui révèle 75,00±0,13 vs 74,51±0,15% ( $p = 0,047$ ), en revanche, une diminution en termes de valeurs absolues du taux de protéines et une augmentation du taux de gras sont observées et dont les moyennes s'établissent à 24,01±0,14 vs 24,17±0,10% ( $p = 0,378$ ) et à 0,42±0,06 vs 0,36±0,05% ( $p = 0,475$ ) respectivement pour les deux paramètres. Par ailleurs, dans cette même étude, les analyses pratiquées sur les muscles des cuisses révèlent que le surplus de chaleur se traduit par une diminution non significative ( $p > 0,05$ ) de l'humidité, du dépôt protéique et gras. Les moyennes observées sont de 75,85±0,34 vs

76,03±0,43% (p=0,755), de 21,99±0,27 vs 22,14±0,12% (p=0,628) et de 1,16±0,10 vs 1,26±0,07% (p=0,476) respectivement pour les trois mesures. Dans une autre étude, **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) observent une tendance (p>0,05) à l'augmentation de la matière sèche (26,4 vs 25,8%) et des protéines brutes (19,4 vs 19,2%) et qui est simultanée à une diminution de la matière minérale (0,984 vs 0,990%) des muscles de poulets de chair mâle de souche Ross 308 exposés à un stress thermique cyclique. Par ailleurs, il est noté une augmentation significative (p<0,05) du taux de matière grasse qui affiche 5,88 vs 5,63% pour des prélèvements effectués au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. L'expérience de **FURLAN** et al., (2004) consiste à conduire des poulets de chair pendant 42 jours dont un groupe témoin soumis à des températures neutres alors que le groupe expérimental est soumis à des conditions de stress thermique. Les analyses pratiquées sur les muscles pectoraux révèlent, de façon significative (p<0,05), que les muscles pectoraux renferment plus de matière grasse (22,2 vs 22,0%) et moins de matière minérale (6,3 vs 6,6%) chez le lot traité. Par ailleurs, les taux de matière sèche et celui des protéines brutes rapportées sont quasi égaux. Dans cette même étude, les analyses pratiquées sur les muscles des cuisses et pilons montrent que le stress thermique induit des diminutions significatives (p<0,05) du taux de matière sèche (32,9 vs 33,2%), de matière minérale (12,0 vs 12,8%) et de matière grasse (38,4 vs 40,5%) et qui sont simultanées à une augmentation significative (p<0,05) du taux de protéines brutes qui affiche 49,7 vs 46,7%. Pour leurs parts, **CRAMER** et al., (2018) mènent des poulets de chair de souche Ross 308 pendant 02 semaines sous des températures recommandées par le guide d'élevage de la souche, par la suite, du 15<sup>ème</sup> au 46<sup>ème</sup> jour d'âge, une exposition à une température moyenne de 32°C est observée durant 10h par jour sur le groupe traité, le reste est gardé comme témoin de l'expérience. Les analyses pratiquées sur des échantillons de muscle de la poitrine révèlent une diminution non significative (p>0,05) du taux de matières grasses (5,89 vs 5,92%) chez le groupe traité. Quant à **TANG** et al., (2013), ils conduisent des poulets de chair mâle de souche Arbor Acres pendant 30 jours où la température de réception est de 35°C puis diminue pour atteindre les 22°C, par la suite, au 31<sup>ème</sup> jour d'âge, un groupe de poulets est soumis à un choc thermique aigu (37±1°C) pendant 0h (pour le groupe témoin) et pendant 1, 2, 3, 5, et 10h, avant l'abattage, pour le reste. Il est observé, comparativement au lot témoin, que le taux de matière sèche sur les muscles pectoraux augmente numériquement (p>0,05) après 1h d'exposition, significativement (p<0,05) après 2h d'exposition et très significativement (p<0,01) après 3, 5 et 10h d'exposition. Les moyennes rapportées s'établissent respectivement à 36,92±2,40 vs 37,70±2,15 vs 38,80±1,86 vs 40,70±1,99 vs 38,07±1,85 vs 35,35±2,19 %. Il

est utile de souligner que dans des études antérieures portant sur l'incidence de la température d'élevage, certains auteurs rapportent une dégradation de la composition corporelle qui se traduit par une diminution de la teneur en protéines totales et qui est simultanée à une augmentation du taux de gras. En effet, **GERAERT** et al., (1996) indiquent que les contraintes thermiques engendrent une réduction de -54% du taux de protéines brutes ainsi qu'une augmentation de +23% de la teneur en gras corporelle. De leurs côtés, **GERAERT** et al., (1993) observent une diminution des protéines brutes (-5 et -6%) respectivement chez des poulets de chair de lignées maigres et grasses lorsque ceux-ci sont exposés à 32°C de la 3<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge par rapport à ceux maintenus sous des températures neutres. En travaillant sous ces mêmes conditions précédentes, **PADILHA**, (1995) indique que le taux de protéines brutes chute de -54% chez des poulets âgés entre 4 et 6 semaines sous l'effet de la chaleur. Ces dernières constatations vont dans le même sens des travaux de **HENKEN** et al., (1982) qui constatent que les contraintes thermiques (25 vs 35°C) impactent négativement le gain protéique exprimé en g/j/kg de poids vif de -12% chez des poulets de chair âgés entre 3 et 6 semaines. Pour ce qui est de la teneur lipidique des carcasses, **GERAERT**, (1995) observe une augmentation de +17% du taux de gras de la carcasse chez des poulets de chair soumis au stress thermique entre 4 et 6 semaines d'âge. Enfin, **EL HUSSEINY** et **CREGER**, (1980) notent une augmentation de +9% de la matière grasse corporelle chez des poulets de chair soumis au stress thermique entre la 1<sup>ère</sup> et la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge.

## Conclusion

Dans ce chapitre, l'état de l'art porte sur les effets des hautes températures d'élevage sur des paramètres qui sont d'ordre technico-économique. La bibliographie spécialisée rapporte, dans plusieurs études, que les contraintes thermiques, quelles soient continue ou cyclique, induisent des dépréciations en termes de consommation alimentaire. Ladite diminution se répercute sur le poids vif et le gain de poids vif qui dégradent à leurs tours l'indice de consommation. Pour sa part, la mortalité augmente sous ces conditions et c'est qui constitue une entrave majeure en production avicole. La perturbation des performances pèse également sur le rendement en carcasse, que ce soit pour la carcasse commerciale ou pour les découpes nobles, ajoutez à cela, une accumulation de gras à différentes parties de la carcasse, particulièrement au niveau abdominal, ce qui déprécie, entre autre, l'aspect de la carcasse. Enfin, d'un point de vue nutritionnelle, les carcasses de poulets de chair conduits sous contraintes thermiques révèlent, quelque soit le muscle étudié, une accumulation de gras qui

est simultanée à des pertes protéiques. Cet état des lieux pousse à explorer davantage les retombées des hautes températures sur d'autres paramètres, notamment sanguins, qui seront développés dans le second chapitre.

## Chapitre II

### Effet des hautes températures sur les paramètres sanguins

#### Introduction

Dans plusieurs études, il est rapporté que les conditions de stress thermique provoquent des perturbations du profil sanguin des poulets de chair. Ces troubles concernent les composantes hématologiques, biochimiques ou encore hormonales. Toutefois, des variations considérables sont notées dans les résultats obtenus selon les protocoles expérimentaux et seraient attribuées entre autre à l'intensité de la chaleur, la durée d'exposition à celle-ci ainsi que l'âge des poulets.

#### I. Effet des hautes températures sur les paramètres hématologiques

Les paramètres hématologiques chez le poulet de chair sont étudiés par plusieurs auteurs dans des conditions de stress thermique. À cet effet, ces composants sont utilisés comme indicateurs de suivi de l'état de stress des poulets. Ils concernent principalement l'hémoglobine et l'hématocrite. D'autres paramètres sont explorés à l'image des globules blancs et rouges et qui sont regroupés dans ce qui est appelé communément (NFS : Numération de la Formule Sanguine). Dans ce sens, **JAISWAL** et al., (2017) observent que le stress thermique cyclique ( $40\pm 1^\circ\text{C}$  par jour pendant 35 jours) réduit significativement ( $p < 0,05$ ) les niveaux d'hémoglobine et d'hématocrite dans le sang de poulet de chair comparativement à ceux élevés à thermoneutralité. Les valeurs se situent respectivement à  $8,347\pm 0,141$  vs  $10,240\pm 0,125$  mg/dl et à  $26,071\pm 0,542$  vs  $30,027\pm 0,322\%$ . Ces résultats corroborent les travaux antérieurs de **DINU** et al., (2004) qui constatent que l'hémoglobine et l'hématocrite diminuent sous hautes températures d'élevage. Dans le même ordre d'idées, **ATTIA** et al., (2017) constatent que les contraintes thermiques abaissent significativement ( $p < 0,05$ ) l'hémoglobine ( $8,5\pm 0,93$  vs  $9,5\pm 0,83$  g/dl) ainsi que le niveau d'hématocrite ( $24,9\pm 1,74$  vs  $28,9\pm 1,98\%$ ). Les mêmes auteurs notent aussi des diminutions numériques ( $p > 0,05$ ) des globules rouges ( $2,11\pm 0,06$  vs  $2,15\pm 0,06$   $10^6/\text{mm}^3$ ) et des globules blancs ( $21,5\pm 0,61$  vs  $22,5\pm 0,85$   $10^3/\text{mm}^3$ ). Dans une autre étude, **SKOMORUCHA** et al., (2017) conduisent des poulets de chair dans deux ambiances différentes, ils constatent que les hautes températures génèrent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de l'hématocrite. Ces observations sont enregistrées au 27<sup>ème</sup>, 31<sup>ème</sup>, 36<sup>ème</sup> et 41<sup>ème</sup> jour d'âge. Les valeurs

moyennes sont respectivement de 13,66 vs 15,63% ; 13,92 vs 15,62% ; 12,88 vs 14,33% et de 13,79 vs 14,29%. En revanche, ces mêmes auteurs soulignent que cet effet observé s'inverse lors du prélèvement du 24<sup>ème</sup> jour d'âge où les moyennes sont de 13,05 vs 11,64%. Ces constatations convergent avec ceux de **YAHAV et HURWITZ**, (1996) ; **ALTAN et al.**,(2003) et **OLANREWAJU et al.**, (2010) qui notent une diminution de l'hématocrite sous stress thermique et attribuent cette réaction comme une réponse de l'organisme face à des conditions défavorables. Pour leurs parts, **VECEREK et al.**, (2002) soumettent des poulets de chair à un stress thermique progressif entre le 21<sup>ème</sup> et le 52<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils remarquent des diminutions systématiques des niveaux d'hémoglobine comparativement aux poulets soumis à des températures neutres. Toutefois, les mêmes auteurs rajoutent que cette évolution à tendance à s'estomper avec l'âge et le déficit de ce composé est rattrapé au 62<sup>ème</sup> jour d'âge. De leurs côtés, **YAHAV et al.**, (1998) constatent que la chaleur influe négativement sur le niveau d'hémoglobine à partir d'une température de 25°C. Les valeurs rapportées se situent à 9,81 vs 10,2g/dl chez des poulets à croissance rapide comparativement à une température de 15°C. Les mêmes auteurs notent aussi l'absence d'effet significatif sur les niveaux d'hématocrite. Dans une autre étude, **MUJAHID et al.**, (2009) exposent brièvement des poulets de chair de souche Cobb 500 à une température de 34°C pendant 6 heures. Ils notent une baisse du taux circulant d'hémoglobine. Par la suite, soit après 12 et 18 heures d'exposition, ils constatent un retour à la normale de ce paramètre. Cette dernière tendance est comparable à celle de **AENGWANICH**, (2007b) qui remarque que sous une température ambiante élevée, le niveau d'hémoglobine diminue significativement pendant les deux premières semaines d'exposition, par la suite, ce paramètre à tendance à augmenter.

Contrairement à la chaleur, **BLAHOVA et al.**, (2007) notent pour leurs parts une augmentation du niveau d'hémoglobine induite par le froid (4 à 13°C) par rapport à des températures neutres (21 à 24°C) chez des poulets de chair de souche Ross 308. Ces augmentations sont de l'ordre de +12,7 et +5,1% respectivement chez les mâles et les femelles.

Dans d'autres études, des auteurs se sont intéressés aux composants des globules rouges qui englobent le volume globulaire moyen (MCV), la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCH) ainsi que la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCHC). Il en est de même pour ceux des globules blancs où il est question d'hétérophiles (H), de lymphocytes (L) ainsi que le ratio entre ces deux derniers (H/L). À cet effet, **MOUSTAFA et al.**, (2021) notent que les conditions de stress thermique cyclique, observées

entre le 22<sup>ème</sup> et le 42<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de chair, s'accompagnent d'une diminution significative des taux circulants de MCV et de MCH. Les valeurs rapportées s'établissent respectivement à 191,30 vs 205,11 $\mu\text{m}^3/\text{RBC}$  ( $p=0,019$ ) et à 62,6 vs 64,2pg ( $p=0,033$ ). Par ailleurs, les niveaux de MCHC tendent à augmenter sous contraintes thermiques mais de façon non significative (33,30 vs 32,69% ;  $p=0,109$ ). Dans une autre étude, **HASSAN** et **ASIM**, (2020) travaillent sur des poulets de chair qu'ils exposent sous deux ambiances différentes. Le lot témoin est soumis à une température moyenne de 25 $\pm$ 27°C, le lot expérimental est pour sa part exposé à un stress thermique cyclique de 40 $\pm$ 2°C, durant 4h/j, de 9h à 13h et ce, de la 2<sup>ème</sup> à la 7<sup>ème</sup> semaine d'âge. Ils constatent que les contraintes thermiques induisent une augmentation significative ( $p<0,05$ ) de la MCV qui s'établit à 128,94 $\pm$ 7,83 vs 105,26 $\pm$ 7,48fL ainsi que de la MCH (40,72 $\pm$ 3,45 vs 33,80 $\pm$ 2,65pg). Par ailleurs, le niveau de MCHC est très peu affecté et diminue très légèrement chez le lot expérimental (32,61 $\pm$ 3,45 vs 32,89 $\pm$ 2,65mg/100ml). De leurs côtés, **ABUDABOS** et al., (2018) conduisent des poulets de chair de souche Ross 308, de la réception au 15<sup>ème</sup> jour d'âge, sous des conditions préconisées par le guide d'élevage de la souche, par la suite, du 15<sup>ème</sup> au 30<sup>ème</sup> jour d'âge, une partie de l'effectif est soumise à une température moyenne de 32°C alors que le groupe témoin est maintenu à thermoneutralité. Ils constatent que l'augmentation de la température ambiante induit une augmentation non significative ( $p>0,05$ ) de la MCV qui s'établit à 114,9 vs 103,9fL et qui est simultanée à des diminutions non significatives de la MCH (93,3 vs 116,6pg) ainsi que de la MCHC (81,2 vs 117,0gHb/100ml). À son tour, **AENGWANICH**, (2007b) soumet des poulets fermiers et à croissance rapide à deux températures différentes (26 $\pm$ 2 et 38 $\pm$ 2°C) et étudie les concentrations sériques au 1<sup>er</sup>, 7<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup> et 28<sup>ème</sup> jour d'âge. Il note des fluctuations des niveaux de MCV, MCH et MCHC aux différents jours de prélèvements. Globalement, il observe au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, de façon significative ( $p<0,05$ ), une diminution de la MCH et une augmentation de la MCV et de la MCHC quelque soit la souche de poulet. Ces résultats s'accordent parfaitement avec les travaux antérieurs de **AENGWANICH**, (2002) et **AENGWANICH** et **CHINRASRI**, (2004) qui observent la même tendance de résultats. Pour leurs parts, **AL-TAMIMI** et al., (2019) conduisent des poulets de chair sous une ambiance neutre (25,77 $\pm$ 0,28°C et 32,28 $\pm$ 0,40% d'humidité) de la réception au 31<sup>ème</sup> jour d'âge. Par la suite, à J31, une partie de l'effectif est soumise à un choc thermique pendant 1h30 à une température moyenne de 34,50 $\pm$ 0,20°C et sous une hygrométrie relative de 37,60 $\pm$ 0,28%, puis, des prélèvements sanguins sont pratiqués. Ce schéma expérimental fait ressortir que le



stress thermique induit, une augmentation non significative ( $p>0,05$ ) de la MCV (143,41 vs 127,92fL), de la MCH (50,51 vs 42,81pg) ainsi que de la MCHC (35,43 vs 34,26g/dl). Dans cette même étude, les hétérophiles sont identiques (50%), les lymphocytes augmentent (43,56 vs 42,56%) et donc le rapport H/L diminue et s'établit à 1,20 vs 1,23. Dans une autre étude, **RAFAT KHAFAR** et al., (2019) notent que le stress thermique cyclique se traduit, significativement ( $p<0,05$ ), par une augmentation des hétérophiles, une diminution des lymphocytes et une augmentation du ratio H/L chez des poulets de chair de souche Ross 308 et de sexe mâle. Lorsque les prélèvements sont effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes rapportées s'établissent respectivement à  $37,16\pm 1,50$  vs  $18,33\pm 1,21\%$  ; à  $55,16\pm 1,89$  vs  $75,50\pm 1,18\%$  et à  $0,67\pm 0,04$  vs  $0,24\pm 0,02$ . Ces résultats abondent dans le sens des travaux de **OSTI** et al., (2017) qui notent que les hautes températures provoquent, par rapport à la thermoneutralité, une augmentation très significative ( $p=0,003$ ) du ratio H/L dont les valeurs rapportées s'établissent à  $0,89\pm 0,93$  contre  $0,81\pm 0,93$  pour le lot témoin.

En travaillant sur des cailles japonaises « *Coturnix coturnix japonica* », **MAHMOUD** et al., (2013) expérimentent cinq ambiances différentes qui vont de la neutralité à des températures caniculaires (22, 29, 34, 36 et 40°C). Ils constatent, quelque soit le sexe considéré, que plus la température d'élevage augmente et plus les niveaux sériques de MCH et de MCHC diminuent significativement ( $p<0,05$ ). Entre le groupe mené à 22°C et celui à 40°C, les moyennes sont, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, respectivement de  $39,30\pm 1,18$  vs  $44,48\pm 0,69$ pg et de  $27,49\pm 0,87$  vs  $34,49\pm 0,98\%$ . Par ailleurs, il est noté une augmentation significative de la MCV ( $151,85\pm 4,84$  vs  $136,71\pm 4,04$ fL). Dans cette même étude, il est observé, et de façon significative ( $p<0,05$ ), une augmentation des hétérophiles ( $33,94\pm 0,68$  vs  $19,69\pm 0,55\%$ ), une diminution des lymphocytes ( $46,13\pm 1,74$  vs  $73,81\pm 1,49\%$ ) ainsi qu'une augmentation du ratio H/L ( $0,74\pm 0,02$  vs  $0,27\pm 0,00$ ).

## II. Effet des hautes températures sur les paramètres biochimiques

### II.1 Effet sur la glycémie

L'impact des hautes températures sur le niveau sérique de glucose est étudié par plusieurs auteurs. Les résultats obtenus montrent une certaine divergence et qui serait attribuée principalement au model expérimental, l'intensité de la chaleur ou encore à l'âge des animaux. À cet effet, **JAISWAL** et al., (2017) rapportent que le stress thermique cyclique induit une augmentation significative ( $p<0,05$ ) du niveau de glucose sanguin. En travaillant

dans deux ambiances différentes, à thermoneutralité et sous stress thermique cyclique ( $40\pm 1^\circ\text{C}$  pendant 4 heures par jour), les niveaux s'établissent à  $284,02\pm 9,27$  vs  $210,24\pm 7,34$  mg/dl lorsque les mesures sont effectuées au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Ces résultats sont en accord avec les travaux de **SHIM** et al., (2006) ; **OLANREWAJU** et al., (2010) et **RASHIDI** et al., (2010) qui constatent que la glycémie des poulets de chair augmente significativement sous stress thermique. De façon similaire, **AL-SULTAN** et al., (2019) notent que la glycémie des poulets de chair de souche Cobb 500 augmente significativement ( $p<0,05$ ) sous stress thermique continue ( $32\pm 2^\circ\text{C}$  et 65% d'humidité). Pour des prélèvements effectués au 21<sup>ème</sup> jour d'âge, les valeurs rapportées s'établissent à  $281,69$  vs  $221,67$  mg/dl. L'effet de la chaleur caniculaire ou aigue sur la glycémie chez une souche de repro-chair est mis en relief par **ASWATHI** et al., (2019). Ces derniers exposent les poulets à des températures moyennes de  $27\pm 1$  vs  $37\pm 1^\circ\text{C}$  et sous une humidité relative de 70% pendant 10 jours, de la réception au 10<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils constatent que la glycémie est significativement ( $p<0,05$ ) plus élevée sous stress thermique et ce, en la mesurant à J3 et J10. Les valeurs moyennes s'établissent à  $90,07$  vs  $86,66$  mg/dl et à  $89,28$  vs  $87,5$  mg/dl respectivement pour les deux âges de prélèvements. Cette observation est confortée par celle de **GARRIGA** et al., (2006) qui émettent que lors d'un stress thermique aigu, les oiseaux sont en situation d'hyperglycémie. Dans une autre étude, **HOSSEINI-MANSOUB** et al., (2010) travaillent sur des poulets de chair de souche Ross 308. Ces derniers sont réceptionnés puis menés selon les recommandations du guide d'élevage pendant la phase de démarrage, soit, jusqu'au 10<sup>ème</sup> jour d'âge. Par la suite, le groupe témoin demeure élevé dans des conditions optimales ( $22\pm 1,5^\circ\text{C}$ ), alors que, le groupe expérimental est soumis à une température moyenne de ( $35\pm 1,5^\circ\text{C}$ ). Il est à signaler que durant cet essai, l'hygrométrie relative moyenne se situe en moyenne à  $45\pm 5\%$ . Les résultats révèlent que les hautes températures induisent une hyperglycémie très significative ( $p<0,01$ ) lorsque celle-ci est mesurée au 42<sup>ème</sup> jour d'âge et dont les valeurs s'établissent à  $12,65$  vs  $11,10$  g/dl. De façon similaire, **FLEES** et al., (2017) constatent qu'un stress thermique cyclique de  $35^\circ\text{C}$  durant 2h/j observé entre la 3<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge provoque une hyperglycémie hautement significative ( $p<0,0001$ ) chez des poulets de chair de souche Cobb 500. Les moyennes rapportées se situent à  $330,37\pm 11$  vs  $272,75\pm 4,7$  mg/dl. De façon divergente, **MOHAMED** et al., (2012) mesurent l'impact de la saison d'élevage (hivernale et estivale) sur les concentrations sériques de glucose de trois souches de poulets de chair, à savoir, la Ross, la Cobb et la Hubbard. Ils constatent que les conditions estivales, qui représentent le lot stressé par la chaleur, induisent une diminution de la glycémie quelque soit

la souche considérée. Celle-ci est statiquement significative ( $p < 0,05$ ) pour la souche Ross (147,10 vs 198,79mg/dl) et pour la Hubbard (164,44 vs 180,33mg/dl). En revanche, l'hypoglycémie notée chez la souche Cobb est non significative ( $p > 0,05$ ) dont les valeurs s'établissent à 175,63 vs 183,03mg/dl. À leurs tours, **HAMIDI** et al., (2019) notent eux aussi que les contraintes thermiques s'accompagnent d'une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de la glycémie. Pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les valeurs s'établissent à 220,2 vs 221,1mg/dl. Pour leurs parts, **VECEREK** et al., (2002) notent une diminution de la glycémie en relation avec des hautes températures et ce, à partir de la troisième semaine d'âge, chez des poulets de chair de souche Ross 308. En revanche, ledit paramètre augmente significativement avec l'âge et ce, quelque soit la température considérée. En opposition, **BUYSE** et al., (2001) n'observent aucun effet significatif sur la glycémie des poulets de chair élevés sous des températures comprises entre 20 et 28°C quels que soient l'âge et le sexe des poulets.

En travaillant sous des températures froides comprises entre 4 et 13°C à partir du 22<sup>ème</sup> jour d'âge, **BLAHOVA** et al., (2007) étudient l'effet sexe chez des poulets de chair de souche Ross 308. Ils constatent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) du niveau de glucose sanguin chez les mâles (13,73 vs 13,01nmol/l) lorsqu'il est mesuré au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les mêmes auteurs remarquent aussi l'absence de l'effet sexe sur la glycémie sous des températures neutres comprises entre 22 et 24°C.

Dans un autre cadre, **KONDOMBO** (2005) et **MEKKONEN** et al., (2009) étudient l'effet du degré de liberté des poulets de chair de même souche. Ils constatent que les poulets ayant un accès en plein air utilisent plus de glucose que leurs pareils de même souche, de même âge et du même couvoir. Selon les mêmes auteurs, c'est se qui explique la forte baisse du niveau de glucose sanguin dans le système d'élevage villageois. En revanche, **LENNSTRA**, (2013) avance que les ressources alimentaires disponibles sur les parcours justifient une augmentation de la glycémie. La reprise de celle-ci quelques jours après est constatée chez les poulets élevés sur parcours et sur système villageois. L'étude de **CHRISTENSEN** et al., (2013) révèle que la glycémie diminue significativement de -24,9 ; -22,6 et -17,9% respectivement pour des prélèvements effectués au 19<sup>ème</sup>, 33<sup>ème</sup> et 47<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets privés d'aliments pendant 12h par jour. Selon les mêmes auteurs, cette baisse serait attribuée à une diminution progressive de l'insulinémie et une hausse du taux sanguin de glucagon.

## II.2 Effet sur le bilan lipidique

En élevage de poulet de chair, dans la majorité des études, le bilan lipidique étudié concerne les niveaux de cholestérol et de triglycérides. À cet effet, de grandes variations de la concentration de ces deux composés majeurs sont rapportées par plusieurs auteurs et dans des dispositifs expérimentaux différents. Dans une étude menée par **ATTIA** et **HASSAN**, (2017), il est constaté que le stress thermique cyclique provoque une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de +4,4% de la cholestérolémie (214 et 205mg/dl) observée chez des poulets de chair mâles de souche Ross 308 prélevés au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans une autre étude, **REHMAN** et al., (2018) étudient l'effet des hautes températures sur deux souches de poulet de chair, à savoir, la Hubbard et la Cobb 500. Les deux souches sont menées à thermoneutralité pendant deux semaines. Par la suite, du 15<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, l'ensemble des poulets est exposé à des températures comprises entre 28,9 et 36,4°C et sous des hygrométries relatives allant de 51,7 à 65,3%. Ils observent que quelque soit la souche considérée, la cholestérolémie montre une évolution assez spécifique, les niveaux sont élevés au début du traitement, ils décroissent puis sont relancés respectivement pour des prélèvements pratiqués à la 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> semaine d'âge. La cholestérolémie s'établit à  $162,6 \pm 5,23$  ;  $132,3 \pm 5,53$  et  $135,6 \pm 2,60$ mg/dl et à  $155,5 \pm 3,77$  ;  $137,7 \pm 3,21$  et  $132,6 \pm 2,60$ mg/dl respectivement pour les souches Hubbard et Cobb 500. Par ailleurs, selon les mêmes auteurs, les niveaux de triglycérides tendent à diminuer sous contraintes thermiques. Les valeurs notées sont de  $144,1 \pm 3,03$  ;  $131,8 \pm 3,25$  et à  $130,6 \pm 3,18$ mg/dl pour les poulets de la souche Cobb 500. Pour la souche Hubbard, les concentrations sont de  $139,1 \pm 2,95$  ;  $134,8 \pm 3,40$  et de  $128,3 \pm 2,38$ mg/dl respectivement pour les âges de prélèvement. Pour leurs parts, **SHIM** et al., (2006) constatent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de la cholestérolémie chez des poulets de chair soumis à une température moyenne de 34°C pendant trois semaines, du 21<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, comparativement à ceux menés à thermoneutralité (22°C). Les niveaux s'établissent à  $3,00 \pm 0,07$  vs  $2,80 \pm 0,07$ mg/l pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Par ailleurs, les niveaux de triglycérides diminuent significativement ( $p < 0,05$ ) ( $9,15 \pm 0,86$  vs  $15,3 \pm 2,18$ mg/l). De leurs côtés, **RAFAT KHAFAR** et al., (2019) conduisent des poulets de chair mâles de souche Ross 308 sous des températures neutres (23,9°C) pendant 3 semaines. À partir du 22<sup>ème</sup> et jusqu'au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, un groupe est maintenu sous la même température, tandis que, le groupe expérimental est soumis à un stress thermique cyclique quotidiennement (12h à 23,9°C, 3h de 23,9 à 38°C,

5h à 38°C et 4h de 38 à 23,9°C). Ils constatent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, que l'excès de chaleur induit significativement ( $p < 0,05$ ) une hypercholestérolémie ( $132,00 \pm 3,44$  vs  $111,00 \pm 3,74$  mg/dl) ainsi qu'une hypertriglycéridémie ( $136,00 \pm 3,14$  vs  $110,00 \pm 8,74$  mg/dl). Dans le même ordre d'idées, **EROL** et al., (2017) conduisent des poulets de chair mâles de souche Ross 308 sous des températures neutres (24°C) et sous contraintes thermiques (34°C) et ce, de la réception jusqu'au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils notent que les hautes températures génèrent, de façon statistiquement significative ( $p < 0,05$ ) une augmentation des concentrations sériques de cholestérol et de triglycérides. Les niveaux moyens de cholestérol s'établissent à  $155,140 \pm 6,864$  vs  $142,140 \pm 9,473$  mg/dl et à  $148,860 \pm 4,595$  vs  $142,290 \pm 7,286$  mg/dl respectivement pour des prélèvements effectués au 11<sup>ème</sup> et au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Quant aux triglycérides, les moyennes rapportées sont de l'ordre de  $137,860 \pm 5,161$  vs  $116,860 \pm 8,316$  mg/dl et de  $138,290 \pm 9,446$  vs  $119,710 \pm 6,015$  mg/dl respectivement pour les mêmes âges de prélèvements. De leurs côtés, **HOSSEINI-MANSOUB** et al., (2010) notent aussi que les hautes températures induisent des augmentations significatives des concentrations sériques de cholestérol et très significatives pour les triglycérides chez des poulets de chair de souche Ross 308. Pour les deux paramètres mesurés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les valeurs affichées sont de  $3,32$  vs  $2,56$  mmol/l ( $p < 0,05$ ) et de  $0,67$  vs  $0,49$  mmol/l ( $p < 0,01$ ) respectivement. De façon convergente, **JAISWAL** et al., (2017) observent que le stress thermique cyclique s'accompagne d'une hypercholestérolémie ainsi que d'une hypertriglycéridémie significative ( $p < 0,05$ ) lorsque celles-ci sont mesurées au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Les moyennes rapportées s'établissent respectivement pour les deux paramètres à  $187,42 \pm 6,43$  vs  $165,31 \pm 9,53$  mg/dl et à  $128,43 \pm 5,43$  vs  $116,15 \pm 7,65$  mg/dl. Par ailleurs, **FLEES** et al., (2017) notent que sous contraintes thermiques cycliques, il est constaté une hypercholestérolémie significative ( $188,37 \pm 16$  vs  $144,50 \pm 11$  mg/dl ;  $p = 0,02$ ). En revanche, le niveau de triglycérides augmente aussi, mais en termes de valeurs absolues ( $42,6 \pm 7$  vs  $35,50 \pm 2,7$  mg/dl ;  $p = 0,76$ ). Dans l'étude de **MIRZAI** et al., (2018) qui consiste à exposer des poulets de chair de souche Cobb 500 dans des conditions neutres ( $23 \pm 1$ °C) pendant 38 jours. Par la suite, une partie de l'effectif est soumise à un stress thermique cyclique de 36°C pendant 6h par jour et ce jusqu'au 44<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils constatent que le surplus de chaleur induit une hypercholestérolémie ( $171,1$  vs  $144,5$  mg/dl) significative ( $p < 0,05$ ) mesurée au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Après traitement, soit au 45<sup>ème</sup> jour d'âge, le groupe traité révèle en revanche une diminution significative du taux de cholestérol ( $152,4$  vs  $163,06$  mg/dl). Dans cette même étude, il est noté aussi une hypertriglycéridémie significative ( $p < 0,05$ ) qui persiste même suite

à l'arrêt de l'exposition à la chaleur. Pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> et au 45<sup>ème</sup> jour d'âge, les valeurs s'établissent à 99,26 vs 93,86mg/dl et à 92,96 vs 84,62mg/dl respectivement. Il en est de même pour **SOHAIL** et al., (2010) qui notent à leurs tours une hypercholestérolémie significative ( $p < 0,05$ ) dans des conditions de stress thermique cyclique chez des poulets de chair de la souche Hubbard. Lorsque les prélèvements sont effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes rapportées sont de l'ordre de  $152,0 \pm 6,9$  et de  $104,2 \pm 3,9$ mg/dl. En opposition à cette tendance de résultats, **SEVEN** et al., (2009) rapportent que les conditions de stress thermique s'accompagnent de diminutions, en termes de valeurs absolues ( $p > 0,05$ ), des taux circulants de cholestérol et de triglycérides chez des poulets de chair de souche Ross 308. Pour des prélèvements pratiqués au 41<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes observées s'établissent respectivement à  $2,38 \pm 0,34$  vs  $3,13 \pm 0,40$ mmol/l et à  $0,36 \pm 0,04$  vs  $0,40 \pm 0,08$ mmol/l. Dans le même ordre d'idées, **HOSSEINI VASHAN** et **RAEL-MOGHADEM**, (2019) notent des tendances ( $p > 0,05$ ) à la diminution des niveaux sériques de cholestérol et de triglycérides chez des poulets de chair soumis à un stress thermique cyclique. Les valeurs rapportées s'établissent à 138,55 vs 140,68mg/dl ( $p = 0,6117$ ) et à 41,43 vs 44,34mg/dl ( $p = 0,3543$ ) respectivement pour les deux paramètres et pour des prises réalisées à J42. Par ailleurs, **FAISAL** et al., (2008) rapportent pour leurs parts des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) des niveaux de cholestérol et de triglycérides pendant un stress thermique. Ces mêmes auteurs attribuent cette évolution aux conditions expérimentales dont les principales sont la durée et l'intensité du stress générées par la chaleur. En travaillant sur des températures moins intenses comprises entre 20 et 28°C, **BUYSE** et al., (2001) n'observent aucun changement significatif des triglycérides chez des poulets de chair des deux sexes et ce, à partir du 14<sup>ème</sup> jour d'âge. Les mêmes auteurs rapportent aussi la même tendance pour les niveaux de cholestérolémie.

### II.3 Effet sur les indicateurs hépatiques et rénaux

Pour une bonne gestion du stress, thermique entre autre, certains indicateurs qui renseignent sur l'état de fonctionnement de certains organes sont utilisés en aviculture. En effet, la fonction hépatique est évaluée en générale à l'aide de deux indicateurs qui sont l'Aspartate Amino-Transférerase (ASAT) et l'Alanine Amino-Transférerase (ALAT). Dans le même ordre d'idées, la fonction rénale pour sa part est étudiée en s'appuyant sur certains paramètres sanguins, parmi eux, l'urée, l'acide urique et la créatinine. L'effet des contraintes

thermiques sur l'ensemble de ces paramètres sanguins est rapporté dans plusieurs études. À cet effet, l'étude de **HAMIDI** et al., (2019) consiste à conduire des poulets de chair de souche Ross 308 à thermoneutralité ( $23\pm 1^\circ\text{C}$ ) pendant 28 jours. Par la suite, une partie de l'effectif est soumise à un stress thermique de  $36\pm 1^\circ\text{C}$  durant 10h par jour de 8h à 18h, pour le reste des 24h, soit de 18h à 8h, la température est maintenue à neutralité. Ces conditions stressantes se traduisent, pour des prélèvements pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, par une augmentation significative ( $p<0,05$ ) de la concentration sérique de l'ASAT (45,39 vs 45,24UI/dl) ainsi que celle de l'ALAT (9,04 vs 9,00UI/dl). De façon similaire, **ATTIA** et al., (2017) notent la même tendance que celle de ces derniers résultats en exposant des poulets de chair de souche Cobb 500 sous stress thermique et à thermoneutralité. Ils constatent que les contraintes thermiques augmentent significativement ( $p<0,05$ ) les concentrations sériques de l'ASAT et de l'ALAT pour des prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les moyennes s'établissent à  $72,4\pm 1,51$  vs  $62,4\pm 1,31$ UI/l et à  $61,4\pm 1,14$  vs  $60,4\pm 1,31$ UI/l respectivement pour les deux paramètres. Dans le même ordre d'idées, **HASAN** et **OMRAN**, (2017) constatent que les conditions de stress thermique ( $33\pm 2^\circ\text{C}$ ) engendrent une augmentation significative ( $p<0,05$ ) des concentrations sériques d'ASAT et d'ALAT chez des poulets de chair de souche Ross 308. Pour des prélèvements pratiqués au 40<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes s'établissent, respectivement pour les deux paramètres étudiés, à  $9,04\pm 0,16$  vs  $7,98\pm 0,06$ g/dl et à  $7,1\pm 0,3$  vs  $5,4\pm 0,2$ g/dl. La tendance des résultats cités ci-dessus corroborent les travaux de **BORGES** et al., (2004), ces derniers observent une augmentation significative des concentrations sériques d'ASAT et d'ALAT sous contraintes thermiques.

En travaillant sur des dindes et dindons de souche Beltsville small white, **GATTANI** et al., (2016) mesurent l'impact de la saison d'élevage hivernale ( $6,8^\circ\text{C}$  et 54,6% d'humidité) de Janvier à Mai et celle estivale ( $34,4^\circ\text{C}$  et 34,4% d'humidité) de Mai à Septembre sur les niveaux d'ASAT et d'ALAT. Ils constatent une augmentation significative ( $p<0,05$ ) de ces deux paramètres en saison chaude. Pour les mâles et les femelles et pour des prélèvements effectués à la 20<sup>ème</sup> semaine d'âge, les niveaux s'établissent à  $348,35\pm 9,20$  vs  $309,22\pm 7,95$ UI/l et à  $333,52\pm 8,39$  vs  $282,99\pm 15,64$ UI/l pour l'ASAT et à  $32,07\pm 1,86$  vs  $14,45\pm 1,86$ UI/l et à  $29,84\pm 2,32$  vs  $15,47\pm 1,67$ UI/l pour l'ALAT. Par ailleurs, **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) constatent que les conditions de stress thermique, appliquées aux poulets de chair mâles de souche Ross 308, induisent significativement ( $p<0,05$ ), une augmentation des niveaux d'ASAT (60,0 vs 58,6UI/l) et une diminution de ceux de l'ALAT (65,8 vs 67,4UI/l) et ce, pour des prélèvements effectués au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans la même étude, il est constaté

que les niveaux sanguins d'urée, de créatinine ainsi que celui d'acide urique augmentent significativement ( $p < 0,05$ ) sous contraintes thermiques. Les valeurs obtenues s'établissent à 24,6 vs 23,4mg/dl ; 1,15 vs 0,994g/dl et à 2,44 vs 2,25 $\mu$ g/ml respectivement pour les trois paramètres étudiés. Dans une autre étude, **KATARIA** et al., (2008) testent trois températures d'élevage (froide, neutre et caniculaire), ils constatent que les niveaux d'ASAT et d'ALAT augmentent de façon numérique avec l'augmentation de la température d'élevage, alors que, l'augmentation devient significative ( $p < 0,05$ ) sous les températures caniculaires. Les valeurs notées s'établissent respectivement à 345 $\pm$ 9,87 vs 246 $\pm$ 10,0 vs 238 $\pm$ 7,9UI/l et à 10,12 $\pm$ 0,8 vs 6,9 $\pm$ 0,56 vs 6,1 $\pm$ 0,53UI/l. Dans cette même étude, il est rapporté que la température caniculaire (42 à 45°C) induit une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) des niveaux sanguins d'urée, de créatinine et d'acide urique comparativement aux oiseaux conduit à thermoneutralité (24 à 27°C). Les moyennes se situent respectivement à 0,865 $\pm$ 0,025 vs 0,599 $\pm$ 0,02mmol/l ; 167,0 $\pm$ 0,31 vs 79,56 $\pm$ 0,31 $\mu$ mol/l et à 0,383 $\pm$ 0,01 vs 0,295 $\pm$ 0,025mmol/l. Dans une autre étude, **HASAN** et al., (2014) mènent des poulets de chair de souche Cobb 500 en les soumettant à deux ambiances différentes, l'une neutre (25 $\pm$ 2°C et 60 $\pm$ 5% d'humidité) et l'autre stressante (35 $\pm$ 2°C et 70 $\pm$ 5% d'humidité) et ce, à partir du 7<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils constatent que le stress thermique chronique s'accompagne d'une augmentation numérique ( $p > 0,05$ ) des concentrations sériques d'acide urique. Pour des prélèvements pratiqués à la 5<sup>ème</sup> semaine d'âge, les moyennes s'établissent à 6,10 $\pm$ 0,333 vs 5,88 $\pm$ 0,177mg/dl. Pour leurs parts, **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019) observent que les conditions de stress thermique cyclique augmentent, de façon hautement significative ( $p < 0,0001$ ), les taux circulants d'acide urique chez des poulets de chair mâle de souche Ross. Les valeurs s'établissent à 80,19 vs 54,05mg/dl pour des prélèvements pratiquées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. De leurs côtés, **SEDGH-GOOYA** et **TORKI**, (2018) notent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de la concentration sérique d'acide urique chez des poules pondeuses soumises à des conditions de stress thermique à partir de la 41<sup>ème</sup> semaine d'âge par rapport à celles menées à thermoneutralité. Lorsque les prélèvements sont effectués à l'âge de 46 semaines, les valeurs s'établissent à 9,34 vs 7,76mg/dl. Cette tendance de résultats est noté par **ARAD** et al., (2006) qui observent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) du niveau sérique d'acide urique chez les poulets de chair exposés à des conditions de stress thermique.



## II.4 Effet sur les protéines métaboliques

Plusieurs études mettent en relief les impacts du stress thermique, qu'il soit chronique ou aigu, sur la concentration sérique en protéines métaboliques. Celles-ci définissent le taux circulant de protéines totales, de l'albumine et des globulines. À cet effet, dans une étude menée par **HUANG** et al., (2017) sur des poulets de chair de souche Arbor Acres soumis à des ambiances neutres ( $22\pm 1^\circ\text{C}$  et  $50\pm 10\%$  d'humidité) et à un stress thermique aigu cyclique ( $38\pm 1^\circ\text{C}$  et  $50\pm 10\%$  d'humidité) pendant 2, 5 et 10 heures par jour. Ils constatent que le stress thermique qui dure 2 heures quotidiennement diminue, de façon très significative ( $p < 0,01$ ) les niveaux sériques de protéines totales ( $22,67\pm 0,33$  vs  $32,60\pm 1,40\text{g/l}$ ) ainsi que ceux d'albumine ( $13,00\pm 0,00$  vs  $17,20\pm 0,80\text{g/l}$ ). La même tendance est observée pour le niveau de globuline, qui diminue significativement ( $p < 0,05$ ) où les moyennes rapportées se situent à  $9,67\pm 0,33$  vs  $15,40\pm 0,75\text{g/l}$ . Les mêmes auteurs notent aussi une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de la concentration d'albumine ( $15,25\pm 0,48$  vs  $17,20\pm 0,80\text{g/l}$ ) chez le groupe exposé à 5 heures de chaleur par jour. Dans le même ordre d'idées, **HASAN** et **OMRAN**, (2017) mènent des poulets de chair de souche Ross 308 sous deux ambiances différentes, l'une neutre ( $21^\circ\text{C}$ ) et l'autre contraignante ( $33\pm 2^\circ\text{C}$ ) pendant 42 jours. Ils notent que les contraintes thermiques génèrent des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) des concentrations sériques de protéines totales ( $3,336\pm 0,08$  vs  $3,718\pm 0,09\text{g/dl}$ ), d'albumine ( $1,658\pm 0,02$  vs  $2,028\pm 0,07\text{g/dl}$ ) ainsi que de globulines ( $1,677\pm 0,06$  vs  $1,69\pm 0,06\text{g/dl}$ ) et ce, pour des prélèvements effectués à l'âge de 40 jours. À leurs tours, **KATARIA** et al., (2008) observent que les températures caniculaires ( $42$  à  $45^\circ\text{C}$ ) diminuent significativement ( $p < 0,05$ ) les concentrations sériques de protéines totales, d'albumine et de globulines chez des poulets de chair de sexe mâles comparés à ceux menés sous des températures neutres ( $24$  à  $27^\circ\text{C}$ ). Pour des prélèvements pratiqués entre la 8<sup>ème</sup> et la 9<sup>ème</sup> semaine d'âge, respectivement, les moyennes se situent à  $32,0\pm 2,0$  vs  $45,0\pm 2,0\text{g/l}$  ;  $18,0\pm 1,0$  vs  $22,0\pm 2,0\text{g/l}$  et à  $14,0\pm 2,0$  vs  $22,0\pm 2,0$  g/l. Cette dernière tendance de résultats converge avec celle de **GATTANI** et al., (2016) qui étudient les effets de la saison d'élevage (hivernale et estivale) chez des dindes et dindons. Ils observent une dépréciation significative ( $p < 0,05$ ) des concentrations sériques de protéines totales, d'albumine et de globulines sous hautes températures pour des prélèvements effectués à la 20<sup>ème</sup> semaine d'âge. Pour les mâles et les femelles, les moyennes s'établissent pour les protéines totales à  $3,42\pm 0,09$  vs  $4,12\pm 0,15\text{g/dl}$  et à  $4,25\pm 0,25$  vs  $5,45\pm 0,16\text{g/dl}$ , pour l'albumine à  $1,31\pm 0,04$  vs  $1,45\pm 0,03\text{g/dl}$  et à  $1,45\pm 0,04$  vs  $1,62\pm 0,04\text{g/dl}$  et pour les

globulines à  $2,10 \pm 0,08$  vs  $2,66 \pm 0,15$ g/dl et à  $2,79 \pm 0,25$  vs  $3,83 \pm 0,17$ g/dl. Par ailleurs, **SEVEN** et al., (2009) notent des diminutions de la concentration sérique de protéines totales et d'albumine sous contraintes thermiques chez des poulets de chair de souche Ross 308. Pour des prélèvements effectués au 41<sup>ème</sup> jour d'âge, respectivement pour les deux paramètres étudiés, les moyennes notées sont de  $28,4 \pm 1,50$  vs  $29,6 \pm 2,90$ g/l et de  $11,0 \pm 0,4$  vs  $12,0 \pm 0,5$ g/l. Il est utile de signaler que ces diminutions ne sont pas statistiquement significatives ( $p > 0,05$ ). Ces derniers résultats s'accordent avec les travaux de **SEDGH-GOOYA** et **TORKI** (2018) qui étudient les effets du stress thermique sur les concentrations sériques de protéines totales et d'albumine chez des poules pondeuses de souche Lohman LSL Lite. En effet, lesdits animaux sont menés à thermoneutralité (18 à 20°C) pendant 41 semaines, par la suite, une partie de l'effectif est soumise à un stress thermique cyclique sous une température moyenne de 31°C durant 5h par jour. Ces conditions stressantes s'accompagnent d'une diminution numérique des niveaux sériques de protéines totales (6,28 vs 6,44g/dl) ainsi que ceux d'albumine (28,58 vs 30,18g/dl) pour des prélèvements réalisés à la 46<sup>ème</sup> semaine d'âge. Dans une autre étude, la concentration sérique en albumine est étudiée par **MOHAMED** et al., (2012) sur trois souches de poulets à croissance rapide (Ross, Cobb et Hubbard) menées dans deux saisons d'élevage distinctes (hivernale et estivale). Il est constaté que la saison estivale, en tant que facteur de stress, induit une diminution significative ( $p < 0,05$ ) des niveaux d'albumine quelque soit la souche considérée. Pour les trois souches et par rapport aux conditions hivernales, les valeurs s'établissent à  $1,5763$  vs  $1,8150$ g/dl ;  $1,7508$  vs  $1,7750$ g/dl et à  $1,6542$  vs  $1,7625$ g/dl. Pour leurs parts, **ATTIA** et al., (2017) notent aussi que les conditions de stress thermique impactent négativement ( $p < 0,05$ ), les prélèvements effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, la concentration sérique de protéines totales ( $4,40 \pm 0,15$  vs  $5,30 \pm 0,25$ mg/dl) et celle de l'albumine ( $2,30 \pm 0,13$  vs  $3,25 \pm 0,15$ mg/dl). Par ailleurs, dans la même étude, le niveau de globulines reste inchangé sous stress et dont les moyennes rapportées sont de  $2,05 \pm 0,25$  vs  $2,10 \pm 0,27$ mg/dl respectivement pour le lot témoin et le lot traité. À leurs tours, **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) rapportent que l'exposition des poulets de chair mâles entre le 28<sup>ème</sup> et le 49<sup>ème</sup> jour d'âge à des conditions de stress thermique ne modifie pas les taux sériques de protéines totales, d'albumine et de globulines par rapport à la thermoneutralité. Ils notent des valeurs quasi similaires de ces indicateurs et qui s'établissent à  $5,75$  vs  $5,67$ g/dl ;  $3,59$  vs  $3,54$ g/dl et à  $2,16$  vs  $2,14$ g/dl respectivement pour les trois paramètres mesurés et pour le lot témoin et le lot expérimental. Par ailleurs, **HOSSEINI-MANSOUB** et al., (2010) notent que la concentration sérique en protéines totales est significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée

chez des poulets de chair de souche Ross 308 soumis à un stress thermique. Au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, la moyenne notée est de 2,90g/dl, alors que, chez le lot témoin soumis à thermoneutralité, la moyenne rapportée est de 2,10g/dl.

## II.5 Effet sur l'équilibre électrolytique

Chez les mammifères et les oiseaux, l'apport en sels minéraux se fait par l'alimentation et l'eau d'abreuvement, alors que, les pertes s'opèrent par la transpiration (évaporation respiratoire chez les oiseaux) et l'excrétion fécale et urinaire (chez les mammifères). Les principaux constituant ioniques sanguins (électrolytes) sont le sodium (Na), le potassium (K), le chlore (Cl), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et les bicarbonates (CO<sub>3</sub>). La quantification des niveaux sériques ou urinaires de ces ions pourrait servir, entre autre, à surveiller l'état d'hydratation de ces deux espèces. Dans la bibliographie spécialisée, il est principalement étudié les concentrations sériques de sodium, potassium et de chlore sous contraintes thermiques afin d'évaluer l'état de stress au sein des exploitations avicoles. À cet effet, **HUANG** et al., (2017) étudient les impacts du stress thermique cyclique par rapport à des températures neutres sur les concentrations sériques de sodium, potassium et de chlore chez des poulets de chair de souche Arbor Acres. Ils constatent que ces trois ions sont négativement impactés par les hautes températures. Les moyennes s'établissent à 143,66±0,64 vs 145,42±0,33mmol/l ; 12,89±0,67 vs 15,16±0,78mmol/l et à 103,16±0,92 vs 107,10±0,97mmol/l respectivement pour les trois ions. Dans la même étude, il est rapporté des niveaux de calcium quasi similaires dont les moyennes affichées sont de 0,59±0,01 vs 0,58±0,01mmol/l respectivement pour le lot témoin et le lot expérimental. Dans le même ordre d'idées, **BORGES** et al., (2004) mettent en relief l'impact du stress thermique cyclique sur la concentration sérique de certains ions chez des poulets de chair de souche Cobb 500. Le groupe témoin de cette étude est conduit sous une température moyenne de 24°C, pour sa part, le groupe expérimental est exposé à des températures ascendantes de 32°C pendant 30 minutes, 36°C pendant 30 minutes, 37°C pendant 15 minutes et 41°C pendant 15 minutes. Ces auteurs constatent que lorsque les prélèvements sont effectués au 44<sup>ème</sup> jour d'âge, le stress cyclique induit des diminutions significatives (p<0,05) des concentrations sériques de sodium, potassium, chlore ainsi que celui des bicarbonates. Les valeurs rapportées s'établissent à 143,5 vs 145,5mmol/l ; 5,58 vs 6,03mmol/l ; 117,8 vs 120,3mmol/l et à 18,0 vs 21,0mmol/l respectivement. Il en est de même pour **MOHAMED** et al., (2012), dont l'étude

révèle que lorsque des élevages sont menés en saison estivale, il est noté des diminutions significatives ( $p < 0,05$ ) des concentrations sériques de sodium, potassium, calcium et de phosphore par rapport aux élevages menés en saison hivernale et ce, chez trois souches de poulets de chair à croissance rapide (Ross, Cobb et Hubbard). Les valeurs s'établissent respectivement pour lesdites souches pour le sodium à 122,046 vs 134,108mg/dl ; 132,318 vs 137,121mg/dl et à 115,524 vs 135,008mg/dl, pour le potassium à 3,3979 vs 3,9950mg/dl ; 3,6571 vs 4,0054mg/dl et à 3,8746 vs 4,0200mg/dl, pour le calcium à 9,2625 vs 9,3258mg/dl ; 7,9333 vs 9,7667mg/dl et à 9,1771 vs 9,7196mg/dl et enfin pour le phosphore à 5,8842 vs 8,5246mg/dl ; 5,9000 vs 8,2204mg/dl et à 6,1083 vs 8,0975mg/dl. De leurs côtés, **BORGES** et al., (1999) étudient les effets du stress thermique cyclique en phase de finition sur les niveaux sériques de potassium chez des poulets de chair de souche Ross 308. Lesdits poulets sont élevés sous des ambiances neutres (24 à 26°C et 63,5±5% d'humidité) pendant 42 jours, par la suite, le lot expérimental subit des chocs thermiques à répétition de 34°C pendant 2h et de 36°C pendant 4h jusqu'au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans ces conditions, le stress thermique diminue significativement ( $p < 0,05$ ) les concentrations de potassium dont les valeurs moyennes sont de 3,12 vs 4,48mmol/l. La diminution significative du potassium sous contraintes thermiques est observée aussi chez des cailles japonaises « *Coturnix coturnix japonica* » dans l'étude menée par **KHURSHAD** et **ASIM**, (2013). En effet, le groupe témoin de cette expérience est conduit à thermoneutralité sous 25°C et 46 à 60% d'humidité et le groupe expérimental est élevé sous 34°C et 46 à 60% d'humidité et ce, du 7<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Pour des prélèvements effectués au 21<sup>ème</sup>, 22<sup>ème</sup>, 23<sup>ème</sup>, 24<sup>ème</sup>, 29<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 31<sup>ème</sup>, les moyennes notées sont de 5,10±0,025 vs 5,16±0,025meq/l ; 4,90±0,012 vs 5,15±0,018meq/l ; 4,76±0,017 vs 5,13±0,019meq/l ; 4,73±0,017 vs 5,10±0,018meq/l ; 4,50±0,015 vs 5,11±0,013meq/l ; 4,49±0,019 vs 5,11±0,022meq/l et de 4,45±0,01 vs 5,10±0,01meq/l. Les mêmes auteurs observent la même tendance pour les concentrations sériques de bicarbonates. Pour leurs parts, **KATARIA** et al., (2008) notent que par rapport à la thermoneutralité (24 à 27°C), les températures caniculaires de 42 à 45°C augmentent significativement ( $p < 0,05$ ), à l'âge de 8 à 9 semaines, la concentration sérique de sodium (149,9±3,2 vs 134,4±4,5mmol/l) et de chlore (120,6±4,2 vs 105,6±5,3mmol/l). En revanche, les concentrations de potassium, de calcium, de phosphore et de magnésium diminuent significativement ( $p < 0,05$ ). Les dosages révèlent des moyennes qui s'établissent à 5,1±0,3 vs 6,1±0,25mmol/l ; 1,77±0,12 vs 2,33±0,09mmol/l ; 1,25±0,09 vs 1,51±0,09mmol/l et à 0,53±0,04 vs 0,82±0,08mmol/l respectivement pour les ions étudiés. D'un autre côté, **SEVEN** et al., (2009) observent pour

leurs parts que les conditions de stress thermique de 34°C en moyenne perturbent l'équilibre électrolytique chez des poulets de chair de souche Ross 308 par rapport à ceux menés à thermoneutralité (21°C) quoique l'effet n'est pas statistiquement significatif ( $p > 0,05$ ). Ces mêmes auteurs constatent, pour des prélèvements effectués au 41<sup>ème</sup> jour d'âge, que la chaleur abaisse les concentrations sériques de potassium ( $4,88 \pm 0,34$  vs  $6,66 \pm 7,03$  mmol/l), de sodium ( $146,20 \pm 2,25$  vs  $148,33 \pm 3,48$  mmol/l) ainsi que ceux du chlore ( $111,56 \pm 1,87$  vs  $114,66 \pm 3,17$  mmol/l).

### III. Effet des hautes températures sur les paramètres hormonaux

#### III.1 Effet sur les hormones thyroïdiennes

Selon **MACK** et al., (2013), la régulation thermique des oiseaux ainsi que leurs activités métaboliques seraient contrôlées en grande partie par des hormones thyroïdiennes dont la triiodothyronine (T3) et la thyroxine (T4). La concentration sérique de ces dernières serait perturbée sous contraintes thermiques. **GILOH** et al., (2012) rajoutent qu'une augmentation de la température ambiante au-delà de celle du confort chez le poulet de chair induit une diminution de la production de chaleur et des changements dans les taux circulants des hormones thyroïdiennes.

Les perturbations du profil hormonal thyroïdien sont rapportées dans plusieurs études. À cet effet, **FLEES** et al., (2017) réceptionnent des poulets de chair de souche Cobb 500, les conduisent à thermoneutralité pendant 21 jours où la température moyenne de réception est de 32°C et elle est diminuée pour se situer autour de 24°C et l'hygrométrie relative est maintenue à un niveau moyen de  $55 \pm 5\%$  et ce, jusqu'à l'âge de 3 semaines. Par la suite, une partie de l'effectif est exposé à une température moyenne de 35°C durant 2h/j pendant 3 semaines. Dans ces conditions, il est noté que le stress thermique cyclique induit une diminution hautement significative ( $p < 0,0001$ ) des concentrations sériques de la T3 ( $0,88 \pm 0,07$  vs  $1,65 \pm 0,2$  ng/ml) ainsi qu'une diminution très significative ( $p = 0,003$ ) des niveaux de la T4 ( $9,73 \pm 0,8$  vs  $14,6 \pm 2$  ng/ml). Dans le même ordre d'idées, **CHERAGHI** et al., (2013) constatent qu'un stress thermique cyclique de  $34,5 \pm 1$ °C pendant 4h par jour s'accompagne d'une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de la T3 et de la T4 comparativement à des poulets de chair menés sous des conditions neutres. En effet, ces conditions sont appliquées à partir de la première semaine d'âge et se poursuivent jusqu'au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les moyennes rapportées pour la T3 s'établissent à  $1,75$  vs  $4$  pg/ml ;  $1,8$  vs  $2,5$  pg/ml et à  $1,1$  vs  $2,25$  pg/ml et pour la T4,

les valeurs se situent à 2 vs 4,1pg/ml ; 1,7 vs 3,52pg/ml et à 0,7 vs 2,4pg/ml respectivement pour des prélèvements pratiqués au 21<sup>ème</sup>, 35<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans une autre étude, **WILLEMSSEN** et al., (2011) conduisent des poulets de chair de souche Ross et de sexe mâle pendant deux semaines sous une température de 34°C au premier jour d'âge puis elle est diminuée de 0,5°C quotidiennement pour atteindre les 25,5°C à l'âge de 2 semaines. Par la suite, pendant 4 semaines, une partie de l'effectif est exposée à une température moyenne de 32°C. Dans cette étude, il est noté que les hautes températures induisent des diminutions hautement significatives des taux circulants de T3 et de T4 et ce, pour des prélèvements effectués à l'âge de 04 et 06 semaines. Les valeurs s'établissent à 0,87 vs 1,34ng/ml ( $p<0,0001$ ) et à 2,96 vs 4,34ng/ml ( $p<0,0007$ ) à la 4<sup>ème</sup> semaine d'âge et à 0,66 vs 1,04ng/ml ( $p<0,0001$ ) et à 2,02 vs 5,01ng/ml ( $p<0,0001$ ) à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge. Ces derniers résultats s'accordent avec les travaux de **SOHAIL** et al., (2010) qui observent de leurs côtés une diminution significative ( $p<0,05$ ) des concentrations sériques des hormones T3 et T4 en exposant des poulets de chair de souche Hubbard à de hautes températures. Au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les valeurs s'établissent à 1,31±0,51 vs 3,12±0,24ng/ml et à 2,30±0,21 vs 3,30±0,26µg/dl respectivement pour les deux hormones. Ces derniers résultats confortent ceux de **YAHAV** et **MAC MURTRY**, (2001) et **REZAEI** et **HAJATI**, (2010), qui relèvent que l'exposition des poulets à de hautes températures entraîne une diminution significative de la concentration des hormones thyroïdiennes. Pour leurs parts, **ALJUBORI** et al., (2017) mesurent les effets des hautes températures sur les concentrations sériques des hormones thyroïdiennes (T3 et T4) chez des poulets de chair de souche Cobb 500 et de sexe mâle. Les poulets sont maintenus à thermoneutralité pendant 21 jours où la température moyenne passe de 32±1 à 24±1°C. Par la suite, un lot est exposé à une température de 36±1°C et une humidité de 65 à 75% alors que, le deuxième lot est maintenu à thermoneutralité (23±1°C et 70 à 80% d'humidité). Au 35<sup>ème</sup> jour d'âge, les prélèvements sanguins révèlent que la chaleur induit une diminution significative ( $p=0,03$ ) de la T3 (2,49±0,11 vs 2,90±0,14nmol/l) et une diminution non significative ( $p=0,06$ ) de la T4 (17,00±0,52 vs 19,10±0,95nmol/l). À son tour, **ATTOU**, (2014) constate qu'en menant des poulets de chair de souche Hubbard sous une température caniculaire de 37±2°C, une diminution significative des niveaux de T3 est enregistrée dès le 18<sup>ème</sup> jour d'âge. Ces baisses varient selon l'âge et atteignent -50, -27 et -71% respectivement pour les prélèvements effectués le 25<sup>ème</sup>, 32<sup>ème</sup> et 40<sup>ème</sup> jour d'âge comparativement au groupe témoin mené sous une température moyenne de 25±2°C. Par ailleurs, au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, le niveau de T3 augmente significativement pour rejoindre celui

du lot témoin. Le même auteur rajoute que l'effet dépressif de la chaleur sur la T4 est moins prononcé, la baisse s'établit à -39% à J25 puis commence à s'estomper pour atteindre les -16,42% à J50. Dans d'autres expériences, certains auteurs se sont limités à étudier l'effet de la chaleur sur les concentrations sanguines de la T3. À cet effet, **SUGITO** et al., (2007) rapportent que les niveaux sériques de la T3 diminuent significativement après une soumission de 5 jours post natale à de hautes températures. Les valeurs moyennes rapportées s'établissent à 1,04 vs 1,53ng/ml comparativement aux poulets menés à thermoneutralité. De façon similaire, **MELESSE** et al., (2011) constatent aussi que les conditions de stress thermique (30 à 32°C) engendrent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) des taux circulants de la T3, chez des poules pondeuses, comparativement à celles menés sous des températures neutres (18 à 20°C). Les prélèvements sont effectués sur trois souches de pondeuses, à savoir, la Lohmann White, la Lohmann Brown et la New Hampshire. Pour des dosages pratiqués à la 22<sup>ème</sup>, 43<sup>ème</sup> et 54<sup>ème</sup> semaine d'âge, les moyennes s'établissent à 4,33±0,66 vs 5,48±0,93nmol/l ; 2,63±0,71 vs 6,62±1,01nmol/l et à 2,55±0,58 vs 5,53±0,67nmol/l pour la souche Lohmann White. Pour la souche Lohmann Brown, les valeurs rapportées sont de 4,73±1,01 vs 6,45±1,59nmol/l ; 2,83±1,04 vs 6,33±0,46nmol/l et de 2,52±0,72 vs 4,63±0,54nmol/l. Pour la New Hampshire, il est noté des concentrations sériques de T3 de 4,60±1,10 vs 5,93±1,39nmol/l ; 2,87±0,30 vs 7,07±0,42nmol/l et de 2,68±0,55 vs 5,50±0,34nmol/l. Dans cette même étude, les niveaux sanguins de T3 sont étudiés sur deux autres souches sélectionnées de Lohmann White, l'une naine et l'autre pour une meilleure efficacité alimentaire, la tendance est identique (diminution de la T3 sous stress thermique). Toutefois, cette diminution est non significative ( $p > 0,05$ ) pour le premier prélèvement, alors que, la diminution devient statistiquement significative ( $p < 0,05$ ) pour les deux derniers prélèvements. **LIN** et al., (2004) constatent que l'exposition des poulets de chair à un stress thermique pendant les deux premières phases de production, de la réception au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, s'accompagne d'une diminution significative de la T3 sanguine et qui est simultanée à une augmentation de la T4. Pour sa part, **YAHAV** (2000) teste l'effet de la combinaison de deux ambiances différentes (28 et 30°C) et (40 et 75% d'humidité) sur les performances de croissance et sur le niveau de T3 chez des poulets mâles âgés de 4 à 8 semaines. Il observe que quelque soit le taux d'humidité, la concentration plasmatique en T3 n'est pas modifiée sous les températures testées. Par ailleurs, le même auteur note que le niveau de T3 est corrélé positivement à la consommation alimentaire, il s'établit respectivement à 0,71 et 0,84 sous des températures moyennes de 30 et de 28°C. Contrairement à la chaleur, **LUGER** et al.,

(2001) observent de leurs côtés que les poulets de chair soumis à des températures froides (15°C) révèlent des taux de T3 élevés comparativement à ceux menés sous des températures neutres (22°C). Cette constatation est valable quelque soit l'âge de prélèvement où les moyennes affichent 1,64 vs 1,06ng/ml à la 2<sup>ème</sup> semaine et 1,40 vs 0,84ng/ml à la 7<sup>ème</sup> semaine. En revanche, l'effet est contraire pour la T4 qui diminue avec des valeurs de 5,02 vs 10,9ng/ml et 5,70 vs 7,67ng/ml respectivement pour les mêmes âges de prélèvements. Dans le même ordre d'idées, **BLAHOVA** et al., (2007) constatent une augmentation de la T3, chez les deux sexes, sous des températures froides comprises entre 4 et 13°C comparativement à la thermoneutralité (21 à 24°C) chez des poulets de souche Ross 308. Les niveaux s'établissent à 2,59 vs 0,98ng/ml chez les mâles et à 1,84 vs 1,03ng/ml chez les femelles lorsque les prélèvements sont effectués à l'âge de 42 jours.

L'impact des niveaux énergétiques de l'aliment sur la concentration plasmatique de la T3 et de la T4 fait l'objet d'études en conditions chaudes. À cet effet, **MORAVEJ** et al., (2006) l'étudient sur des poulets de chair de sexe mâle. Ils constatent que durant les trois phases d'élevage, le niveau de T3 présente des valeurs supérieures en utilisant un aliment hypo-énergétique (2800 Kcal EM/Kg). Par ailleurs, un effet inverse sur la concentration en T4 est noté. Les mêmes auteurs rajoutent que quelque soit le niveau énergétique de l'aliment (2800 ou 3200 Kcal EM/Kg), la T3 tend à baisser chez les poulets recevant des aliments riches en protéines. Dans une autre expérience menée sur des poules pondeuses âgées de 14 et 36 semaines (poulettes et poules pondeuses), **WILLIAM** et **NJOYA**,(1998) relatent que la concentration de T3 demeure élevée en utilisant des aliments moins énergétiques. La même tendance est observée chez les poulettes comparativement aux poules pondeuses.

### III.2 Effet sur les hormones surrénales

Lorsque les conditions d'ambiance, à leurs têtes la chaleur et l'humidité, ne sont pas respectées, ceci devient un agent stressant en production de poulet de chair. Cette situation conduit à une stimulation nerveuse qui atteint l'hypothalamus induisant ainsi l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA) selon **LARA** et **ROSTANGO**, (2013) et **MARCHINI** et al., (2016). À cet effet, plusieurs études relativement récentes rapportent que l'activation de cet axe s'accompagne toujours d'une augmentation du taux circulant de corticostérone, elle-même dépendante de la production d'adénocorticotrophine (ACTH), de cortisol, ainsi que d'aldostérone, ce qui induit de nombreux effets sur le métabolisme



principalement (**XIE** et al., 2017 et **SHIPLEY** et al., 2019). L'augmentation de la corticostéronémie sous stress thermique est rapportée dans plusieurs études récentes. En effet, **RAFAT KHAFAR** et al., (2019) observent et de façon significative ( $p < 0,05$ ) cette évolution en exposant des poulets de chair de sexe mâle et de souche Ross 308 à des hautes températures par rapport à ceux menés sous des températures neutres. Les valeurs s'établissent à  $2,53 \pm 0,12$  vs  $1,48 \pm 0,15$  nmol/l pour des prélèvements pratiqués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans le même ordre d'idées, **MIRZAIE** et al., (2018) notent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de la corticostéronémie chez des poulets de chair de souche Cobb 500 soumis à des conditions de stress thermique cyclique pendant 45 jours à partir de la réception. Lorsque les prélèvements sont effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes rapportées sont de  $27,44$  vs  $26,77$  nmol/l. Pour leurs parts, **NELSON** et al., (2018) conduisent des poulets de chair de sexe mâle et de souche Cobb 500 dans des conditions neutres ( $23^{\circ}\text{C}$ ), par la suite, une partie de l'effectif est soumise à un stress thermique pendant 12 heures ( $32^{\circ}\text{C}$  de 8h00 à 20h00) et ce, au 18<sup>ème</sup> et au 40<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils opèrent trois répétitions puis pratiquent des prélèvements au 19<sup>ème</sup> et au 41<sup>ème</sup> jour d'âge. Ils observent systématiquement des augmentations significatives ( $p < 0,05$ ) de la corticostéronémie pour le premier prélèvement dont les moyennes s'établissent à  $690,9$  vs  $194,3$  pg/ml ;  $1726,6$  vs  $1042,9$  pg/ml et à  $973,0$  vs  $580,5$  pg/ml respectivement pour les trois répétitions. En revanche, au deuxième prélèvement, l'effet significatif n'est pas noté, il est observé une légère augmentation numérique ( $p > 0,05$ ) des concentrations de corticostérone dont les valeurs se situent à  $252,0$  vs  $233,7$  pg/ml ;  $5385,8$  vs  $5449,9$  pg/ml et à  $1625,0$  vs  $1648,7$  pg/ml respectivement pour les trois répétitions et pour le lot expérimental et le lot témoin. Dans une autre étude, **OSTI** et al., (2017) travaillent sur la souche Cobb 500, menée en saison estivale (Juillet - Août) et hivernale (Janvier - Février) où les températures respectives moyennes affichent  $37$  et  $22^{\circ}\text{C}$ . Ils notent que les niveaux sériques de corticostérone augmentent très significativement sous contraintes thermiques dont les valeurs s'établissent à  $3,61 \pm 0,93$  vs  $3,17 \pm 0,31$  ng/ml ( $p = 0,006$ ). Dans le même ordre d'idées, **SOHAIL** et al., (2012) rapportent que chez des poulets de souche Ross 708 soumis à deux ambiances différentes, à thermoneutralité ( $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) et sous stress thermique continue ( $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ), le niveau de corticostérone augmente significativement ( $p < 0,05$ ) chez les poulets stressés lorsqu'il est mesuré au 21<sup>ème</sup> et au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les valeurs s'établissent à  $877,4 \pm 185,70$  vs  $97,7 \pm 22,56$  pg/ml à J21 et à  $278 \pm 87,48$  vs  $51,8 \pm 10,07$  pg/ml à J42. L'étude de **QUINTEIRO-FILHO** et al., (2010) consiste à mener des poulets de chair pendant 42 jours sous une ambiance neutre de  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  en moyenne. Simultanément, deux groupes sont

constitués et exposés à de hautes températures ( $31\pm 1$ ) et ( $36\pm 1^\circ\text{C}$ ) et ce, 10 heures par jour, soit de 8h à 18h. Dans ces conditions, il est constaté que l'excès de chaleur s'accompagne d'une hyper corticostéronémie très significative ( $p < 0,01$ ) dont les valeurs s'établissent respectivement à 109,60 vs 92,69 vs 46,09ng/ml. Les mêmes auteurs rajoutent que les niveaux de corticostérone obtenus chez les groupes exposés sont statistiquement égaux. En menant des poules pondeuses dans des conditions de stress thermique, **SHINI** et al., (2008) et (2009) observent à leurs tours une augmentation de la corticostéronémie. Selon les mêmes auteurs, cette situation serait une réponse au stress subit par les poules et se traduit aussi par une diminution du gain de poids ainsi que de la production d'œufs. Pour leurs parts, **EL-LETHEY** et al., (2003) observent dans leurs travaux qu'une exposition cyclique des poulets chair à la chaleur induit aussi une augmentation, toutefois non significative, des taux sanguins de corticostérone.

Le cortisol est lui aussi affecté par les hautes températures. Il est rapporté que lesdites conditions génèrent une augmentation du niveau de cette hormone chez les espèces aviaires en générale et chez le poulet de chair en particulier. En effet, **XU** et al., (2018) mènent deux souches de poulets de chair différentes, à croissance rapide et lente, sous stress thermique cyclique ( $34\pm 1^\circ\text{C}$  de 9h à 18h et  $26\pm 1^\circ\text{C}$  de 18h à 9h) et à thermoneutralité ( $26\pm 1^\circ\text{C}$ ). Ils constatent que quelque soit la souche considérée, le taux circulant de cortisol, mesuré au 35<sup>ème</sup>, 42<sup>ème</sup> et 49<sup>ème</sup> jour d'âge, augmente très significativement ( $p < 0,01$ ) sous stress thermique. Les mêmes auteurs rajoutent que cet effet est plus marqué chez la souche à croissance lente par rapport à celle rapide. Dans cette même étude, le niveau de corticostérone est lui aussi étudié, il est constaté que celui-ci suit la même évolution que celle du cortisol. En effet, sous stress thermique, les niveaux de corticostérone chez les poulets à croissance rapide sont très significativement ( $P < 0,01$ ) plus élevés par rapport aux poulets à croissance lente au premier et au deuxième prélèvement. En revanche, au 49<sup>ème</sup> jour d'âge, les niveaux de corticostérone sont significativement ( $P < 0,01$ ) inférieurs chez les poulets à croissance rapide comparativement à ceux à croissance lente. Dans le même ordre d'idées, **SHI** et al., (2019) mènent des poulets de chair de sexe femelle dont le groupe témoin est élevé sous des températures neutres (24 à  $26^\circ\text{C}$ ), alors que, le groupe expérimental est soumis à des températures variant de 34 à  $38^\circ\text{C}$ . Pour des prélèvements effectués aux âges de 1, 3, 7, 14, et 28 jours, la concentration sérique de cortisol est systématiquement élevée chez le lot expérimental. Cette augmentation est très significative ( $p < 0,01$ ) au premier prélèvement ( $16,53\pm 2,57$  vs  $12,66\pm 0,96$ ), non significative ( $p > 0,05$ ) au deuxième ( $15,60\pm 1,15$  vs

14,22±1,89) et significative ( $p<0,05$ ) pour le reste des prélèvements dont les valeurs notées sont respectivement de 17,24±0,84 vs 15,05±1,60 ; 18,37±3,34 vs 13,90±2,37 et de 15,84±2,93 vs 11,63±2,02. Il en est de même pour **SOHAIL** et al., (2010), qui observent une augmentation significative ( $p<0,05$ ) du taux de cortisol sanguin associée à une augmentation de la chaleur. En effet, ils travaillent sur des poulets de chair de souche Hubbard sous des conditions neutres (26,7°C) puis diminue de 2,8°C par semaine pendant 03 semaines. Par la suite, une partie de l'effectif est soumise à un stress thermique cyclique (35±1°C) durant 8h par jour, du 22<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Les moyennes rapportées s'établissent à 1,91±0,09 vs 1,04±0,07ng/ml.

L'aldostéronémie pour sa part montre aussi des augmentations sous contraintes thermiques tel que rapportée dans l'étude de **KATARIA** et al., (2008). En effet, en menant des poulets de chair sous trois ambiances différentes, à savoir, la froide (13 à 16°C), la modérée (24 à 27°C) et la caniculaire (42 à 45°C), l'aldostéronémie montre une augmentation significative ( $p<0,05$ ) sous hautes températures, particulièrement spectaculaire sous celles caniculaires lorsque les prélèvements se font à l'âge de 8 à 9 semaines. Les valeurs notées s'établissent à 99,8±8,1 vs 59,1±4,3 vs 44,2±5,0pg/ml.

## Conclusion

L'état de l'art dans ce deuxième chapitre rapporte les incidences des hautes températures sur des paramètres sanguins (hématologiques, biochimiques et hormonaux). À cet effet, plusieurs études rapportent des perturbations de ces profils, à différents âges de prélèvement et à des expositions continues ou cycliques à la chaleur. Ces paramètres pourraient même constituer des outils de suivis de l'état de stress en aviculture en générale et en élevage de poulet de chair en particulier.

À partir des résultats théoriques passés en revue dans la bibliographie, le travail entrepris consiste à reproduire ces situations stressantes, largement rencontrées en Algérie, sur les performances de croissance, le rendement et la qualité nutritionnelle de la carcasse ainsi que sur des paramètres sanguins. À cet effet, l'approche méthodologique, les résultats obtenus et leurs discussions seront développés dans la suite du travail.

## **Chapitre I**

### **Matériel et méthodes**

#### **I. Objectifs de l'étude**

Ce travail expérimental se propose de mettre en relief le niveau d'influence des conditions d'ambiance contraignantes (stress thermique chronique) sur des poulets de chair menés en saison estivale sur, d'un côté, des paramètres technico-économiques qui concernent la production (consommation alimentaire, poids vif, gain de poids vif, indice de consommation et taux de mortalité) ainsi que le rendement en carcasse (commerciale, muscles pectoraux, cuisses et pilons et part de gras abdominal). D'un autre côté, l'incidence des hautes températures sera également mesurée sur la qualité nutritionnelle de la carcasse (matière sèche et minérale, protéines brutes et matière grasse) et sur des paramètres sanguins hématologiques (Numération de la Formule sanguine), biochimiques (glycémie, bilan lipidique, protéines métaboliques, indicateurs hépatiques et rénaux et ionogramme) et hormonaux (hormones thyroïdiennes et surrénales).

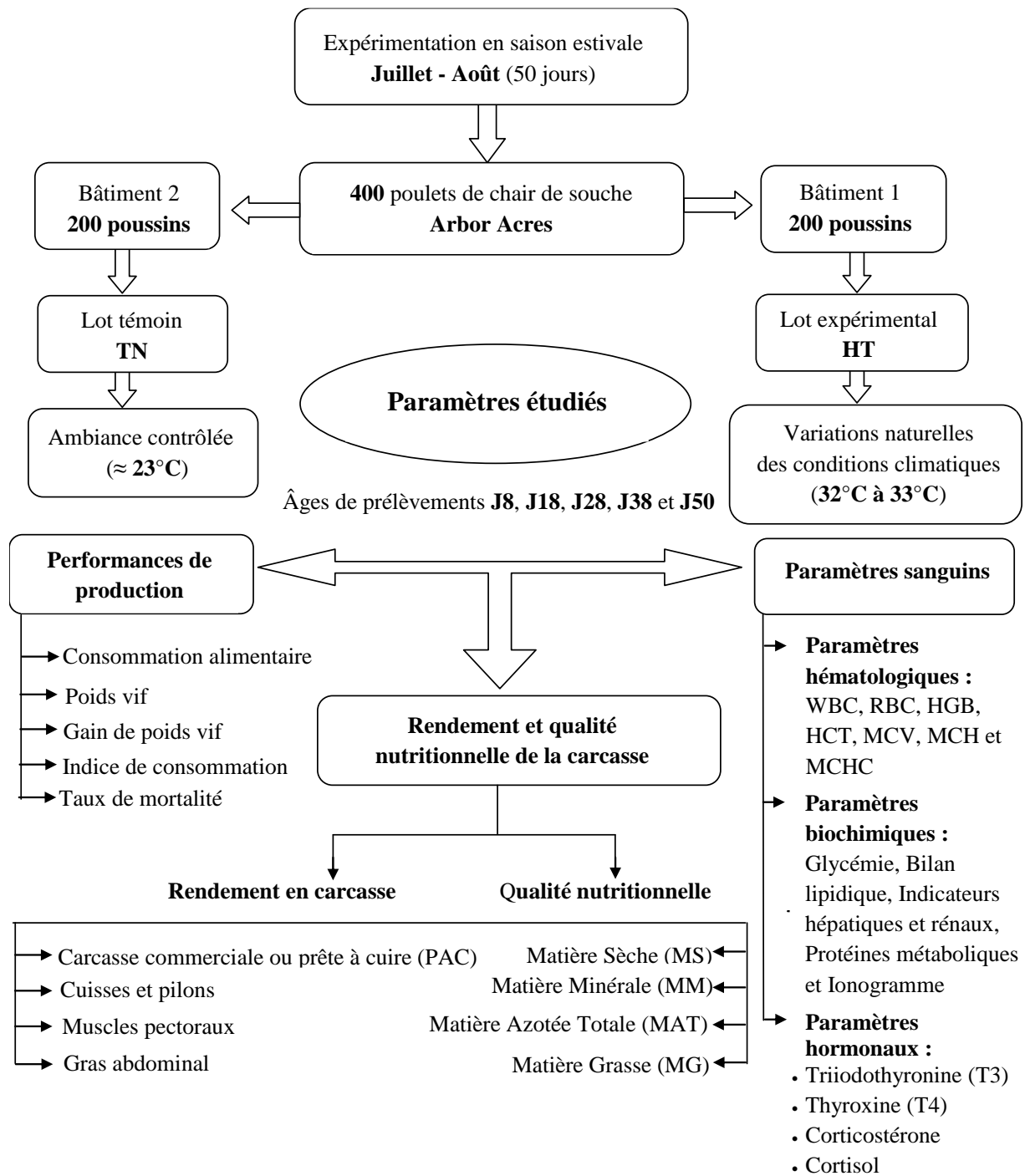
#### **II. Matériel et méthodes**

##### **II.1 Approche expérimentale**

Ce travail expérimental consiste à mener 400 poulets de chair de souche Arbor Acres, non sexés, réceptionnés à l'âge d'un jour et provenant du couvoir de Rouiba (AVIGA) de la wilaya d'Alger. Lesdits poulets sont menés sous deux ambiances différentes, l'une neutre et l'autre contraignante. L'expérimentation se déroule durant la période estivale (Juillet - Août) dans 02 bâtiments distincts. Ces derniers sont de type semi obscur, d'une surface de 49,5m<sup>2</sup> et de 29,25m<sup>2</sup> respectivement. Ils sont dotés d'ouvertures latérales et munis d'extracteurs d'air. Les bâtiments sont répartis respectivement en dix et six box et permettent des densités moyennes de 10 sujets/m<sup>2</sup>. Le lot expérimental (lot HT) est conduit dans le premier bâtiment avec un effectif de 200 poulets soumis aux variations naturelles des conditions climatiques. Pour sa part, le lot témoin (lot TN) renfermant lui aussi 200 poulets est installé dans le deuxième bâtiment qui est doté d'un climatiseur et d'un nébulisateur afin de pouvoir manier températures et hygrométries relatives. Deux semaines avant la mise en place effective de l'expérimentation, un vide sanitaire est pratiqué. L'ensemble des installations (bâtiments et matériel d'élevage) est nettoyé et désinfecté. De la chaux est utilisée pour désinfecter murs,

parois et sol. Par la suite, une pulvérisation d'une solution de TH5 à 0,5% est pratiquée après paillage (10 cm d'épaisseur) des loges. 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. Il en est de même pour les radiants à gaz qui sont mis en marche afin de réchauffer les bâtiments. En outre, des feuilles de polystyrène sont disposées sous la source de chaleur, en forme de bac, pour permettre le maintien des poussins sous la source de chaleur afin d'assurer une température moyenne de 32°C le jour de la réception comme le recommande le guide d'élevage de la souche **ARBOR ACRES Plus**, (2014). Lors de la réception des poussins, ils sont laissés au calme pendant 15 minutes, ensuite, ils sont installés avec précaution tout en veillant à les maintenir sous la source de chaleur. Le nettoyage des bâtiments et du matériel d'élevage ainsi que le renouvellement du pédiluve sont effectués quotidiennement. Un programme prophylactique est suivi durant le déroulement de l'expérimentation et sur recommandations des services vétérinaires. Enfin, avant, pendant et après toutes opérations (pesée, vaccination, répartition en lot, prises sanguines...etc), de l'anti stress (Terramycine Anti S) est distribué. Durant le déroulement de l'expérimentation, un aliment standard de type commercial, fourni par l'unité ONAB de Baba Ali sise à la wilaya d'Alger est distribué aux poulets pour les trois phases d'élevage (démarrage, croissance et finition).

Les paramètres étudiés (performances de production, rendement et qualité de la carcasse et paramètres sanguins) font l'objet d'une cinétique de leurs évolutions. Les prélèvements sont réalisés aux 8<sup>ème</sup>, 18<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup>, 38<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jours d'âge. Il est utile de souligner que le sexage est pris en considération en fin de phase de croissance, plus précisément à partir de J38 et J50. La figure 1 résume la démarche méthodologique adoptée pour ce travail expérimental.



**Figure N°1 : Démarche méthodologique.**

## II.2 Méthodes

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

Tout au long de la période d'élevage, les prises de température et d'hygrométrie relative sont effectuées à l'aide de trois thermohygromètres électroniques enregistreur de type (KIMO KH-50), ces derniers sont placés à différents endroits du local, au milieu et aux deux extrémités des bâtiments. Le thermohygromètre relève les données de l'ambiance chaque demi-heure, celles-ci sont récupérées et dressées sous forme de matrice.

### II.2.2 Méthodes de mesures des performances de croissance

Les performances de croissance mesurées concernent la consommation alimentaire, le poids vifs, le gain de poids vif, l'indice de consommation ainsi que le taux de mortalité. Les mesures sont effectuées au cours des 3 phases d'élevage et à différents âges, à savoir, J8, J18, J28, J38 et J50.

#### II.2.2.1 Consommation alimentaire

La mesure de l'ingestion alimentaire est estimée par différence entre les quantités d'aliments distribuées et celles refusées. L'aliment est préalablement pesé puis distribué toujours dans le même ordre d'alignement à un rythme de 2 prises par jour (8h30 et 15h) pendant les phases de démarrage et de croissance. En phase de finition, l'aliment est distribué 3 fois par jour (8h30, 14h et 18h). Il est utile de souligner que le refus alimentaire est pesé 24h après distribution de l'aliment et toujours dans le même ordre d'alignement.

La consommation alimentaire est obtenue selon la formule suivante :

<b>Consommation alimentaire (g/s)</b>	=	$\frac{\text{Quantité d'aliment distribuée (g)} - \text{Quantité d'aliment refusée (g)}}{\text{Nombre d'animaux présents}}$
---------------------------------------	---	---

Enfin, une fois le calcul effectué, il doit être rapporté au nombre de jours de la phase d'élevage afin d'exprimer les résultats en g/s/p.

### II.2.2.2 Poids vif

Le poids vif des poulets de chair est mesuré à l'aide d'une balance analytique durant la phase de démarrage et la première moitié de la phase de croissance. Par la suite, soit durant la deuxième moitié de la phase de croissance ainsi que la phase de finition, la pesée individuelle des poulets est effectuée à l'aide d'une balance commerciale.

### II.2.2.3 Gain de poids vif

C'est un paramètre qui renseigne sur la vitesse de croissance des poulets. Il est obtenu par différence entre le poids initial et celui final selon l'effectif présent. La présente formule est utilisée pour calculer ce paramètre :

$$\text{Gain de poids vif (g/s)} = \frac{\text{Poids vif final (g)} - \text{Poids vif initial (g)}}{\text{Nombre d'animaux présents}}$$

De la même façon que la consommation alimentaire, les résultats obtenus sont rapportés au nombre de jours de la phase d'élevage pour pouvoir exprimer les résultats en g/s/p.

### II.2.2.4 Indice de consommation

L'indice de consommation est obtenu par le rapport entre la quantité d'aliment ingéré et le poids vif par poulet pour les différents âges de prélèvement ; il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{IC} = \frac{\text{Quantité d'aliment ingéré durant la phase (g)}}{\text{Poids vif des poulets durant la phase (g)}}$$

### II.2.2.5 Taux de mortalité

Les mortalités sont mentionnées quotidiennement et le taux de mortalité est calculé pour chaque âge tel que cité précédemment. La formule utilisée est la suivante :

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



### **II.2.3 Méthodes de mesures du rendement en carcasse**

Huit (8) poulets du lot TN et du lot HT sont prélevés sur la base d'un poids vif moyen représentatif. Les âges de prélèvement concernent le 8<sup>ème</sup>, 18<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup>, 38<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> et lors du sexage (J38 et J50), 4 mâles et 4 femelles sont prélevés. Les rendements en carcasse concernent les paramètres suivants :

- Carcasse commerciale ou prête à cuire (PAC) ;
- Muscles des cuisses et pilons ;
- Muscles pectoraux ;
- Gras abdominal.

#### **II.2.3.1 Prélèvement des échantillons de carcasse**

Les poulets prélevés sont sacrifiés et plumés, les pattes sont coupées à l'articulation du tibia et du métatarse et la tête est enlevée au niveau de la jonction boîte crânienne - première vertèbre cervicale à l'aide d'un couteau édenté. Par la suite, les carcasses sont ressuyées dans une chambre froide pendant 24h à une température de +4°C. Suite à ces opérations, les carcasses sont disposées en position dorsale, une incision est pratiquée sur la peau de l'abdomen en partant du cloaque tout en suivant les os du bassin jusqu'à la cuisse. Une fois l'abdomen ouvert, le gras abdominal est retiré à l'aide d'une lame bistouri, le contenu digestif est lui aussi retiré en détachant le jabot de la cage thoracique. La carcasse ainsi obtenue est débarrassée des organes internes (cœur, poumons, gonades, reins et bourse de Fabricius). À ce stade, le cou est coupé au niveau des épaules en laissant la moitié de la peau avec la carcasse. Une pesée est effectuée et représente le poids de la carcasse éviscérée ou PAC (prête à cuire). Dans un deuxième temps, la carcasse éviscérée est à son tour disposée en position dorsale et les membres postérieurs sont écartés jusqu'à désarticulation du bassin. Ceci permet de délimiter la peau autour des muscles de la cuisse et d'isoler les membres inférieures de la carcasse. La paire de cuisse ainsi obtenue est elle aussi pesée. En dernier, la peau et la graisse qui recouvrent les muscles pectoraux sont retirées. Une incision est pratiquée sur toute la longueur des 2 clavicules ainsi que sur le sternum. À l'aide d'une lame bistouri, les 2 muscles pectoraux sont prélevés de la cage thoracique tout en veillant à enlever le maximum de chair, et sont ainsi pesés.

### II.2.3.2 Mesure des rendements en carcasse et en muscles

Afin d'effectuer ces mesures, une balance analytique et commerciale sont utilisées pour pratiquer les différentes pesées. La carcasse éviscérée ou (PAC) est pesée, par la suite, les muscles pectoraux ainsi que ceux de la cuisse et du pilon sont pesés à leurs tours. Le rendement appelé aussi poids relatif exprime le poids d'une découpe par rapport au poids vif. Il est obtenu selon la formule suivante :

$$\text{Rendementen découpes (\%)} = \frac{\text{Poids de la découpe (g)}}{\text{Poids vif du poulet (g)}} \times 100$$

### II.2.4 Méthodes de mesures des paramètres nutritionnels de la carcasse

La détermination des constituants nutritionnels de la carcasse est pratiquée sur ces principaux muscles (muscles pectoraux et ceux des cuisses et pilons). Elle concerne :

- Matière Sèche (MS) ;
- Matière Minérale (MM) ;
- Matière Azotée Totale (MAT) ;
- Matière Grasse (MG).

#### II.2.4.1 Prélèvement et préparation des échantillons

Les poulets prélevés pour la détermination du rendement en carcasse sont utilisés pour évaluer la qualité nutritionnelle. Une fois les muscles prélevés puis pesés, ils sont conservés dans un congélateur dans des sacs hermétiques identifiés et ce, jusqu'au jour des analyses. Avant le lancement effectif des analyses, un test préalable est réalisé sur une cuisse, un pilon et un muscle pectoral afin d'obtenir des échantillons secs. À cet effet, les muscles sont entaillés sur toutes leurs longueurs pour augmenter la surface d'évaporation de l'eau qu'ils renferment. Par la suite, les muscles sont placés sur un verre de montre tapissé de papier aluminium et préalablement pesé, puis placés dans une étuve à 70°C et ce, jusqu'à poids constant. La dessiccation totale des muscles est obtenue après 72h pour le muscle pectoral et après 96h pour celui de la cuisse et du pilon. Suite au séchage des échantillons, ils sont broyés dans un broyeur à lames pour obtenir des particules de 0,5 mm de diamètre. Il est utile de souligner que préalablement au broyage des cuisses et pilons, ils sont désossés puis concassés

à l'aide d'un mortier et d'un pilon, ensuite, ils sont passés au broyeur. Pour sa part, le matériel utilisé pour ces opérations est soigneusement nettoyés après le passage de chaque échantillon. Les broyats ainsi obtenu sont placés dans des flacons hermétiques identifiés, puis conservés à température ambiante, à l'abri de la lumière et dans un endroit sec jusqu'au jour des analyses.

#### II.2.4.2 Méthodes de mesure

La détermination des composants nutritionnels des muscles est pratiquée selon les recommandations **AFNOR**, (1985). Les mesures sont effectuées en triple et les résultats sont rapportés sous forme de moyennes et exprimé en % de MS.

##### a. Teneur en matière sèche (MS)

La matière sèche des échantillons de chair est obtenue après passage à l'étuve d'un échantillon de 5g de muscles pendant 24h à une température moyenne de  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Celle-ci est obtenue selon le rapport suivant :

$$\text{MS (\%)} = \frac{\text{P}_2 - \text{Cv}}{\text{P}_1 - \text{Cv}} \times 100$$

$\text{P}_1$  : Poids du creuset avant séchage (g) ;

$\text{P}_2$  : Poids du creuset après séchage (g) ;

$\text{Cv}$  : Poids du creuset vide (g).

##### b. Teneur en matière minérale (MM)

Le produit de la dessiccation est à son tour incinéré dans un four à moufle pendant 1h30 à  $200^{\circ}\text{C}$  et 2h30 à  $500^{\circ}\text{C}$  jusqu'à l'obtention de cendres blanches. La teneur en matière minérale des échantillons est calculée comme suit :

$$\text{MM (\%MS)} = \frac{\text{P}_3 - \text{Cv}}{\text{P}_2 - \text{Cv}} \times 100$$

$\text{P}_2$  : Poids du creuset après séchage (g) ;

$\text{P}_3$  : Poids du creuset après calcination (g) ;

$\text{Cv}$  : Poids du creuset vide (g).

**c. Teneur en matière azotée totale (MAT)**

La détermination de la teneur en azote (N) des échantillons est obtenue par la méthode Kjeldahl. Le produit est minéralisé par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. L'azote organique est transformé en azote ammoniacal. L'ammoniac est déplacé par la soude et est dosé après l'avoir reçu dans une solution d'acide borique. La teneur en azote de l'échantillon est ainsi calculée :

$$N (\%) = \frac{(V_1 - V_0) \times V \times 0,014}{PE} \times 100$$

$V_0$  : Volume d'acide versé pour le blanc

$V_1$  : Volume d'acide versé pour l'échantillon

$V$  : Volume d'acide sulfurique 0,1 N ajouté lors de la titration

PE : Prise d'essai en grammes

Pour sa part, le taux de matières azotées totales (MAT) est obtenu en multipliant la quantité d'azote par le coefficient 6,25 comme suit :

$$MAT (\%MS) = N \times 6,25$$

**d. Teneur en matières grasses (MG)**

Des colonnes d'extraction de SOXHLET sont utilisées pour l'extraction de la matière grasse. Les cartouches renfermant l'échantillon reçoivent un solvant organique (éther diéthylique) pendant deux heures en présence d'un activateur (sulfate de sodium anhydre). Une fois l'extraction terminée, les creusets sont passés à l'étuve à 85°C pendant 30 min pour éliminer l'excès de solvant. La teneur en matière grasse est alors obtenue comme suit :

$$MG (\%MS) = \frac{A}{B} \times 100$$

A : Quantité de matière grasse obtenue après extraction (g).

B : Poids de la prise d'essai (g).

## **II.2.5 Méthodes de mesures des paramètres sanguins**

Les prélèvements de sang analysés sont issus des poulets ayant fait l'objet de mesure du rendement en carcasse ainsi que sa qualité nutritionnelle aux âges cités plus haut. Il est utile de signaler que les poulets sont mis à jeun 12h avant le prélèvement de sang. Une fois que les 8 poulets sont prélevés, au moment de la saignée, le sang est ponctionné au niveau de la veine jugulaire dans des tubes de types EDTA et héparinés préalablement identifiés. Les tubes EDTA sont utilisés pour la détermination des paramètres hématologiques et de la glycémie, pour le reste des paramètres (biochimiques et hormonaux), des tubes héparinés sont utilisés pour collecter le sang. Une fois le prélèvement accompli, les échantillons sont immédiatement centrifugés à une vitesse de 3000 tours/minute pendant 15 minutes. Le plasma ainsi obtenu est collecté à l'aide de micropipettes munies d'embouts à usage unique puis placé à son tour dans des tubes de types eppendorfs et conservé dans un congélateur à -20°C à des fins d'analyses.

### **II.2.5.1 Méthodes de mesures des paramètres hématologiques**

La détermination des paramètres hématologiques est effectuée sur sang frais par la méthode colorimétrique et basée sur le comptage des globules **TIETZ**, (1995). Ceci est réalisé en disposant d'un automate d'hématologie de type ADVIA 560 et les mesures s'effectuent à une longueur d'ondes de 546nm. Les composés mesurés concernent :

- Nombre de globules blancs (WBC) ;
- Nombre de globules rouges (RBC) ;
- Hémoglobine (HGB) ;
- Hématocrite (HCT) ;
- Volume globulaire moyen (MCV) ;
- Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCH) ;
- Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCHC).

### **II.2.5.2 Méthodes de mesures des paramètres biochimiques**

Les différents paramètres biochimiques mesurés sont réalisés à l'aide d'un spectrophotomètre de type Biotechnica instrument / BT 3000. Les kits de réactifs utilisés sont de type SPINREACT et la lecture des résultats se fait à différentes longueurs d'ondes. Les

paramètres mesurés ainsi que les méthodes adoptées sont regroupées dans le tableau 1

**Tableau N°1:** Paramètres biochimiques mesurés durant l'expérimentation.

Composés	Méthodes	Longueurs d'ondes	Références
Glucose (g/l)	Enzymatique GOD-PAP	505nm	<b>TRINDER</b> , (1969)
Cholestérol (g/l)	Colorimétrique enzymatique GPO- PAP	505nm	<b>MEIATTINI</b> et al., (1978)
Triglycéride (g/l)			<b>FOSSATI</b> et <b>PRENCIPE</b> ,(1982)
Aspartate Amino Transférase (ASAT)	Colorimétrique	500nm	<b>BERGMEYER</b> et al., (1978).
Alanine Amino Transférase (ALAT)			
Urée	Colorimétrique	500nm	<b>TIETZ</b> , (1995).
Créatinine			
Acide urique			
Protéines totales	Colorimétrique (méthode Biuret)	540nm	<b>GRONALL</b> et al., (1949)
Albumine			
Globulines			
Sodium	Colorimétrique	500nm	<b>TIETZ</b> , (1995).
Potassium			
Chlore			

### II.2.5.3 Méthodes de mesures des paramètres hormonaux

Pour les paramètres hormonaux, ils sont obtenus par la méthode du dosage immunologique enzymatique grâce à un automate analyseur de type AIA 360 en usant de kits ELISA pour chaque hormone dosée **EASTMAN** et al.,(1975). Les paramètres mesurés sont regroupés dans le tableau 2.

**Tableau N°2 :** Paramètres hormonaux mesurés durant l'expérimentation.

Hormones	Kits utilisés
Triiodothyronine (T3)	DRG FreeT3 ELISA (EIA-3801)
Thyroxine (T4)	DRG FreeT4 ELISA (EIA-3775)
Corticostérone	DRG CorticostéroneELISA (EIA-4164)
Cortisol	DRG cortisol ELISA (EIA-1887)

## II.2.6 Méthodes de traitement statistique des données

L'ensemble des données recueillies est soumis à un traitement statistique. Les résultats sont exprimés par la moyenne  $\pm$  l'écart type et une analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) est pratiquée à l'aide du logiciel EXCEL Microsoft sous la version de 2007.

Les résultats sont soumis à un test de signification à trois niveaux :

- Significatif ( $\alpha = 5\%$ ) ;
- Très significatif ( $\alpha = 1\%$ ) ;
- Hautement significatif ( $\alpha = 0,1\%$ ).

## Chapitre II

### Résultats et discussion

#### I. Paramètres d'ambiance

Les relevés de températures ambiantes du lot HT révèlent des valeurs moyennes qui s'établissent à  $33,92 \pm 2,97$  ;  $32,02 \pm 2,50$  et à  $32,10 \pm 2,53$ °C respectivement pour les phases de démarrage, croissance et de finition. Pour ce qui est de l'hygrométrie relative, elle est de  $52,89 \pm 8,89$  ;  $66,72 \pm 10,26$  et de  $63,83 \pm 11,97$ % respectivement pour les trois phases (tableau 3). En revanche, pour ce qui est du lot TN, la température moyenne en phase de démarrage est de  $29,54 \pm 2,45$ °C, elle passe à  $23,47 \pm 1,08$ °C en phase de croissance et est de  $23,29 \pm 2,38$ °C en phase de finition. Pour ce même lot, les hygrométries relatives se situent à  $64,23 \pm 4,32$  ;  $70,24 \pm 7,12$  et à  $70,75 \pm 3,07$ % respectivement pour les trois phases d'élevage.

**Tableau N°3:** Températures ambiantes et hygrométries relatives moyennes durant l'expérimentation.

Phases d'élevage	Lot TN		Lot HT	
	Températures (°C)	Hygrométries relatives (%)	Températures (°C)	Hygrométries relatives (%)
<b>Démarrage (J1 - J10)</b>	$29,54 \pm 2,45$	$64,23 \pm 4,32$	$33,92 \pm 2,97$	$52,89 \pm 8,89$
<b>Croissance (J11 - J42)</b>	$23,47 \pm 1,08$	$70,24 \pm 7,12$	$32,02 \pm 2,50$	$66,72 \pm 10,26$
<b>Finition (J43 - J50)</b>	$23,29 \pm 2,38$	$70,75 \pm 3,07$	$32,10 \pm 2,53$	$63,83 \pm 11,97$

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

Au vu de ces premiers résultats, il apparaît clairement que le lot HT est mené sous stress thermique chronique. Les températures enregistrées dépassent largement les valeurs normatives vu que **CUERIN** et al.,(2011) recommandent que la température de réception des poulets de chair doit être en moyenne de 33°C. Par la suite, elle devrait baisser de 2 à 3°C chaque trois jours, pour se situer autour de 18 à 20°C à partir du 35<sup>ème</sup> jour d'âge jusqu'en période de finition.

Cette situation de stress où les températures sont hautes influe également sur l'humidité à l'intérieur du bâtiment. En effet, ce paramètre doit se situer autour de 70% selon les recommandations du guide d'élevage de la souche **ARBOR ACRES Plus**, (2014). Ce



phénomène témoigne d'un assèchement de l'atmosphère qui pourrait être vecteur de troubles respiratoires entre autre. Pour sa part, le lot TN semble être menée dans des conditions favorables au vu de la proximité des valeurs moyennes enregistrées et celles normatives préconisées par le même guide d'élevage.

Par ailleurs, il est utile de souligner que même si plusieurs composants des paramètres d'ambiance, à l'image de l'ensoleillement et la vitesse de l'air, peuvent influencer sur le phénomène de la thermorégulation des oiseaux, le stress thermique subi par les poulets peut être apprécié au travers de la température ambiante et de l'humidité relative en calculant un indice appelé communément **THI** (Temperature Humidity Index). Ce dernier est obtenu selon **ARMSTRONG**, (1994) par le calcul de la formule suivante :

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

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

Il ressort des résultats que le lot TN est mené sous des indices (THI) qui sont inférieurs à 72 à l'exception de la phase de démarrage où l'indice s'établit à 79,74 (tableau 4). Par ailleurs, l'indice (THI) se rapproche de 84 pour le lot HT quelque soit la phase d'élevage considérée.

**Tableau N°4** : Indices (THI) durant l'expérimentation.

Phases d'élevage	Lot TN	Lot HT
Démarrage (J1 – J10)	79,74	83,97
Croissance (J11 – J42)	71,59	83,84
Finition (J43 – J50)	71,35	83,45

Ces résultats dénotent aussi que le lot HT est bel et bien mené sous contraintes thermiques vu que **DASH** et al., (2016) et **ZIMBELMAN** et al., (2009) rapportent que chez des animaux menés sous un THI inférieur à 72, l'impact du stress est absent et n'influe pas sur les performances de production. Par ailleurs, au-delà de 72, le niveau de stress subi par les animaux a des conséquences sur le métabolisme et la physiologie qui peuvent engendrer une diminution de l'ingestion, une augmentation de la fréquence respiratoire et peuvent même causées des mortalités par hyperthermie.

Enfin, pour clore cette partie dédiée aux paramètres d'ambiances, il apparait clairement que le lot TN est conduit sous des conditions favorables par rapport au lot HT qui est pour sa part mené sous contraintes thermiques au vu des températures ambiantes, des hygrométries relatives ainsi que des indices THI calculés pour les trois phases d'élevage. Ces conditions permettraient d'établir des comparaisons entre les lots TN et HT sur les différents paramètres

étudiés qui concernent les performances de production, le rendement en carcasse et sa qualité nutritionnelle ainsi que sur quelques paramètres sanguins qui seront développés dans la suite de ce travail.

## **II. Effet des hautes températures sur les performances de croissance**

Les paramètres mesurés concernent la consommation alimentaire, le poids vif, le gain de poids vif, l'indice de consommation ainsi que le taux de mortalité. Le sexage est pris en considération à partir du 38<sup>ème</sup> jour d'âge.

### **II.1 Effet sur la consommation alimentaire et l'indice de consommation**

La consommation alimentaire enregistrée révèle qu'au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, les consommations moyennes se rapprochent entre les deux lots et s'établissent à 18,073±4,750 vs 20,042±4,592g/s/j respectivement pour le lot témoin et le lot expérimental (tableau 5). Durant la phase de croissance, soit de J8 à J42, la consommation alimentaire est très significativement ( $p=0,0037$ ) plus importante (+15,09%) chez le lot expérimental et dont les valeurs moyennes s'établissent à 110,836±26,229 vs 94,114±18,087g/s/j. Pour les différents prélèvements pratiqués durant la phase de croissance, une augmentation minimale de +0,55% de l'ingestion alimentaire est constatée mais qui est statistiquement très significative ( $p=0,0046$ ) au 18<sup>ème</sup> jour d'âge chez le lot expérimental. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, cette tendance est soutenue mais de façon non significative. Par ailleurs, au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, la consommation alimentaire notée est plus élevée chez le lot HT (+24,08%) et de façon hautement significative ( $p=0,00017$ ). Au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est pour sa part très significative ( $p=0,0072$ ) où la différence affiche +11,20%. Cette tendance générale de résultats s'inverse totalement en phase de finition (J42 à J50) où la consommation alimentaire diminue chez le lot expérimental. En termes de différences, le lot HT ingère -4,22% d'aliment par rapport au lot TN mais cette différence est toutefois statistiquement non significative. En prenant en considération toute l'expérimentation de J1 à J50, les résultats révèlent que la consommation alimentaire n'est pas statistiquement modifiée, elle montre même une tendance haussière ( $p>0,05$ ) chez le lot expérimental. Les valeurs notées s'établissent à 80,321±33,220 vs 91,096±40,767g/s/j et représente une différence de +11,78% en termes de proportions.

**Tableau N°5** : Effet des hautes températures sur la consommation alimentaire (g/s/j).

Phases d'élevage	Âges de prélèvement	Lot TN	Lot HT	Signification
Phase de démarrage	J8	18,073±4,750	20,042±4,592	NS
Phase de croissance	J18	84,286±12,970	84,755±13,083	<b>p=0,0046</b>
	J28	98,161±2,242	118,322±6,108	NS
	J38	108,713±9,916	143,205±10,711	<b>p=0,00017</b>
	J42	109,638±2,967	123,474±8,122	<b>p=0,0072</b>
	J8 à J42	94,114±18,086	110,836±26,229	<b>p=0,0037</b>
Phase de finition	J42 à J50	94,129±3,558	90,320±4,518	NS
Durant toute l'expérimentation (J1 à J50)		80,321±33,220	91,096±40,767	NS

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

Les résultats révèlent que la consommation alimentaire enregistrée pour les phases de démarrage et de croissance est plus élevée pour le lot mené sous hautes températures. Cette évolution s'expliquerait par une augmentation de la consommation alimentaire durant les périodes les plus fraîches de la journée chez le lot stressé par la chaleur selon **YUNianto** et al., (2013). Pour leurs part, certains auteurs dont **SOHAIL** et al., (2012) et **SHI** et al., (2019) rapportent des dégradations de l'ingestion alimentaire dont les valeurs moyennes sont de  $908,6 \pm 25,51$  vs  $1082,8 \pm 17,11$  g/s et de  $59,91 \pm 1,14$  vs  $72,87 \pm 1,05$  g/s/j respectivement pour des mesures pratiquées au 21<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge et c'est ce qui est en opposition avec la tendance des résultats. De leurs côtés, **JAHEJO** et al., (2016) et de **HAMIDI** et al., (2019), constatent une dépréciation de la consommation alimentaire dont les moyennes s'établissent à  $3678,23 \pm 27,48$  vs  $3947,87 \pm 44,52$  g/s et à 135 vs 148 g/s/j lorsque les prélèvements coïncident avec le 42<sup>ème</sup> jour d'âge et c'est ce qui corrobore les résultats.

Il est utile de souligner que les résultats indiquent globalement que l'ingestion alimentaire n'est pas modifiée par les hautes températures. Ces constatations préliminaires doivent être prises avec beaucoup de précautions car l'ingestion alimentaire devrait être superposée au poids vif, au gain de poids ainsi qu'à l'indice de consommation.

L'analyse des résultats de l'indice de consommation révèle à son tour une dégradation de ce paramètre sous hautes températures quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, dès la première semaine d'élevage (J8), une augmentation de l'indice de consommation est constatée chez le lot expérimental dont les valeurs sont de 1,71 vs 1,48 (tableau 6). Cette tendance à l'augmentation se poursuit pour le reste des âges de mesure où une augmentation

significative ( $p=0,025$ ) de ce paramètre est notée chez le lot HT. Cette élévation est de l'ordre de +14,13 ; +16 ; +26,61 et +30,76% respectivement pour les prélèvements effectués au 18<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup>, 38<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> jour d'âge. En phase de finition, une dépréciation significative ( $p=0,035$ ) de l'ordre de +28,11% est observée pour sa part chez le lot expérimental. De façon générale, en considérant toute l'expérimentation (J1 à J50), l'indice de consommation moyen est de  $2,235\pm 0,428$  chez le lot HT alors qu'il s'établit à  $1,711\pm 0,187$  chez le lot témoin, ce qui représente une augmentation de +23,40% en termes de proportions.

**Tableau N°6** : Effet des hautes températures sur l'indice de consommation.

Phases d'élevage	Âges de prélèvement	Lot TN	Lot HT	Signification statistique
Phase de démarrage	J8	1,48	1,71	/
Phase de croissance	J18	1,58	1,84	<b>p=0,025</b>
	J28	1,68	2	
	J38	1,71	2,33	
	J42	1,8	2,6	
	J8 à J42	$1,650\pm 0,12$	$2,120\pm 0,36$	
Phase de finition (J42 à J50)	J50	2,02	2,81	<b>p=0,035</b>
	J42 à J50	$1,910\pm 0,15$	$2,705\pm 0,15$	
Durant toute l'expérimentation (J1 à J50)	J1 à J50	$1,711\pm 0,187$	$2,235\pm 0,428$	<b>p=0,021</b>

Cette tendance générale de résultats qui indique que l'indice de consommation est dégradé sous les effets des hautes températures est constatée par plusieurs auteurs dont **HOSSEINI-MANSOUB** et al., (2010) ; **MIRZAIIE** et al., (2018) **SHI** et al., (2019) et **HAMIDI** et al., (2019). Ces derniers rapportent des indices respectifs de 1,97 vs 1,90 ; de 2,16 vs 2,04 de  $2,65\pm 0,16$  vs  $2,23 \pm 0,09$  ; et de 2,55 vs 1,97; lorsque les prélèvements coïncident avec le 42<sup>ème</sup>, 44<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Ladite dégradation est observée même chez des cailles japonaises où **KHURSHAD** et **ASIM**, (2013) notent 3,14 vs 2,78 pour des mesures pratiquées entre le 14<sup>ème</sup> et le 35<sup>ème</sup> jour d'âge.

Afin d'expliquer l'évolution de ces résultats, **AKSIT** et al., (2006) rapportent que les conditions de stress thermique provoqueraient un blocage au niveau du centre de l'appétence de l'hypothalamus, ce qui réduit considérablement la consommation alimentaire et la prise pondérale. Cette situation génère des carences en nutriments qui engendrent à leurs tours une perturbation des performances de croissance dont l'indice de consommation. Pour leurs parts, **VELDKAMP** et al., (2005) indiquent que la diminution de l'ingestion alimentaire serait un

changement nécessaire pour dissiper la chaleur générée par la digestion et le métabolisme énergétique.

## II.2 Effet sur le poids vif et le gain de poids vif

À la réception des poussins, les poids vifs moyens des deux lots montrent des valeurs quasi égales qui s'établissent à  $36,681 \pm 2,841$  vs  $37,123 \pm 3,352$  g/s respectivement pour le lot témoin et le lot expérimental (tableau 7). Au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, les poids vif montrent une dégradation très significative ( $p=0,0035$ ) sous l'effet de la chaleur et dont l'amplitude est de -2,90%. En phase de croissance, le poids vif est significativement dégradé chez le lot expérimental pour les différents prélèvements. En effet, en termes de proportions, une diminution hautement significative ( $p=0,00059$ ) de -12,57% est notée à J18, très significative ( $p=0,0043$ ) à J28 (-8,82%) et hautement significative ( $p=0,00089$ ) à J38 (-6,97%). Cette tendance baissière se maintient au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions significatives ( $p=0,042$  ;  $p=0,017$ ) de -9,01% et de -6,93% sont notées en considérant les mâles et les femelles et chez les femelles uniquement. En revanche, pour les mâles, la diminution se situe à -9,71% mais reste toutefois non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, en prenant en compte les deux sexes, une diminution très significative ( $p=0,0011$ ) de -13,15% est observée ainsi qu'une diminution significative ( $p=0,013$ ) de -11,95% chez les femelles. Par ailleurs, malgré une différence de -13,58% du poids vif chez les poulets de sexe mâle, celle-ci n'est pas statistiquement significative.

**Tableau N°7:** Effet des hautes températures sur le poids vif (g/s).

Âges de prélèvement		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J1</b>		36,681±2,841	37,123±3,352	<b>NS</b>
<b>J8</b>		158,800±14,430	154,330±13,429	<b>p=0,0035</b>
<b>J18</b>		692,255±39,523	614,955±40,061	<b>p=0,00059</b>
<b>J28</b>		1276,547±45,366	1173,077±80,783	<b>p=0,0043</b>
<b>J38</b>		1912,295±149,624	1787,691±144,575	<b>p=0,00089</b>
<b>J42</b>	<b>Global</b>	2155,935±172,678	1977,651±215,131	<b>p=0,042</b>
	♂	2002,342±174,481	1825,085±189,245	<b>NS</b>
	♀	1990,941±143,302	1861,943±191,817	<b>p=0,017</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	2528,724±268,843	2234,790±300,371	<b>p=0,0011</b>
	♂	2533,462±224,004	2230,502±316,521	<b>NS</b>
	♀	2205,401±258,22	1970,042±284,900	<b>p=0,013</b>

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

Quelque soit la phase d'élevage considérée, les résultats indiquent une dégradation du poids vif des poulets de chair du lot HT. Cette évolution corrobore plusieurs travaux dont ceux de **OMRAN** et al., (2020) qui observent une dépréciation hautement significative ( $p < 0,001$ ) du poids vif lorsqu'il est mesuré au 7<sup>ème</sup> jour d'âge chez trois souches de poulets de chair, Hubbard, Cobb et Arbor Acres. Les moyennes notées s'établissent à  $137,48 \pm 3,16$  vs  $153,42 \pm 2,85$  g/s, de  $158,96 \pm 2,75$  vs  $169,12 \pm 3,89$  g/s et de  $147,30 \pm 2,73$  vs  $151,46 \pm 3,89$  g/s respectivement pour les trois souches étudiées. Il en est de même pour **HASAN** et al., (2014) et **MIRZAIE** et al., (2018), ces derniers rapportent des poids vifs de  $830,00 \pm 6,52$  vs  $1050,00 \pm 3,54$  g/s et de  $2750$  vs  $2814$  g/s respectivement pour des mesures réalisées au 21<sup>ème</sup> et 44<sup>ème</sup> jour d'élevage.

Au vu des résultats obtenus pour l'évolution du poids vif, le gain de poids vif montre lui aussi une tendance baissière chez les poulets menés sous hautes températures. En effet, pendant la phase de démarrage et pour des mesures effectuées au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, le gain de poids montre une diminution significative ( $p = 0,043$ ) de -4,19% chez le lot HT dont les moyennes affichent  $117,212 \pm 4,825$  vs  $122,121 \pm 5,273$  g/s/p (tableau 8). En phase de croissance (J8 à J42), la même tendance de résultats est observée. Une diminution significative ( $p = 0,036$ ) du gain de poids est constatée ; elle se situe à -7,78% en termes de proportions. Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution très significative ( $p = 0,0067$ ) de -15,81% est notée. Pour les mesures de J28 et J38, des diminutions de l'ordre de -4,69% et de -3,44% sont respectivement notées mais demeurent non significatives. Au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution du gain de poids est très significative ( $p = 0,0090$ ) chez le lot expérimental et s'établit à -28,25%. En phase de finition (J42 à J50), la dégradation du gain de poids vif est spectaculaire atteignant les -44,97% mais qui demeure toutefois en termes de valeurs absolues. Enfin, sur une durée de 50 jours d'expérimentation, le gain de poids est significativement ( $p = 0,033$ ) déprécié (-13,35%) chez les poulets du lot HT par rapport à celui du lot TN.

**Tableau N°8** : Effet des hautes températures sur le gain de poids vif (g/s/p).

Âges de prélèvement		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>Phase de démarrage</b>	J8	122,121±5,273	117,212±4,825	<b>p=0,043</b>
<b>Phase de croissance</b>	J18	533,455±37,531	460,625±17,212	<b>p=0,0067</b>
	J28	584,291±21,18	558,122±36,941	<b>NS</b>
	J38	635,748±25,570	614,613±31,071	<b>NS</b>
	J42	243,643±35,552	189,964±25,620	<b>p=0,0090</b>
	J8 à J42	311,794±115,263	289,291±111,332	<b>p=0,036</b>
<b>Phase de finition</b>	J42 à J50	372,788±28,32	257,138±21,925	<b>NS</b>
<b>J1 à J50</b>		321,56±108,35	283,69±102,96	<b>p=0,033</b>

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

Ces résultats corroborent plusieurs travaux dont ceux de **OMRAN** et al., (2020) qui notent des dépréciations du gain de poids, au 7<sup>ème</sup> jour d'âge, dont les valeurs s'établissent à 100,52±3,14 vs 116,78±2,79g/s, à 111,57±2,87 vs 124,36±3,94g/s et à 106,08±2,86 vs 110,08±3,90g/s respectivement pour les souches Hubbard, Cobb et Arbor Acres. Dans le même ordre d'idées, **SALABI** et al., (2011) ; **JAHEJO** et al., (2016) ; **PAREJA ARCILA** et al., (2018) ; **LIU** et al., (2019) et **GOO** et al., (2019) observent des dégradations significatives de ce paramètre pour la deuxième moitié de l'élevage lorsque les poulets sont soumis au stress thermique.

La dégradation du poids vif et celle du gain de poids vif sous contraintes thermiques serait attribuée à une réduction de la consommation alimentaire selon **OLANREWAJU** et al., (2010) et **CARDOSO**, (2016) ainsi qu'à une inefficacité de la digestion et un métabolisme altéré selon **AL-FATAFTAH** et **ABU-DIEYEH**, (2007). Pour leurs parts, **KHALIFA** et al., (2019) attirent l'attention sur le fait que l'augmentation de la température ambiante au-delà des valeurs recommandées engendrerait une déviation de la dépense énergétique vers la thermorégulation et qui est parallèle à une diminution de la consommation alimentaire, ce qui altère considérablement le poids vif et le gain de poids.

Il est utile de souligner que dans certaines études, les conditions de stress thermique n'impacteraient pas négativement poids vif et gain de poids. Ces constatations sont interprétées par **MARCHINI** et al., (2018) par le fait que la chaleur n'aurait pas eu assez d'impact pour causer des changements drastiques sur la physiologie des poulets.

### II.3 Effet sur le taux de mortalité

Le taux de mortalité révèle des augmentations chez le lot mené sous des températures contraignantes et ce, quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, en phase de démarrage et sur une période de 08 jours, des taux de 4 vs 2,5% sont notées (tableau 9). Cette différence représente une augmentation de +37,5% en termes de proportions. En phase de croissance, une augmentation du taux de mortalité de +41,53% est observée entre le 8<sup>ème</sup> et le 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Des augmentations qui sont de l'ordre de +40,77 ; +51,40 ; +31,16 et +52,42% sont constatées respectivement pour les prélèvements pratiqués au 18<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup>, 38<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> jour d'âge. En phase de finition (J42 à J50), la mortalité devient plus importante est atteint des augmentations de +55,84% et elle est de +57,23% au 50<sup>ème</sup> jour d'âge. Enfin, sur toute la durée de l'élevage (J1 à J50), la mortalité chez le lot TN est de 12,5% alors qu'elle se situe à 22,5% chez le lot HT, ce qui représente une augmentation de +44,44% en termes de proportions.

**Tableau N°9** : Effet des hautes températures sur le taux de mortalité (%).

Phases d'élevage	Âges de prélèvement	Lot TN	Lot HT	Signification
<b>Phase de démarrage</b>	J8	2,5	4	/
<b>Phase de croissance</b>	J18	1,54	2,60	<b>p=0,023</b>
	J28	1,04	2,14	
	J38	2,63	3,82	
	J42	2,16	4,54	
	J8 à J42	9,74	16,66	
<b>Phase de finition (J42 à J50)</b>	J50	3,31	7,74	<b>p=0,034</b>
	J42 à J50	5,52	12,5	
<b>Durant toute l'expérimentation (J1 à J50)</b>	J1 à J50	12,5	22,5	<b>p=0,018</b>

Les résultats obtenus indiquent que le taux mortalité augmente sensiblement chez le lot stressé par la chaleur aux différents âges de prélèvement. Ceci s'accorde avec plusieurs travaux dont ceux de **PAREJA ARCILA** et al., (2018) ; **RAFAT KHAFAR** et al., (2019) et **TORRENT** et al., (2019) qui observent des taux de mortalité de 10,71 vs 7,14 % ; 6,67±5,16 vs



0,00±0,00% et de 13,39 vs 6,07% respectifs sur une durée de 42 jours d'élevage.

L'évolution du taux de mortalité s'expliquerait par le fait que lorsque les poulets sont soumis à un stress thermique constant, ils deviennent incapables de rétablir l'homéothermie qui les caractérisent, ce qui nuit à leurs performances en générale et au taux de mortalité en particulier selon **DIONELLO** et al., (2002) ; **ABU-DIEYEH**, (2006) et **OLIVEIRA** et al., (2006). Dans le même ordre d'idées, **SANDERCOCK** et al., (2001) rapportent qu'en situation de stress thermique, plusieurs réactions physiologiques sont mises en route, à l'image de l'hyperventilation qui induit une alcalose respiratoire conduisant à un dysfonctionnement du système nerveux central. Les mêmes auteurs mettent en relief aussi une altération de l'intégrité et de l'excitabilité des membranes musculaires qui apparaissent suite à des modifications de la concentration du calcium intracellulaire. **YANAGI** et al., (2001) et **SILVA** et al., (2007) rajoutent qu'une exposition à la chaleur d'une durée d'une heure suffirait pour provoquer des changements physiologiques, tels que l'augmentation de la température corporelle et de la fréquence respiratoire.

Enfin, **LEONE** et al., (2001) et **RIBEIRO** et al., (2001) soulignent que la capacité des oiseaux à dissiper la chaleur pendant les périodes les plus fraîches de la journée est l'une des principales différences entre une température constamment élevée (chronique) et celle (cyclique).

#### **II.4 Effet des hautes températures sur le rendement en carcasse**

Le rendement en carcasse est mesuré au 8<sup>ème</sup>, 18<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup>, 38<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jour d'âge sur des poulets de chair sélectionnés sur la base d'un poids vif représentatif moyen pour chaque lot. Lesdites mesures concernent les rendements en carcasses commerciales, en muscles pectoraux, en muscles des cuisses et pilons ainsi que la proportion du gras abdominal. Il est utile de souligner aussi que ces mêmes poulets sont utilisés pour la détermination de la qualité nutritionnelle des principaux muscles des carcasses de poulet de chair ainsi que pour la pratique des différentes analyses sanguines. Enfin, le sexe est pris en considération pour les deux derniers âges de prélèvements (J38 et J50).

##### **II.4.1 Effet sur le rendement en carcasse commerciale (PAC)**

Les résultats révèlent qu'au 8<sup>ème</sup> jour d'âge et de façon non significative, le rendement moyen en carcasse commerciale est de 63,096±3,603% chez le lot HT alors qu'il s'établit à

65,895±2,033% chez le lot TN (tableau 10). En termes de proportions, cette différence représente une diminution de -4,44%. Cette tendance de résultats est observée au 18<sup>ème</sup> jour d'âge avec une diminution qui s'échelonne à -0,64% et qui reste toutefois non significative. Par ailleurs, au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution significative (p=0,047) du rendement en carcasse est notée, cette dernière représente -8,81%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, en considérant les deux sexes ensemble ou chacun séparément, le rendement demeure bas chez le lot HT. En termes de différences, les valeurs affichent -2,00 ; -3,03 et -0,98 respectivement pour les deux sexes, les mâles et les femelles. Il est à signaler que ces différences restent statistiquement non significatives. Au dernier prélèvement (J50), les différences deviennent plus importantes entre les deux lots, celles-ci sont significatives (p=0,030) et (p=0,050) en considérant les mâles et les femelles (-6,54%) et chez les mâles uniquement (-5,78%). Par ailleurs, les femelles affichent une différence de -7,30% qui reste toutefois non significative.

**Tableau N°10** : Effet des hautes températures sur le rendement en carcasse commerciale (%).

Âges de prélèvement		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		65,895±2,033	63,096±3,603	<b>NS</b>
<b>J18</b>		66,282±2,237	65,863±4,605	<b>NS</b>
<b>J28</b>		68,899±5,077	63,319±5,163	<b>p=0,047</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	64,832±4,800	63,561±1,609	<b>NS</b>
	♂	65,110±4,649	63,193±1,892	<b>NS</b>
	♀	64,554±5,652	63,929±1,450	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	70,764±4,80	66,421±1,699	<b>p=0,030</b>
	♂	70,024±2,513	66,202±1,958	<b>p=0,050</b>
	♀	71,505±6,788	66,640±1,66	<b>NS</b>

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

L'analyse des résultats obtenus indique une tendance à la dégradation du rendement en carcasse commerciale chez les poulets du lot HT. Ces constatations s'accordent avec plusieurs travaux dont ceux de **ALJUBORI** et al., (2017); **LIU** et al., (2019) ; **AL-SULTAN** et al., (2019) et **MOUSTAFA** et al., (2021) qui rapportent des rendements qui se rapprochent des résultats obtenus et qui s'établissent respectivement à 70,5±0,5 vs 73,1±0,3%; 58,5 vs 61,5% ; 68,42 vs 70,28% et à 67,83 vs 69,01% . Il est utile de souligner que **HABIBIAN** et al., (2016) et **PAREJAARCILA** et al., (2018) observent cette évolution mais de façon non significative. En revanche, certaines études dont celles de **ZEFERINO** et al., (2016) ; **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019) et de **TORRENT** et al., (2019) rapportent même

une augmentation significative dudit rendement sous contraintes thermiques.

#### II.4.2 Effet sur le rendement en cuisses et pilons

Au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, le poids relatif des cuisses et pilons montre une diminution non significative chez le lot HT par rapport au lot TN. Les moyennes s'établissent respectivement à 20,314±1,186 vs 21,584±2,396% (tableau 11). À J18, la même tendance est observée avec des poids relatifs moyens qui s'échelonnent à 19,759±1,381 vs 21,191±1,651% et qui représente une différence de -7,25% en termes de proportions. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution hautement significative (p=0,00030) du rendement en cuisses et pilons est notée chez le lot expérimental. Les valeurs moyennes sont de 17,977±2,235 et de 22,281±1,238% respectivement pour le lot expérimental et le lot témoin avec une différence qui représente -23,94%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution significative (p=0,019) du rendement en cuisses et pilons est constatée chez le lot expérimental et indique -11,16% par rapport au lot témoin en prenant en compte les deux sexes. Par ailleurs, chez les mâles et les femelles séparément, la même tendance est observée, cette dernière affiche -13,67% et -8,70% respectivement mais en termes de valeurs absolues. À J50, statistiquement les résultats ne sont pas significatifs, il demeure que le lot HT affiche une tendance baissière du rendement en cuisses et pilons. En termes de proportions, ces diminutions se situent à -5,94 ; -1,05 et à -11,10% respectivement pour les deux sexes ensemble, pour les mâles et pour les femelles.

**Tableau N°11** : Effet des hautes températures sur le rendement en cuisses et pilons (%).

Âges de prélèvement		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		21,584±2,396	20,314±1,186	<b>NS</b>
<b>J18</b>		21,191±1,651	19,759±1,381	<b>NS</b>
<b>J28</b>		22,281±1,238	17,977±2,235	<b>p=0,00030</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	21,969±2,219	19,763±0,753	<b>p=0,019</b>
	♂	22,210±2,671	19,539±0,884	<b>NS</b>
	♀	21,727±2,050	19,987±0,638	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	22,389±1,311	21,133±1,775	<b>NS</b>
	♂	21,924±0,485	21,697±0,203	<b>NS</b>
	♀	22,853±1,789	20,570±2,543	<b>NS</b>

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

L'analyse des résultats révèle que le rendement en cuisses et pilons montrent une dégradation relative chez les poulets soumis aux stress thermique. Ladite dépréciation n'est pas

significative pour la majorité des prélèvements et c'est ce qui s'accorde avec les travaux de **HABIBIAN** et al., (2016) et de **OMRAN** et al., (2020). D'autres études rapportent des dégradations significatives qui s'établissent à  $55,57 \pm 2,08\%$  vs  $66,86 \pm 0,98\%$  et à  $29,31$  vs  $30,21\%$  respectivement pour les travaux de **SHAO** et al., (2019) et de **MOUSTAFA** et al., (2021) qui durent 42 jours. Par ailleurs, des expérimentations ne révèlent aucun effet significatif de la chaleur sur les rendements en muscles des cuisses et pilons comme le rapportent **MARCHINI** et al., (2018) et **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019).

Enfin, il est utile de souligner que certaines études sont en opposition avec cette tendance de résultats. En effet, il est rapporté une augmentation significative du rendement en cuisses et pilons comme l'indiquent **ZEFERINO** et al., (2016) ; **ALJUBORI** et al., (2017) et **TORRENT** et al., (2019). Pour leurs parts, **LIU** et al., (2019) observent cette tendance mais de façon significative.

#### **II.4.3 Effet sur le rendement en muscles pectoraux**

Les résultats suivent une évolution qui se rapproche de celle enregistrée pour les rendements en carcasse commerciale et en cuisses et pilons. En effet, dès le premier prélèvement (J8), une diminution (-18,09%) très significative ( $p=0,0056$ ) est observée chez le lot expérimental avec des moyennes de  $15,175 \pm 1,942$  vs  $17,920 \pm 1,369\%$  (tableau 12). À J18, une diminution chez le lot HT est notée, celle-ci représente -5,26% et qui reste statistiquement non significative. Par ailleurs, au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence se révèle significative ( $p=0,018$ ) et s'établit à -10,91%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, une tendance à la diminution ( $p>0,05$ ) du poids relatif des muscles pectoraux chez le lot expérimental est observée. En termes de proportions, cette différence s'établit à -5,90 ; -7,01 et à -4,83% respectivement en considérant les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles. Au dernier prélèvement (J50), une diminution très significative ( $p=0,0049$ ) du poids relatif des muscles pectoraux est notée chez le lot HT ( $16,156 \pm 1,374$  vs  $18,708 \pm 1,676\%$ ) pour les deux sexes, cette diminution est significative ( $p=0,014$ ) chez les mâles ( $15,500 \pm 1,211$  vs  $17,937 \pm 0,731\%$ ). Par ailleurs, chez les femelles, la même tendance est constatée mais de façon non significative avec une différence notée de -15,84%.

**Tableau N°12** : Effet des hautes températures sur le rendement en muscles pectoraux (%).

Âges de prélèvement		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		17,920±1,369	15,175±1,942	<b>p=0,0056</b>
<b>J18</b>		17,332±1,837	16,465±1,151	<b>NS</b>
<b>J28</b>		18,007±1,326	16,235±1,324	<b>p=0,018</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	17,969±1,821	16,967±0,651	<b>NS</b>
	♂	17,934±1,914	16,759±0,757	<b>NS</b>
	♀	18,005±2,019	17,176±0,549	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	18,708±1,676	16,156±1,374	<b>p=0,0049</b>
	♂	17,937±0,731	15,500±1,211	<b>p=0,014</b>
	♀	19,479±2,106	16,812±1,338	<b>NS</b>

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

Les résultats obtenus pour le rendement en muscles pectoraux indiquent une dégradation chez les poulets du lot HT, particulièrement en fin d'élevage. Ces constatations sont également observées par **ZEFERINO** et al., (2016) ; **CRAMER** et al., (2018) ; **PAREJAARCILA** et al., (2018) ; **SHAO** et al., (2019) ; **LIU** et al., (2019) ; **OMRAN** et al., (2020) et **MOUSTAFA** et al., (2021). Par ailleurs, dans certaines études, l'impact des hautes températures n'est pas constaté statistiquement sur ledit rendement comme l'indiquent **MARCHINI** et al., (2018) et **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019).

Il est à signaler aussi que **HABIBIAN** et al., (2016) et **ALJUBORI** et al., (2017) notent des tendances à des augmentations respectives de 20,18 vs 19,99% et de 34,8±0,5 vs 33,6±0,4% du rendement en muscles pectoraux mais qui restent statistiquement non significatives.

#### II.4.4 Effet sur la proportion de gras abdominal

La proportion de gras abdominal révèle que lors du premier prélèvement (J8), une augmentation (+12,73%) significative (p=0,034) est observée chez le lot HT dont les moyennes enregistrées s'établissent à 0,911±0,101 vs 0,795±0,094% (tableau 13). Par ailleurs, au 18<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, le lot expérimental renferme aussi plus de gras abdominal sur les carcasses. En termes de proportions, l'augmentation de ce paramètre se situe à +24,98% et à +12,62% respectivement pour ces deux âges de prélèvement et reste non significative. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, cette tendance de résultats se maintient. En prenant en compte l'ensemble de l'échantillon (mâles et femelles), une augmentation non significative

est observée et elle est de l'ordre de +22,12%. En revanche, en considérant chaque sexe séparément, des augmentations très significatives ( $p=0,0040$  et  $p=0,0017$ ) sont notées et s'établissent à +19,12 et +24,86% respectivement chez les mâles et chez les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, le taux de gras abdominal demeure augmenté très significativement ( $p=0,0052$ ) en considérant les deux sexes (+18,74%). Cette augmentation est significative ( $p=0,029$ ) chez les mâles (+20,79%). Par ailleurs, les femelles du lot expérimental affichent +16,82% de gras abdominal mais cette augmentation reste toutefois non significative.

**Tableau N°13** : Effet des hautes températures sur la proportion de gras abdominal (%).

Âges de prélèvement		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		0,795±0,094	0,911±0,101	<b>p=0,034</b>
<b>J18</b>		0,988±0,077	1,317±0,092	<b>NS</b>
<b>J28</b>		1,565±0,115	1,791±0,441	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	1,894±0,175	2,432±0,167	<b>NS</b>
	♂	1,865±0,160	2,306±0,110	<b>p=0,0040</b>
	♀	1,922±0,210	2,558±0,106	<b>p=0,0017</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	2,124±0,146	2,614±0,392	<b>p=0,0052</b>
	♂	2,004±0,078	2,530±0,360	<b>p=0,029</b>
	♀	2,245±0,070	2,699±0,459	<b>NS</b>

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

L'évolution des résultats laisse apparaître que la proportion de gras abdominal est significativement augmentée sous hautes températures, particulièrement aux deux derniers prélèvements. Ceci concorde avec les travaux de **ZEFERINO** et al., (2016) et de **AL-SULTAN** et al., (2019) qui observent des taux respectifs de 1,54 vs 1,35% et de 1,98 vs 1,65% au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il en est de même pour **HABIBIAN** et al., (2016) qui constatent des proportions qui s'établissent à 2,77 vs 1,49% après quatre semaines d'exposition à un stress thermique cyclique. Pour d'autres auteurs, il est constaté une augmentation mais qui reste toutefois non significative comme l'indiquent **ATTIA** et **HASAN**, (2017) ; **LIU** et al., (2019) et **ABUJAMIEH** et al., (2020) . À leurs tours, **ZMRHAL** et al., (2017) n'observent aucun effet du stress thermique.

D'un autre côté, **ATTIA** et al., (2017) et **MOUSTAFA** et al., (2021) rapportent des diminutions significatives de la proportion du gras abdominal chez des poulets stressés par la chaleur. Cette évolution se rapproche de celle de **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019) mais en termes de valeurs absolues.

Globalement, la synthèse des résultats cités ci-dessus fait ressortir une dégradation du

rendement en carcasse sous stress thermique. Ceci est rapporté par plusieurs auteurs dont **TEMIM** et al., (2000b) ; **ONDERCI** et al., (2004) ; **SAHIN** et al., (2006) ; **LU** et al., (2007) ; **ZHANG** et al., (2012) et **ZEFERINO** et al., (2013) et (2016) et **GONZALEZ-RIVAS** et al., (2020). L'accumulation accrue de graisse, notamment au niveau abdominal entrainerait une dépréciation de l'aspect de la carcasse ainsi que son acceptation par le consommateur selon **ZHANG** et al., (2012) ; **BAYU** et al., (2016) ; **DAÏ** et al., (2009) ; **ZEFERINO** et al., (2016) et **HABIBIAN** et al., (2016). Pour leurs parts, **LU** et al., (2007) attirent l'attention sur le fait que l'effet dépressif constaté sur les carcasses serait plus accentué chez les volailles à croissance rapide comparativement à celles à croissance lente. Ces mêmes auteurs déduisent, que l'impact de l'exposition à la chaleur serait directement lié à l'effet d'une température ambiante élevée et ne pas être associée qu'à une diminution de la consommation alimentaire. De leurs cotés, **SANDERCOCK** et al., (2001) et **ZHANG** et al., (2012) relatent que la dépréciation du rendement serait associée à des attributs de viande indésirables. Dans le même ordre d'idées, **LU** et al., (2007) ; **ZHANG** et al., (2012) ; **GOOR** et al., (2015) et **SHAO** et al., (2019) indiquent que la dégradation des rendements aurait un impact significatif tant sur la production que sur les rendements économiques.

**SANDS** et **SMITH** (1999) et **AHMED** et al., (2006) rapportent que sous contraintes thermiques, le dépôt de gras devient accru sur l'ensemble de la carcasse, et ce, aux niveaux abdominal, intramusculaire et sous-cutané. Dans ce sens, **HOWLIDER** et **ROSE**, (1989) ; **GERAERT** et al., (1996) et **ZHANG** et al., (2012) associent l'augmentation de la part de gras abdominal à un possible ralentissement du métabolisme de base ainsi que de l'activité physique. Ces dernières constatations sont expliquées par **SONG** et al., (2011) et **ZABOLI** et al., (2019) par un éventuel déséquilibre hormonal et serait lié à une hyper corticostéronémie qui ralentirait le processus de la protéosynthèse et qui serait concomitante à une hypo thyroïdie (diminution de la concentration sérique en T3) qui serait impliqué dans la réduction du métabolisme de base et de l'activité physique. **LECLERCQ**, (1984) avance que l'augmentation du gras abdominal se ferait par hypertrophie des adipocytes alors que celle du gras sous-cutané se ferait par hyperplasie.

Il est utile de souligner que **AÏN BAZIZ** et al., (1996) et de **GERAERT** et al.,(1996) n'observent pas d'impacts significatifs des hautes températures sur les rendements en carcasse. Ces mêmes auteurs avancent l'hypothèse d'une réaction adaptative par une réduction de la proportion des plumes pour améliorer les pertes de chaleur. Ces dernières constatations sont confortées par des études récentes menées par **FOUAD** et al., (2016) et

**MOUSTAFA** et al., (2021) qui interprètent l'absence d'effet de la chaleur par une possible adaptation des oiseaux au stress thermique, surtout lorsque le stress est cyclique. Ils rajoutent que le fait de distribuer de l'eau fraîche comme moyen de lutter contre le stress thermique permettrait d'atténuer ces effets néfastes.

## **II.5 Effet des hautes températures sur la qualité nutritionnelle de la carcasse**

La qualité nutritionnelle concerne le taux de matière sèche (MS), de matière minérale (MM), de matière azotée totale (MAT) et de matière grasse (MG) qui sont déterminés sur des échantillons de muscles pectoraux et de cuisses et pilons des poulets issus des lots TN et HT.

### **II.5.1 Effet sur le taux de matière sèche**

Les analyses pratiquées sur les muscles pectoraux révèlent globalement une augmentation du taux de matière sèche chez les poulets du lot HT. En effet, dès le premier prélèvement (J8), une augmentation (+7,28%) significative ( $p=0,020$ ) avec des moyennes qui s'établissent à  $26,575 \pm 1,212$  vs  $24,641 \pm 1,719\%$  (tableau 14). Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation demeure significative ( $p=0,017$ ) et dont la différence s'établit à +8,03%. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence est non significative et montre une amplitude de +9,36%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est significative ( $p=0,013$ ) et affiche +9,33% en considérant les deux sexes ensemble. Par ailleurs, celle-ci est non significative chez les mâles et les femelles avec des différences respectives de +11,86% et de +6,79%. Au dernier prélèvement (J50), des augmentations non significatives sont notées. En effet, sur l'ensemble de l'échantillon, une différence de +2,79% est observée. Cette amplitude affiche +1,28% et +4,46% respectivement chez les mâles et chez les femelles.



**Tableau N°14** : Effet des hautes températures sur le taux de matière sèche des muscles pectoraux (%).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		24,641±1,719	26,575±1,212	<b>0,020</b>
<b>J18</b>		26,427±1,590	28,736±1,831	<b>0,017</b>
<b>J28</b>		26,625±3,248	29,375±2,326	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	26,750±2,492	29,502±1,196	<b>0,013</b>
	♂	26,000±1,825	29,500±1,290	<b>NS</b>
	♀	27,500±3,109	29,505±1,293	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	27,437±1,989	28,226±1,692	<b>NS</b>
	♂	28,875±1,314	29,250±0,957	<b>NS</b>
	♀	25,750±0,957	26,952±0,832	<b>NS</b>

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

Les résultats des analyses pratiquées sur les muscles des cuisses et pilons suivent une évolution qui est comparable à celle obtenue avec les muscles pectoraux. En effet, l'examen du taux de la matière sèche montre une augmentation chez le lot soumis aux contraintes thermiques quelque soit le jour de prélèvement. À J8, une augmentation du taux de la matière sèche de l'ordre de +3,59% est constatée. Cette augmentation (+8,54%) est pour sa part significative ( $p=0,031$ ) au 18<sup>ème</sup> jour d'âge avec des moyennes respectives de  $28,486\pm 2,201$  vs  $26,052\pm 1,857\%$  (tableau 15). La même tendance est observée au 28<sup>ème</sup> jour d'âge avec une augmentation de +9,29% qui est statistiquement significative ( $p=0,012$ ). Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation du taux de la matière sèche est pour sa part hautement significative ( $p=0,00091$  ;  $p=0,00051$ ) avec des amplitudes qui s'établissent à +9,72% et à +14,65% respectivement en considérant les deux sexes ensemble et chez les mâles seuls. Par ailleurs, chez les femelles, l'augmentation s'établit à +4,75% mais demeure toutefois non significative. Au dernier prélèvement (J50), des différences non significatives sont notées. Celles-ci s'établissent à +3,24% ; +5,36% et à +0,95% respectivement en considérant les deux sexes, chez les mâles et chez les femelles.

**Tableau 15** : Effet des hautes températures sur le taux de matière sèche des cuisses et pilons (%).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		26,812±2,069	27,812±1,688	<b>NS</b>
<b>J18</b>		26,052±1,857	28,486±2,201	<b>p=0,031</b>
<b>J28</b>		25,625±2,386	28,250±1,035	<b>p=0,012</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	26,123±1,725	28,935±0,795	<b>p=0,00091</b>
	♂	24,750±0,957	29,000±0,816	<b>p=0,00051</b>
	♀	27,497±0,998	28,870±0,893	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	26,625±1,187	27,516±1,394	<b>NS</b>
	♂	27,000±1,414	28,530±0,544	<b>NS</b>
	♀	26,250±0,957	26,502±1,224	<b>NS</b>

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

L'évolution des résultats révèle une tendance à l'augmentation du taux de la matière sèche sur les muscles des poulets soumis aux contraintes thermiques. Cette constatation est rapportée par **ATTIA** et al., (2017) et **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) qui observent des taux moyens respectifs de 25,1±0,13 vs 24,1±0,17% et de 26,4 vs 25,8%. Il est utile de souligner que dans l'étude menée par **FURLAN** et al., (2004), les taux de matière sèche sont quasi égaux sur les muscles pectoraux, en revanche, sur les muscles des cuisses et pilons, des taux de 32,9 vs 33,2% sont respectivement notées pour les poulets soumis au stress et ceux témoin.

Enfin, **SALVINI** et al., (1998) rapportent que l'augmentation de la part de matière sèche musculaire serait attribuée à l'accroissement du dépôt de gras musculaire constatée sous stress thermique.

### II.5.2 Effet sur le taux de matière minérale

Le taux de matière minérale des muscles pectoraux semble être impacté négativement chez les poulets du lot HT par rapport au lot TN. En effet, dès le premier prélèvement (J8), les taux moyens obtenus s'établissent à 7,384±1,069 vs 9,252±1,285% (tableau 16). Ladite diminution est très significative (p=0,0069) dont l'amplitude représente -25,30%. Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution (-7,62%) est toujours constatée mais en termes de valeurs absolues (p>0,05). Par ailleurs, au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la dite diminution est significative (p=0,019) et affiche une différence de -13,27% en termes de proportions. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences non significatives sont enregistrées et s'établissent à -11,74% ; -6,15% et à -

18,10% respectivement en considérant les deux sexes ensemble, chez les mâles et chez les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une amplitude non significative de -14,76% est notée en considérant les deux sexes. Chez les mâles, une diminution de -7,61% est observée. En revanche, la diminution est significative ( $p=0,0148$ ) chez les femelles est s'établit à -23,17%.

**Tableau N°16** : Effet des hautes températures sur le taux de matière minérale des muscles pectoraux (%MS).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		9,252±1,285	7,384±1,069	<b>p=0,0069</b>
<b>J18</b>		8,783±3,094	8,161±1,337	<b>NS</b>
<b>J28</b>		9,283±0,774	8,195±0,871	<b>p=0,019</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	9,657±0,735	8,642±1,198	<b>NS</b>
	♂	9,757±0,546	9,192±0,486	<b>NS</b>
	♀	9,557±0,967	8,092±1,519	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	8,815±1,340	7,681±1,314	<b>NS</b>
	♂	8,937±1,884	8,305±1,630	<b>NS</b>
	♀	8,692±0,775	7,057±0,578	<b>p=0,014</b>

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

Sur les muscles des cuisses et pilons, les résultats indiquent que le taux de matière minérale est plus faible chez les poulets soumis aux contraintes thermiques (lot HT). Dès le 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution non significative est notée et dont la différence représente -8,60% en termes de proportions. Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence (-20,34%) est pour sa part significative ( $p=0,016$ ) avec des taux respectifs de 4,331±0,659 vs 5,212±0,641% (tableau 17). Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la différence devient hautement significative ( $p=0,00020$ ) et montre un écart de -28,37% en termes de proportions. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, le taux de la matière minérale musculaire est très significativement ( $p=0,0018$ ) impacté (-23,38%) en considérant les deux sexes ensemble. Chez les mâles et chez les femelles, l'impact est significatif ( $p=0,034$  ;  $p=0,022$ ) et représente des différences respectives de -17,06% et de -30,81%. Au dernier prélèvement (J50), en prenant en compte les deux sexes, la diminution de la matière minérale est très significative ( $p=0,0033$ ) et montre une amplitude de -17,41%. Chez les mâles et chez les femelles, des diminutions significatives ( $p=0,041$  ;  $p=0,043$ ) sont observées et représentent -15,05% et -19,97% en termes de proportions.

**Tableau N°17** : Effet des hautes températures sur le taux de matière minérale des cuisses et pilons (%MS).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		4,872±0,969	4,486±0,983	<b>NS</b>
<b>J18</b>		5,212±0,641	4,331±0,659	<b>p=0,016</b>
<b>J28</b>		5,928±0,547	4,618±0,504	<b>p=0,0020</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	6,053±0,666	4,906±0,521	<b>p=0,0018</b>
	♂	6,175±0,624	5,275±0,218	<b>p=0,034</b>
	♀	5,932±0,779	4,537±0,474	<b>p=0,022</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	5,827±0,372	4,963±0,583	<b>p=0,0033</b>
	♂	5,977±0,334	5,195±0,502	<b>p=0,041</b>
	♀	5,677±0,389	4,732±0,631	<b>p=0,043</b>

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

L'analyse des résultats laisse apparaître que la matière minérale musculaire est négativement impactée chez les poulets menés sous challenge thermique. Cette évolution est en accord avec les travaux d'**ATTIA** et **HASSAN**, (2017) qui rapportent des taux respectifs de 0,984 vs 0,990% au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. De leurs côtés, **FURLAN** et al., (2004) observent des taux de 6,3 vs 6,6% et de 12,0 vs 12,8% respectivement sur des muscles pectoraux et ceux des cuisses et pilons prélevés au 42<sup>ème</sup> jour d'âge.

### II.5.3 Effet sur le taux de matière azotée totale

L'évolution des résultats de la matière azotée totale contenue dans les muscles pectoraux révèle une dépréciation de ce composé chez le lot HT pour les différents âges de prélèvement. En effet, des différences non significatives ( $p > 0,05$ ) de l'ordre de -4,76% ; -5,33% et de -5,69% sont notées respectivement à J8, J18 et J28. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, en considérant les deux sexes, une diminution non significative de -10,73% est observée et dont les moyennes affichent 18,210±1,441 vs 20,165±2,490% (tableau 18). L'impact est pour sa part significatif ( $p=0,032$ ) chez les mâles avec une différence de -20,90%. Chez les femelles, une différence non significative ( $p > 0,05$ ) est notée et est de l'ordre de -15,77%. Au dernier prélèvement (J50), la diminution est très significative ( $p=0,0013$ ) sur l'ensemble de l'échantillon (-16,07%) et significative ( $p=0,011$ ) chez les mâles (-20,49%). Par ailleurs, chez les femelles, une diminution de l'ordre de -11,61% est notée mais demeure toutefois non significative.

**Tableau N°18** : Effet des hautes températures sur le taux de matière azotée totale des muscles pectoraux (%MS).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		18,730±2,293	17,878±1,553	<b>NS</b>
<b>J18</b>		19,880±2,531	18,873±1,707	<b>NS</b>
<b>J28</b>		20,317±1,955	19,225±1,426	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	20,165±2,490	18,210±1,441	<b>NS</b>
	♂	21,642±1,977	17,900±1,858	<b>p=0,032</b>
	♀	20,903±2,178	18,055±1,067	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	21,007±1,475	18,099±1,443	<b>p=0,0013</b>
	♂	21,900±1,530	18,175±1,423	<b>p=0,011</b>
	♀	20,115±0,784	18,022±1,679	<b>NS</b>

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

L'analyse du taux de protéines brutes sur les muscles des cuisses et pilons révèle que ce composé est négativement impacté par la chaleur quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, dès le 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution (-17,21%) très significative (p=0,0015) est notée chez le lot HT dont les moyennes obtenues s'établissent à 10,138±0,804 vs 11,883±0,973% (tableau 19). Ladite différence est pour sa part hautement significative (p=0,00075) au 18<sup>ème</sup> jour d'âge et montre une amplitude de -16,97%. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, les protéines brutes diminuent de -16,69% et de façon très significative (p=0,0023). Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, les diminutions sont aussi très significatives (p=0,0013 ; p=0,0013) et dont les amplitudes affichent -19,38% et -19,70% respectivement en considérant les deux sexes et chez les mâles uniquement. Par ailleurs, chez les femelles, une différence de -19,08% est notée mais demeure statistiquement non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, les protéines brutes musculaires montrent des diminutions significatives (p=0,013 ; p=0,027) qui s'établissent à -15,18% et à -20,91% respectivement chez les deux sexes ensemble et chez les femelles. En revanche, les mâles révèlent une amplitude de -9,13% mais qui reste en termes de valeurs absolues.

**Tableau N°19** : Effet des hautes températures sur le taux de matière azotée totale des cuisses et pilons (%MS).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		11,883±0,973	10,138±0,804	<b>p=0,0015</b>
<b>J18</b>		12,09±1,028	10,336±0,534	<b>p=0,00075</b>
<b>J28</b>		12,436±1,239	10,657±0,545	<b>p=0,0023</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	12,927±1,208	10,828±0,873	<b>p=0,0013</b>
	♂	12,605±0,917	10,53±0,526	<b>p=0,0013</b>
	♀	13,25±1,512	11,127±1,124	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	13,221±1,333	11,478±1,123	<b>p=0,013</b>
	♂	12,19±0,697	11,17±0,804	<b>NS</b>
	♀	14,252±0,909	11,787±1,429	<b>p=0,027</b>

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

Pour les deux types de muscles étudiés, les résultats révèlent une dépréciation du taux de protéines brutes chez les poulets du lot HT. Cette évolution des résultats est rapportée par **ATTIA** et al., (2017) qui notent des taux de protéines totales respectifs de 18,9±0,16 vs 19,1±0,23% au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il en est de même pour **SHAO** et al., (2019) qui rapportent, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, des taux de 24,01±0,14 vs 24,17±0,10% ; (p=0,378) et de 21,99±0,27 vs 22,14±0,12% ; (p=0,628) respectivement pour les muscles pectoraux et ceux des cuisses.

En opposition à cette tendance, **FURLAN** et al., (2004) observent une augmentation significative des protéines totales (49,7 vs 46,7%) sur les muscles des cuisses et pilons. Dans le même ordre d'idées, **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) notent à leurs tours une augmentation non significative (19,4 vs 19,2%) des protéines musculaires.

#### II.5.4 Effet sur le taux de matière grasse

Les résultats relatifs au taux de gras musculaire des muscles pectoraux montrent une augmentation sous les effets des hautes températures quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, dès le 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+21,16%) hautement significative (p=0,00090) est notée dont les moyennes s'établissent à 8,215±0,664 vs 6,477±0,965% (tableau 20). Au 18<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, les augmentations respectives sont significatives (p=0,010) et très significative (p=0,0028) et sont de l'ordre de +22,13% et de +19,86%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, le taux de gras est plus élevé (+22,96%) et de façon hautement significative (p=0,00083) en considérant les deux sexes ensemble. Chez les mâles, la différence est très

significative ( $p=0,0025$ ) et s'établit à  $+29,26\%$ . En revanche, chez les femelles, une différence de  $+16,70\%$  est notée mais en termes de valeurs absolues. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, les augmentations sont très significatives ( $p=0,0062$  ;  $p=0,0072$ ) et s'établissent à  $+22,74$  et à  $+30,90\%$  respectivement pour les deux sexes et pour les mâles uniquement. Par ailleurs, chez les femelles, une différence non significative de  $+14,39\%$  est observée.

**Tableau N°20** : Effet des hautes températures sur le taux de matière grasse des muscles pectoraux (%).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		6,477±0,965	8,215±0,664	<b>p=0,0090</b>
<b>J18</b>		7,582±1,416	9,737±1,513	<b>p=0,010</b>
<b>J28</b>		8,252±1,179	10,297±1,089	<b>p=0,0028</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	8,565±1,031	11,118±1,359	<b>p=0,00083</b>
	♂	7,852±0,851	11,100±0,998	<b>p=0,0025</b>
	♀	9,277±0,634	11,137±1,820	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	8,94±1,600	11,572±1,676	<b>p=0,0062</b>
	♂	8,102±1,319	11,725±1,248	<b>p=0,0072</b>
	♀	9,777±1,538	11,420±2,222	<b>NS</b>

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

L'analyse des résultats du taux de gras musculaire des muscles des cuisses et pilons révèle des augmentations chez les poulets élevés sous contraintes thermiques. En effet, dès le 8<sup>ème</sup> jour d'âge, les moyennes respectives s'établissent à  $20,253±2,318$  vs  $17,283±1,606\%$  (tableau 21). Cette augmentation représente une différence de  $+14,66\%$  et qui est très significative ( $p=0,0099$ ). Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation est significative ( $p=0,016$ ) et représente une amplitude de  $+13,63\%$  en termes de proportions. Ladite augmentation est pour sa part très significative ( $p=0,0088$ ) au 28<sup>ème</sup> jour d'âge et dont l'écart s'établit à  $+13,59\%$ . Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation du gras musculaire demeure très significative ( $p=0,0059$ ) et affiche une différence de  $+12,41\%$  en considérant l'ensemble de l'échantillon. Cette augmentation est pour sa part significative ( $p=0,048$  ;  $p=0,045$ ) et dont les différences s'établissent à  $+10,40\%$  et à  $+14,53\%$  respectivement pour les mâles et pour les femelles. Au dernier prélèvement, l'augmentation ( $+10,68\%$ ) du gras musculaire est significative ( $p=0,012$ ) chez les mâles et les femelles. Par ailleurs, des différences non significatives de  $+9,35\%$  et de  $+12,01\%$  sont notées respectivement pour les mâles et pour femelles.

**Tableau N°21:** Effet des hautes températures sur le taux de matière grasse des cuisses et pilons (%MS).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		17,283±1,606	20,253±2,318	<b>p=0,0099</b>
<b>J18</b>		18,033±1,932	20,878±2,234	<b>p=0,016</b>
<b>J28</b>		18,411±1,889	21,308±1,924	<b>p=0,0088</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	19,508±1,725	22,273±1,686	<b>p=0,0059</b>
	♂	20,465±1,563	22,84±1,256	<b>p=0,048</b>
	♀	18,552±1,437	21,707±2,050	<b>p=0,045</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	21,063±2,013	23,581±1,449	<b>p=0,012</b>
	♂	21,497±2,144	23,715±1,246	<b>NS</b>
	♀	20,63±2,086	23,447±1,816	<b>NS</b>

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

De façon globale, l'analyse des résultats fait apparaître que les muscles des poulets du lot HT contiennent plus de gras comparativement au lot témoin. Ce phénomène est également observé par **ATTIA** et al., (2017) et **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) qui notent des taux respectifs de  $5,01 \pm 0,29$  vs  $4,87 \pm 0,198\%$  et  $5,88$  vs  $5,63\%$  à J42 et J49. Au contraire, **SHAO** et al., (2019) observent une augmentation non significative du taux de gras ( $0,42 \pm 0,06$  vs  $0,36 \pm 0,05\%$ ) sur les muscles pectoraux et qui est parallèle à une diminution non significative ( $1,16 \pm 0,10$  vs  $1,26 \pm 0,07\%$ ) sur les muscles des cuisses. De leurs côtés, **FURLAN** et al., (2004) notent une augmentation significative du taux de gras ( $22,2$  vs  $22,0\%$ ) sur les muscles pectoraux et qui est concomitante à diminution significative ( $38,4$  vs  $40,5\%$ ) sur les muscles des cuisses et pilons.

En résumé, il ressort des résultats observées que la qualité nutritionnelle des carcasses de poulets de chair soumis aux contraintes thermiques montre une certaine dégradation. Ceci se révèle par une augmentation des taux de matière sèche et ceux de matière grasse et qui sont simultanées à des diminutions des taux de matière minérale ainsi que ceux des protéines brutes. Ladite dépréciation aurait plusieurs origines. En effet, **LU** et al., (2017) rapportent que chez les poulets soumis au stress thermique, le pH musculaire 45 minutes post mortem diminue et le dépôt de gras intramusculaire augmente. Cette dévalorisation serait attribuée à un éventuel ralentissement du métabolisme des graisses et du glucose et qui générerait une augmentation du dépôt de graisses.

De leurs côtés, **WANG** et al., (2009) et **ZHANG** et al., (2012) observent une augmentation de la perte d'eau, particulièrement au niveau de la poitrine et qui s'accompagnerait par une dénaturation des protéines musculaires, voire, une diminution de leurs synthèses.



D'un point de vue hormonale, **YUNianto** et al., (1997) et **LIN** et al., (2004) indiquent que les hautes températures seraient en faveur d'une augmentation du taux circulant de corticostérone et qui serait concomitante à une diminution de celui de la Triiodothyronine (T3). Ces dernières hormones seraient connues pour être impliquées dans le processus de la protéosynthèse musculaire et de l'activité physique chez les volailles ainsi que d'autres espèces animales selon **GRIZARD** et al., (1995) et **DEYHIM et TEETER**, (1995). La dépression de la protéosynthèse engendrerait par ailleurs une diminution du diamètre des myofibrilles tel que rapporté par **JOINER** et al., (2014) et serait simultanée à une dégradation des graisses selon **MUJAHID** et al., (2007) ; **AZAD** et al., (2010) et **BOUSSAID-OM EZZINE** et al., (2010). Pour leurs parts, **AÏN BAZIZ**, (1996) et **TESSERAUD et TEMIM**, (1999) relient l'accumulation de gras à une éventuelle défaillance dans l'utilisation des acides gras qui serait causée par un ralentissement de l'activité de la  $\beta$ -hydroxy-acyl déshydrogénase et la teneur plasmatique en D-3-hydroxybutyrate. Ces dernières étant des indicateurs de la lipolyse.

De leurs côtés, **PÖSÖ** et **PUOLANNE**, (2005) et **ZHU** et al., (2011) indiquent que l'exsanguination arrête l'approvisionnement en nutriments et en oxygène aux cellules musculaires. Cela favoriserait le processus de la glycolyse anaérobie et entraînerait une accumulation d'acide lactique au niveau des muscles. **MOTA-ROJAS** et al., (2006) soulignent que les facteurs de stress ante mortem dont le stress thermique, le retrait alimentaire, le transport ou encore la privation d'eau contribueraient à dégrader la qualité nutritionnelle de la viande. Dans le même ordre d'idées, **NORTHCUTT** et al., (1994) et **MCKEE** et **SAMS**, (1997) rapportent que ces facteurs conduiraient à un déclin plus rapide du pH et celui ultime et seraient en faveur de l'obtention d'une viande plus pâle chez les poulets et mêmes les dindes. Ces effets seraient en étroite liaison avec la souche, l'âge des poulets, le type de muscle étudié ainsi que le modèle de stress adopté selon **SANDERCOCK** et al., (2001) et **OLIVO**, (2006).

En opposition à cette tendance générale de résultats, il est utile de souligner que certains auteurs ne relèvent pas d'impact négatif de la chaleur sur la qualité nutritionnelle. En effet, **ZHANG** et al., (2012) ; **FOUAD** et al., (2016) ; **ARRUDA** et al., (2016) et **MOUSTAFA** et al., (2021) expliquent cette évolution par une éventuelle adaptation des poulets aux conditions stressantes, surtout cyclique.

## II.6 Effets des hautes températures sur les paramètres sanguins

Des prélèvements sanguins sont pratiqués au 8<sup>ème</sup>, 18<sup>ème</sup>, 28<sup>ème</sup>, 38<sup>ème</sup> et 50<sup>ème</sup> jour d'âge sur des poulets mis à jeun 12h avant la collecte de sang. Les analyses effectuées concernent la détermination de paramètres hématologiques (globules blancs et rouges, hémoglobine, hématocrite, MCV, MCH et MCHC), biochimiques (glycémie, bilan lipidique, indicateurs hépatiques et rénaux, protéines métaboliques et ionogramme) et hormonaux (T3, T4, cortisol et corticostérone).

### II.6.1 Effet sur les composants hématologiques

#### II.6.1.1 Effet sur les globules blancs

Les résultats révèlent de manière générale une tendance à une légère hausse sous les effets des hautes températures, en termes de valeurs absolues ( $p > 0,05$ ), des taux circulants de globules blancs quelque soit l'âge de prélèvement (tableau 22). Pour les trois premiers prélèvements (J8, J18 et J28), les augmentations des taux de globules blancs chez le lot HT par rapport au lot TN s'établissent, en terme de proportions, respectivement à +1,83% ; +3,17% et à +0,39%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation s'établit à +0,93% en considérant les deux sexes. Chez les mâles et chez les femelles, ladite augmentation se situe respectivement à +1,01% et à +2,82%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, en prenant en compte les deux sexes, une augmentation non significative (+1,91%) des globules blancs chez le lot HT est notée. Celle-ci est de +0,58% chez les mâles et de +4,35% chez les femelles.

**Tableau N°22** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en globules blancs ( $10^6/\text{mm}^3$ ).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		188,825±5,681	192,350±8,432	<b>NS</b>
<b>J18</b>		259,012±11,628	267,487±21,355	<b>NS</b>
<b>J28</b>		256,875±13,558	257,878±12,219	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	248,238±9,148	250,565±5,784	<b>NS</b>
	♂	246,920±5,023	249,440±7,744	<b>NS</b>
	♀	247,037±11,466	254,210±4,172	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	241,467±11,524	246,179±9,083	<b>NS</b>
	♂	242,977±8,522	244,402±5,902	<b>NS</b>
	♀	238,532±15,877	249,380±9,621	<b>NS</b>

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

### II.6.1.2 Effet sur les globules rouges

Les résultats des concentrations sériques en globules rouges montrent une diminution non significative ( $p>0,05$ ) chez le lot expérimental pour les différents prélèvements effectués (tableau 23). En effet, les amplitudes notées se situent à -1,32% ; -4,37% et à -4,70% respectivement pour les trois premiers prélèvements (J8, J18 et J28). À J38 et à J50, ces diminutions s'établissent respectivement à -3,47% et à -1,14% en considérant mâles et femelles ensemble. Chez les mâles, ces différences s'établissent à -3,87% et à -1,34%, et chez les femelles, les amplitudes sont de -3,08% et de -0,99% respectivement pour les deux âges de prélèvement.

**Tableau N°23** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en globules rouges ( $10^3/\text{mm}^3$ ).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		1,684±0,138	1,662±0,230	<b>NS</b>
<b>J18</b>		2,532±0,332	2,426±0,361	<b>NS</b>
<b>J28</b>		2,539±0,343	2,425±0,210	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	2,388±0,233	2,308±0,127	<b>NS</b>
	♂	2,337±0,222	2,250±0,066	<b>NS</b>
	♀	2,440±0,265	2,367±0,155	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	2,306±0,234	2,280±0,096	<b>NS</b>
	♂	2,272±0,283	2,242±0,005	<b>NS</b>
	♀	2,340±0,212	2,317±0,133	<b>NS</b>

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

L'évolution de résultats révèle des diminutions non significatives du taux circulant de globules rouges chez le lot stressé par la chaleur. Ceci s'accorde avec les travaux de **ATTIA** et al., (2017) qui notent des moyennes respectives de  $2,11\pm 0,06$  vs  $2,15\pm 0,06(10^6/\text{mm}^3)$  au 42<sup>ème</sup> jour d'âge et qui sont non significatives.

### II.6.1.3 Effet sur l'hémoglobine

L'observation des résultats des taux circulants d'hémoglobine révèle que ce composé sanguin est négativement impacté aux différents prélèvements effectués. En effet, lors des trois premiers prélèvements (J8, J18 et J28), des diminutions non significatives ( $p>0,05$ ) sont observées chez le lot HT et dont les amplitudes respectives représentent -2,85% ; -5,54% et -

2,35%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution de l'hémoglobine demeure non significative et s'établit à -2,52% en considérant mâles et femelles. Pour les mâles seuls, la différence est de -4,78% et pour les femelles, elle représente -0,29%. Par ailleurs, au dernier prélèvement (J50), la diminution notée (-10,31%) est très significative ( $p=0,0038$ ) pour les deux sexes avec des moyennes de  $7,547\pm 0,612$  vs  $8,325\pm 0,175$ g/dl (tableau 24). Il en est de même pour les femelles ( $p=0,0069$ ) où la différence s'établit à -13,34%. En revanche, chez les mâles, la différence est non significative ( $p>0,05$ ) et s'établit à -7,42%.

**Tableau N°24 :** Effet des hautes températures sur la concentration sérique en hémoglobine (g/dl).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		7,637±0,997	7,425±0,991	<b>NS</b>
<b>J18</b>		10,950±1,629	10,375±1,274	<b>NS</b>
<b>J28</b>		10,130±0,730	9,897±0,368	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	8,675±0,430	8,462±0,407	<b>NS</b>
	♂	8,775±0,170	8,375±0,531	<b>NS</b>
	♀	8,575±0,613	8,550±0,289	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	8,325±0,175	7,547±0,612	<b>p=0,0038</b>
	♂	8,325±0,170	7,750±0,754	<b>NS</b>
	♀	8,325±0,206	7,345±0,441	<b>p=0,0069</b>

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

L'analyse des résultats indique que les concentrations sériques d'hémoglobine diminuent sous l'effet des hautes températures, particulièrement en fin d'élevage. Ce phénomène est également observée par **ATTIA** et al., (2017) et **JAISWAL** et al., (2017) qui rapportent des dépréciations significatives ( $p<0,05$ ) respectives de  $8,5\pm 0,93$  vs  $9,5\pm 0,83$ g/dl et de  $8,347\pm 0,141$  vs  $10,240\pm 0,125$ mg/dl pour des analyses réalisées au 42<sup>ème</sup> et au 35<sup>ème</sup> jour d'âge.

#### II.6.1.4 Effet sur l'hématocrite

Les taux circulants en hématocrite présentent certaines similitudes avec l'évolution de ceux de l'hémoglobine où des diminutions chez le lot expérimental sont notées pour l'ensemble des âges de prélèvements (tableau 25). En effet, au 8<sup>ème</sup> et au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions non significatives sont enregistrées et s'établissent respectivement à -3,44% et à -2,72%. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est très significative ( $p=0,0073$ ) et est de l'ordre de

-15,27%. La même tendance ( $p=0,0073$ ) est observée au 38<sup>ème</sup> jour d'âge avec une amplitude de -11,80% en considérant les deux sexes. Ladite diminution est pour sa part significative ( $p=0,013$ ) chez les femelles (-8,30%) alors que chez les mâles (-15,61%), elle est en termes de valeurs absolues. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est d'ordre significatif ( $p=0,023$ ) et s'établit à -15,17% chez l'ensemble de l'échantillon (mâles et femelles). Il en est de même chez les femelles ( $p=0,011$ ) où l'amplitude est de -17,69%. En revanche, chez les mâles, la différence est non significative ( $p>0,05$ ) et s'établit à (-12,5%).

**Tableau N°25 :** Effet des hautes températures sur la concentration sérique en hématoците (%).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		24,075±3,106	23,275±1,971	<b>NS</b>
<b>J18</b>		31,562±4,273	30,725±4,700	<b>NS</b>
<b>J28</b>		33,112±3,211	28,725±2,325	<b>p=0,0073</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	29,975±2,405	26,812±1,537	<b>p=0,0073</b>
	♂	29,625±3,449	25,625±1,108	<b>NS</b>
	♀	30,325±1,129	28,000±0,725	<b>p=0,013</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	27,250±2,510	23,661±3,117	<b>p=0,023</b>
	♂	25,875±2,954	23,000±4,082	<b>NS</b>
	♀	28,625±0,967	24,322±2,199	<b>p=0,011</b>

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

L'évolution des résultats révèle que les hautes températures impactent négativement et significativement les concentrations sériques en hématoците. Ceci est rapporté par plusieurs auteurs à l'image de **JAISWAL** et al., (2017) qui notent des moyennes de 26,071±0,542 vs 30,027±0,322% au 35<sup>ème</sup> jour d'âge. Il en est de même pour **SKOMORUCHA** et al., (2017) et **ATTIA** et al., (2017), ceux-ci rapportent des niveaux d'hématoците de 13,79 vs 14,29% et de 24,9±1,74 vs 28,9±1,98% respectivement pour des mesures réalisées au 41<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> jour d'âge.

#### II.6.1.5 Effet sur les composants des globules rouges

L'analyse des résultats des constituants des globules rouges indique que le volume globulaire moyen (MCV) montre une diminution à J8 (140,062±4,541 vs 161,622±4,841fL) (tableau 26). Celle-ci s'établit à hauteur de -15,39% en termes de proportions. La même tendance est observée au 18<sup>ème</sup> jour d'âge avec une diminution de -14,22%. Par ailleurs, au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la dépréciation devient pour sa part très significative ( $p=0,0054$ ) et affiche

une différence de -5,94%. Il en est de même au 38<sup>ème</sup> jour d'âge où la concentration sérique en MCV diminue (-3,71%) de façon significative ( $p=0,014$ ) chez le lot HT en considérant les deux sexes ensemble. En revanche, ladite diminution est en termes de valeurs absolues et s'établit à -3,68% et à -3,75% respectivement chez les mâles et chez les femelles. Au dernier prélèvement (J50), la diminution est très significative ( $p=0,0018$ ) et montre une amplitude de -3,12% chez l'ensemble de l'échantillon. Chez les femelles, la diminution est significative ( $p=0,014$ ) et s'établit à -3,68%. Par ailleurs, chez les mâles, l'amplitude notée est de -2,58% et reste toutefois non significative.

**Tableau N°26 :** Effet des hautes températures sur la concentration sérique en MCV (fL).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		161,622±4,841	140,062±4,541	<b>NS</b>
<b>J18</b>		161,887±5,550	141,733±5,097	<b>NS</b>
<b>J28</b>		162,360±4,913	153,250±6,135	<b>p=0,0054</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	163,182±4,601	157,336±3,692	<b>p=0,014</b>
	♂	163,782±5,607	157,969±4,926	<b>NS</b>
	♀	162,581±4,122	156,704±2,544	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	162,848±2,667	157,913±2,500	<b>p=0,0018</b>
	♂	163,332±3,125	159,227±2,205	<b>NS</b>
	♀	162,364±2,490	156,600±2,263	<b>p=0,014</b>

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

La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCH) évolue de façon similaire au volume globulaire moyen et montre une dépréciation chez le lot HT. En effet, lors des trois premiers prélèvements, à savoir, à J8, J18 et J28, des diminutions non significatives sont notées et s'établissent respectivement à -2,14% ; -2,06% et à -5,57%. Par ailleurs, au 38<sup>ème</sup> jour d'âge et en considérant les deux sexes, la diminution (-3,33%) est pour sa part significative ( $p=0,014$ ) et affiche des valeurs moyennes de  $45,278 \pm 1,188$  vs  $46,785 \pm 0,949$ pg (tableau 27). Ladite diminution (-4,88%) est aussi significative ( $p=0,013$ ) chez les femelles. En revanche, chez les mâles, cette différence est en termes de valeurs absolues et s'établit à -1,75%. Au dernier prélèvement (J50), une diminution non significative est observée chez l'ensemble de l'échantillon et elle s'établit à -3,13%. Chez les femelles, des moyennes quasi égales sont observées avec une très légère augmentation chez le lot HT et dont l'amplitude affiche +0,16% et demeure non significative aussi. Par ailleurs, chez les mâles, la différence est statistiquement significative ( $p=0,038$ ) et affiche un écart de -6,55%.

**Tableau N°27** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en MCH (pg).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		46,472±1,615	45,500±2,449	<b>NS</b>
<b>J18</b>		45,193±2,498	44,281±2,832	<b>NS</b>
<b>J28</b>		44,483±2,047	42,062±4,263	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	46,785±0,949	45,278±1,188	<b>p=0,014</b>
	♂	46,787±1,343	45,948±0,897	<b>NS</b>
	♀	46,784±0,545	44,608±1,137	<b>p=0,013</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	45,679±2,216	44,292±1,527	<b>NS</b>
	♂	46,308±1,247	43,461±1,752	<b>p=0,038</b>
	♀	45,050±2,974	45,122±0,732	<b>NS</b>

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

Les résultats des taux circulants de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (MCHC) indiquent eux aussi des diminutions sous l'effet des hautes températures. Des diminutions non significatives sont notées et s'établissent à -5,27% ; -3,03% et à -7,45% respectivement pour les prélèvements pratiqués aux 8<sup>ème</sup>, 18<sup>ème</sup> et 28<sup>ème</sup> jours d'âge. Cette même tendance est observée au 38<sup>ème</sup> jour d'âge. En effet, les diminutions demeurent non significatives et affichent des amplitudes qui s'établissent à -3,63% ; -2,11% et à -5,12% respectivement en considérant les deux sexes ensemble, chez les mâles et chez les femelles. Par ailleurs, au dernier prélèvement (J50) et en considérant l'ensemble de l'échantillon, la diminution (-5,61%) de ce composé sanguin est pour sa part très significative (p=0,0043) et affiche des moyennes respectives de 36,315±1,141 vs 38,353±1,256g/dl (tableau 28). Il en est de même chez les femelles avec une différence très significative (p=0,0015) de -8,32%. Chez les mâles, l'amplitude notée est de -2,96% mais reste toutefois non significative.

**Tableau N°28** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en MCHC (g/dl).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		36,187±2,419	34,375±2,973	<b>NS</b>
<b>J18</b>		35,430±2,624	34,389±2,903	<b>NS</b>
<b>J28</b>		38,012±4,446	35,375±4,138	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	37,456±1,562	36,143±1,285	<b>NS</b>
	♂	36,352±0,876	35,602±1,283	<b>NS</b>
	♀	38,561±1,294	36,684±1,194	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	38,353±1,256	36,315±1,141	<b>p=0,0043</b>
	♂	37,743±1,492	36,657±1,410	<b>NS</b>
	♀	38,964±0,679	35,972±0,860	<b>p=0,0015</b>

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

L'analyse des résultats des composants des globules rouges révèle une diminution de ceux-ci chez le lot stressé par la chaleur. Cette tendance est rapportée par **MOUSTAFA et al.**, (2021) au 42<sup>ème</sup> jour d'âge qui notent des moyennes de 191,30 vs 205,11 $\mu$ m<sup>3</sup>/RBC et de 62,6 vs 64,2pg respectivement pour le MCV et MCH. De leurs côtés, **HASSAN et ASIM**, (2020) constatent des niveaux de 32,61 $\pm$ 3,45 vs 32,89 $\pm$ 2,65mg/100ml de MCHC pour des prélèvements réalisés à la 7<sup>ème</sup> semaine d'âge.

La tendance évolutive des résultats liés aux paramètres hématologiques révèle leurs dégradations sous contraintes thermiques, particulièrement en fin d'élevage. Ces constatations corroborent ceux de **YAHAV et HURWITZ**, (1996) ; **ALTAN et al.**, (2003) ; **DINU et al.**, (2004) et **OLANREWAJU et al.**, (2010) qui émettent que les composantes de l'hémoglobine et de l'hématocrite diminuent sous hautes températures d'élevage. Ces mêmes auteurs attribuent cette réaction comme une réponse de l'organisme face à des conditions défavorables.

Pour leurs parts, **ALTAN et al.**, (2000) attribuent la perturbation du profil hématologique à une hypothétique diminution de la production d'érythrocytes, en terme de nombre et de taille. De leurs côtés, **YAHAV et al.**, (1997) ; **FURLAN et al.**, (1999) ; **BORGES et al.**, (1999) ; **AENGWANICH** (2002) ; **AENGWANICH et CHINRASRI** (2002) et **AENGWANICH et SIMARAKS** (2003) suggèrent qu'après une exposition à de hautes températures, un phénomène d'hémolyse se produirait d'où la perturbation de ces paramètres.

**TOLLBA et al.**, (2004) ; **ATTIA et al.**, (2009 et 2011) et **COOPER**, (2015) attirent l'attention sur le fait que sous des conditions de stress thermique, l'augmentation constatée de l'ASAT pourrait être associée à une hyper glycémie ainsi qu'à une hyper costicostéronémie et qui aurait comme incidence, une dégradation des paramètres hématologiques.

Enfin, le déséquilibre des composants des globules rouges serait lié pour sa part à la diminution des taux circulant d'hémoglobine observée sous ces conditions particulières selon **OSMAN**, (1996) ; **MAGDA** (1999) et **NADIA**, (2003). Ces mêmes auteurs rajoutent que cet effet serait plus accentué sous des températures caniculaires.

## **II.6.2 Effet des hautes températures sur les paramètres biochimiques**

### **II.6.2.1 Effet sur la glycémie**

Les résultats révèlent une augmentation de la glycémie chez le lot HT pour les différents âges de prélèvement. En effet, au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+4,64%) non



significative est observée. Les moyennes enregistrées s'établissent à  $1,94 \pm 0,41$  vs  $1,85 \pm 0,12$  g/l (tableau 29). Au 18<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la glycémie demeure élevée chez le lot HT mais de façon non significative. En termes de proportions, cette augmentation s'échelonne à +2,30% et à +0,56% respectivement pour les deux jours de prélèvements. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, les hautes températures semblent provoquer une hyperglycémie hautement significative ( $p=0,00021$ ) en considérant les deux sexes et dont les concentrations sériques s'établissent à  $2,43 \pm 0,18$  vs  $2,01 \pm 0,19$  g/l, ce qui représente une différence de +17,28%. Cette hyperglycémie est très significative ( $p=0,0038$ ) chez les mâles avec une augmentation de +22,86% et elle est significative ( $p=0,030$ ) chez les femelles dont la différence s'établit à +12,86%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, l'effet de la chaleur se fait ressentir toujours en induisant une augmentation (+10,32%) très significative ( $p=0,0067$ ) de la glycémie en prenant en considération les deux sexes. Cette hyperglycémie persiste chez les mâles et chez les femelles, mais en termes de valeurs absolues. Les différences en termes de proportions s'établissent à +13,23% et à +8,43% respectivement pour les deux sexes.

**Tableau N°29** : Effet des hautes températures sur la glycémie (g/l).

Jours d'élevage		Lot TN	Lot HT	Signification statistique
<b>J8</b>		$1,85 \pm 0,12$	$1,94 \pm 0,41$	<b>NS</b>
<b>J18</b>		$1,70 \pm 0,21$	$1,74 \pm 0,08$	<b>NS</b>
<b>J28</b>		$1,76 \pm 0,13$	$1,77 \pm 0,14$	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	$2,01 \pm 0,19$	$2,43 \pm 0,18$	<b>p=0,00021</b>
	♂	$1,89 \pm 0,11$	$2,45 \pm 0,22$	<b>p=0,0038</b>
	♀	$2,10 \pm 0,19$	$2,41 \pm 0,17$	<b>p=0,030</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	$2,26 \pm 0,20$	$2,52 \pm 0,15$	<b>p=0,0067</b>
	♂	$2,23 \pm 0,24$	$2,57 \pm 0,16$	<b>NS</b>
	♀	$2,28 \pm 0,19$	$2,49 \pm 0,15$	<b>NS</b>

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

Les résultats obtenus s'accordent avec plusieurs travaux qui observent une hyperglycémie significative sous l'effet de la chaleur. En effet, **JAISWAL** et al., (2017) ; **FLEES** et al., (2017) et **AL-SULTAN** et al., (2019) rapportent des glycémies respectives qui s'établissent à  $284,02 \pm 9,27$  vs  $210,24 \pm 7,34$  mg/dl ;  $330,37 \pm 11$  vs  $272,75 \pm 4,7$  mg/dl et à  $281,69$  vs  $221,67$  mg/dl pour des prélèvements effectués aux 42<sup>ème</sup>, 35<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jour d'âge. Ces observations sont confortées aussi par celle de **GARRIGA** et al., (2006) ; **SHIM** et al., (2006) ; **OLANREWAJU** et al., (2010) et **RASHIDI** et al., (2010) qui rapportent que le taux de glucose sanguin montre une augmentation significative sous stress thermique.

Enfin, l'hyperglycémie observée sous contraintes thermiques pourrait être attribuée à une éventuelle diminution de l'absorption du glucose par les muscles squelettiques, entraînant ainsi, une plus grande offre de glucose aux cellules hépatiques selon **BLAHOVA** et al., (2007). Ceci engendrerait une augmentation de la lipogenèse hépatique suivie d'un dépôt accru de lipides, surtout sous-cutanés en phase de finition.

Par ailleurs, l'hypoglycémie constatée sous contraintes thermiques, pourrait être attribuée à une réduction de la prise alimentaire et qui serait parallèle à une augmentation de la consommation d'eau accompagnée d'une hémodilution en réponse à la chaleur selon **ABDALLA** et **NAWAL**, (2009). Par conséquent, ceci engendrerait une diminution de la consommation des glucides et probablement du stockage hépatique du glycogène.

### **II.6.2.2 Effet sur le bilan lipidique**

Le bilan lipidique concerne la concentration sérique de deux composés majeurs qui sont le cholestérol et les triglycérides. Les résultats indiquent des niveaux de cholestérol relativement proches lors des trois premiers prélèvements. En effet, au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, les concentrations moyennes s'établissent à  $1,48 \pm 0,09$  vs  $1,47 \pm 0,03$ g/l respectivement pour le lot témoin et le lot expérimental (tableau 30). Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, la cholestérolémie est légèrement élevée chez le lot témoin ( $1,08 \pm 0,08$ g/l) par rapport au lot expérimental ( $1,01 \pm 0,06$ g/l). Il en est de même pour les prélèvements pratiqués au 28<sup>ème</sup> jour d'âge où le lot TN affiche une moyenne de  $1,18 \pm 0,03$ g/l alors que le lot HT affiche  $1,16 \pm 0,16$ g/l de cholestérol sanguin. Cette tendance de résultats s'inverse au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, la cholestérolémie augmente très significativement ( $p=0,0052$ ) chez le lot HT avec une différence de +9,34% en considérant les deux sexes ensemble. Il en est de même pour les femelles ( $p=0,0040$ ) avec une différence qui s'établit à +11,96%. Par ailleurs, chez les mâles, une augmentation de l'ordre de +5,83 est observée mais en termes de valeurs absolues. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, l'hypercholestérolémie persiste chez le lot HT. Celle-ci (+4,10%) est hautement significative ( $p=0,00017$ ) en prenant en compte les mâles et les femelles. Ladite augmentation (+2,48%) est significative ( $p=0,026$ ) pour les mâles et très significative ( $p=0,0023$ ) chez les femelles avec une différence qui s'établit à +5,69%.

**Tableau N°30** : Effet des hautes températures sur la cholestérolémie (g/l).

Jours d'élevage		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		1,48±0,09	1,47±0,03	<b>NS</b>
<b>J18</b>		1,08±0,08	1,01±0,06	<b>NS</b>
<b>J28</b>		1,18±0,03	1,16±0,16	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	1,08±0,07	1,19±0,03	<b>p=0,0052</b>
	♂	1,13±0,07	1,20±0,02	<b>NS</b>
	♀	1,03±0,04	1,17±0,04	<b>p=0,0040</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	1,17±0,01	1,22±0,02	<b>p=0,00017</b>
	♂	1,18±0,01	1,21±0,02	<b>p=0,026</b>
	♀	1,16±0,005	1,23±0,02	<b>p=0,0023</b>

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

L'évolution des résultats de la concentration sérique en triglycérides révèle certaines similitudes avec celle de la cholestérolémie. En effet, au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une légère augmentation (+1,42%), non significative, des triglycérides est notée chez lot témoin (1,41±0,05 vs 1,39±0,09g/l) (tableau 31). Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, la même tendance est observée avec des moyennes de 0,77±0,04 vs 0,72±0,05g/l respectivement chez le lot TN et le lot HT. Il en est de même pour le 28<sup>ème</sup> jour d'âge où les concentrations s'établissent à 0,87±0,04 vs 0,84±0,04g/l respectivement pour les deux lots. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, la tendance s'inverse puisqu'elle indique une augmentation (+9,78%) hautement significative (p=0,00015) de la triglycéridémie chez le lot HT en considérant les deux sexes. Chez les mâles, l'augmentation est significative (p=0,017), celle-ci s'établit à +11,83 alors que, chez les femelles, l'augmentation est très significative (p=0,0066) et est de l'ordre de +8,79%. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, cette dernière tendance de résultats est maintenue. En considérant les deux sexes, les hautes températures induisent une hyper triglycéridémie très significative (p=0,0084) qui représente +11,96% en termes de proportions. Chez les femelles, l'hyper triglycéridémie est significative (p=0,021) et s'établit à +18,49% alors que chez les mâles, cette augmentation est observée mais en termes de valeurs absolues ; celle-ci s'échelonne à +5,22%.

**Tableau N°31** : Effet des hautes températures sur la triglycéridémie (g/l).

Jours d'élevage		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		1,41±0,05	1,39±0,09	<b>NS</b>
<b>J18</b>		0,77±0,04	0,72±0,05	<b>NS</b>
<b>J28</b>		0,87±0,04	0,84±0,04	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	0,83±0,03	0,92±0,04	<b>p=0,00015</b>
	♂	0,82±0,05	0,93±0,04	<b>p=0,017</b>
	♀	0,83±0,02	0,91±0,03	<b>p=0,0066</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	1,03±0,12	1,17±0,05	<b>p=0,0084</b>
	♂	1,09±0,05	1,15±0,06	<b>NS</b>
	♀	0,97±0,14	1,19±0,03	<b>p=0,021</b>

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

L'analyse des résultats du bilan lipidique fait ressortir que les conditions de hautes températures n'ont pas eu d'effets significatifs sur la cholestérolémie ainsi que sur la triglycéridémie en phase de démarrage et lors de la première moitié de la phase de croissance. En revanche, la tendance s'inverse totalement pour les deux derniers prélèvements (J38 et J50) avec des augmentations significatives, voire hautement significatives, de ces deux composés sanguins. Cette évolution des résultats corroborent plusieurs travaux dont ceux de **RAFAT KHAFAR** et al., (2019) qui constatent une hyper cholestérolémie et une hyper triglycéridémie dont les moyennes respectives sont de 132,00±3,44 vs 111,00±3,74mg/dl et de 136,00±3,14 vs 110,00±8,74mg/dl au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il en est de même pour **EROL** et al., (2017) qui notent des niveaux de cholestérol de 148,860±4,595 vs 142,290±7,286mg/dl et de triglycérides de 138,290±9,446 vs 119,710±6,015mg/dl au 35<sup>ème</sup> jour d'élevage. De leurs côtés, **HOSSEINI-MANSOUB** et al., (2010) observent aussi une augmentation très significative du cholestérol (3,32 vs 2,56mmol/l ; p<0,01) ainsi qu'une augmentation significative des triglycérides (0,67 vs 0,49mmol/l ; p<0,05) mesurées au 42<sup>ème</sup> jour d'âge.

Cette évolution des résultats serait liée à une éventuelle hyperstimulation de la glande surrénale et qui conduirait à des décharges d'hormones adrénocorticotropes pour lesquelles le cholestérol agirait comme précurseur selon **IHSANULLAH** et al., (2017). Pour leurs parts, **GERAERT** et al., (1996) suggèrent qu'en phase de finition, l'absorption des lipides sanguins par les tissus adipeux périphériques deviendrait intense, d'où l'augmentation des triglycérides et un dépôt de gras sous cutané accrus pendant cette phase. En revanche, il est utile de souligner que certains auteurs dont **SEVEN** et al., (2009) et **HOSSEINI VASHAN** et **RAEI-MOGHADEM**, (2019) observent des diminutions des composants du bilan lipidique sous

contraintes thermiques. La diminution de la tryglycémie serait attribuée à un transfert intense d'acides gras vers la membrane mitochondriale interne selon **PARIZADIAN** et al., (2011). Par ailleurs, **SANTOSO** et al., (1995 a et b) rapportent que la diminution du cholestérol sanguin s'accompagne toujours par une diminution du niveau de triglycérides.

### **II.6.2.3 Effet sur les indicateurs hépatiques et rénaux**

#### **a. Effet sur les indicateurs hépatiques**

L'analyse des résultats des indicateurs de la fonction hépatique (ASAT et ALAT) indique une augmentation de ces deux composés sanguins chez les poulets stressés par la chaleur aux différents âges de prélèvements. Les concentrations sériques de l'ASAT révèlent qu'au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+9,13%) non significative est notée chez le lot HT dont les moyennes s'établissent à  $258,007 \pm 26,937$  vs  $234,438 \pm 16,918$  UI/l (tableau 32). Par ailleurs, à partir du deuxième prélèvement, l'augmentation de ce paramètre persiste, et de façon significative, sous l'effet des hautes températures et ce jusqu'au dernier prélèvement. En effet, au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation significative ( $p=0,013$ ) est observée et elle s'établit à +10,18. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation devient hautement significative (0,00015) et elle est de l'ordre de +5,14%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, en prenant en considération les deux sexes, la concentration sérique de l'ASAT est significativement ( $p=0,021$ ) augmentée sous contraintes thermiques et dont la différence représente +10,05%. En revanche, en considérant chaque sexe séparément, des augmentations sont constatées, mais en termes de valeurs absolues ; celles-ci s'établissent à +7,99% et à +12,03% respectivement pour les mâles et pour les femelles. Au dernier prélèvement (J50), l'effet de la chaleur maintient son impact en augmentant très significativement ( $p=0,0034$ ) la concentration en ASAT, cette élévation s'échelonne à +13,85% pour les deux sexes. Il en est de même chez les femelles où une augmentation (+14,04%) significative ( $p=0,037$ ) est observée. Par ailleurs, chez les mâles, la différence est de +13,67% mais demeure statistiquement non significative.

**Tableau N°32** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en ASAT (UI/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		234,438±16,918	258,007±26,937	<b>NS</b>
<b>J18</b>		229,732±14,447	255,762±19,376	<b>p=0,013</b>
<b>J28</b>		227,646±1,212	240,000±2,209	<b>p=0,00015</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	240,858±22,146	267,773±19,529	<b>p= 0,021</b>
	♂	241,015±17,260	261,937±20,412	<b>NS</b>
	♀	240,702±29,093	273,610±19,556	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	221,457±19,388	257,081±21,208	<b>p=0,0034</b>
	♂	221,500±27,838	256,585±20,265	<b>NS</b>
	♀	221,415±10,104	257,577±25,262	<b>p= 0,037</b>

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

L'évolution des taux circulants de l'ALAT révèle une tendance semblable à celle de l'ASAT. En effet, lors du premier prélèvement (J8), une augmentation (+4,17%) hautement significative ( $p=0,00028$ ) est notée sous l'effet des hautes températures avec des moyennes respectives de  $73,455\pm 1,634$  vs  $70,391\pm 0,777$  UI/l (tableau 33). Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation demeure hautement significative ( $p=0,00016$ ) et s'échelonne à +7,09%. Il en est de même pour le 28<sup>ème</sup> jour d'âge ( $p=0,00011$ ) où l'augmentation est de +7,50% en termes de proportions. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, l'impact des hautes températures demeure hautement significatif (0,00086) et dont la différence s'établit à +11,32 lorsque les prélèvements concernent mâles et femelles regroupés. Cette différence est très significative ( $p=0,0057$ ) chez les mâles (+12,41%) alors que chez les femelles, une amplitude de +10,32% est notée mais en termes de valeurs absolues. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation très significative ( $p=0,0013$ ) de la concentration sérique de l'ALAT sous l'effet des hautes températures est constatée et s'établit à +14,08% chez les deux sexes. Il en est de même chez les mâles ( $p=0,0068$ ) où la différence est de l'ordre de +14,11%. Par ailleurs, chez les femelles, l'augmentation enregistrée de ce composé est de +14,04% mais celle-ci reste numérique ( $p>0,05$ ).

**Tableau N°33** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en ALAT (UI/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		70,391±0,777	73,455±1,634	<b>p=0,00028</b>
<b>J18</b>		67,768±2,462	72,941±1,468	<b>p=0,00016</b>
<b>J28</b>		64,623±2,242	69,438±1,264	<b>p=0,00011</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	72,018±2,909	81,216±5,444	<b>p= 0,00086</b>
	♂	71,977±3,773	82,085±3,003	<b>p= 0,0057</b>
	♀	72,060±2,347	80,347±7,624	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	73,105±3,730	85,082±7,593	<b>p=0,0013</b>
	♂	73,207±2,0910	85,235±5,577	<b>p=0,0068</b>
	♀	73,002±5,298	84,930±10,167	<b>NS</b>

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

La cinétique des résultats fait ressortir des augmentations significatives des concentrations sériques des indicateurs hépatiques pour la majorité des prélèvements. Cette évolution concorde avec plusieurs études dont ceux de **ATTIA** et al., (2017) et de **HAMIDI** et al., (2019) qui rapportent des augmentations significatives de l'ASAT qui s'établissent à 72,4±1,51 vs 62,4±1,31UI/l et à 45,39 vs 45,24UI/dl. Pour l'ALAT, les moyennes sont de 61,4±1,14 vs 60,4±1,31UI/l et de 9,04 vs 9,00UI/dl lorsque les prélèvements sont effectués au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Il en est de même pour **HASAN et OMRAN**, (2017) qui rapportent des valeurs de 9,04±0,16 vs 7,98±0,06g/dl et de 7,1±0,3 vs 5,4±0,2g/dl pour l'ASAT et l'ALAT au 40<sup>ème</sup> jour d'âge.

#### **b. Effet sur les indicateurs rénaux**

Les indicateurs de la fonction rénale (urée, créatinine et acide urique) montrent à leurs tours une augmentation chez les poulets menés sous hautes températures quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, l'urée sérique montre une augmentation (+27,78%) hautement significative (p=0,00025) dès le premier prélèvement (J8) chez le lot HT comparativement au lot TN (0,090±0,005 vs 0,065±0,013g/l) (tableau 34). Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation demeure hautement significative (p=0,00011) et dont l'amplitude se situe à +41,41%. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation de l'urée sanguin est très significative (p=0,0032) sous contraintes thermiques et en termes de différences, celle-ci s'établit à +24,86%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, en prenant en considération les deux sexes, l'augmentation sous contraintes thermiques est hautement significative (p=0,00023) et représente une différence de +30,88%. Il en est de même chez les mâles (p=0,00018) où l'amplitude s'établit à +40,79%. En revanche, pour les

femelles, une différence de +18,03% est notée et reste statistiquement non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation très significative ( $p=0,0093$ ) de l'ordre de +56,79% est notée chez le lot HT en considérant les deux sexes. Par ailleurs, chez les mâles et les femelles, des amplitudes respectives de +54,94% et de +42,86% sont enregistrées mais en termes de valeurs absolues.

**Tableau N°34** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en urée (g/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		0,065±0,013	0,090±0,005	<b>p=0,00025</b>
<b>J18</b>		0,075±0,006	0,128±0,027	<b>p=0,00011</b>
<b>J28</b>		0,136±0,022	0,181±0,027	<b>p=0,0032</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	0,047±0,005	0,068±0,011	<b>p= 0,00023</b>
	♂	0,044±0,004	0,075±0,004	<b>p= 0,00018</b>
	♀	0,050±0,004	0,061±0,011	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	0,035±0,015	0,081±0,033	<b>p=0,0093</b>
	♂	0,041±0,004	0,091±0,007	<b>NS</b>
	♀	0,030±0,02	0,070±0,047	<b>NS</b>

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

Les résultats obtenus pour la créatinine révèlent une certaine similitude avec ceux de l'urée. En effet, dès la première prise sanguine (J8), une augmentation (+12,93%) hautement significative ( $p=0,00011$ ) est notée sous l'effet des hautes températures avec dont les moyennes respectives sont de 2,737±0,105 vs 2,383±0,126mg/l (tableau 35). La même tendance est observée au 18<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge avec un impact hautement significatif ( $p=0,00013$  ;  $p=0,00012$ ) de la chaleur et qui est de l'ordre de +16,14% et de +12,70% respectivement pour les deux prélèvements. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, en considérant les deux sexes, la concentration sérique en créatinine est élevée chez le lot HT de façon hautement significative ( $p=0,00028$ ) avec une différence de +15,81%. L'augmentation est pour sa part très significative ( $p=0,019$ ) chez les femelles (+15,20%) et significative ( $p=0,0020$ ) chez les mâles (+16,33%). Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, l'effet des hautes températures persiste (+21,92%) de façon hautement significative ( $p=0,00044$ ) chez les mâles et les femelles regroupés. En considérant chaque sexe séparément, l'augmentation (+21,18%) demeure hautement significative ( $p=0,00010$ ) chez les mâles et significative ( $p=0,015$ ) chez les femelles (+22,54%).



**Tableau N°35** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en créatinine (mg/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		2,383±0,126	2,737±0,105	<b>p=0,00011</b>
<b>J18</b>		2,571±0,226	3,066±0,145	<b>p=0,00013</b>
<b>J28</b>		2,742±0,193	3,141±0,094	<b>p= 0,00012</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	2,812±0,153	3,340±0,220	<b>p=0,00028</b>
	♂	2,920±0,081	3,490±0,195	<b>p= 0,019</b>
	♀	2,705±0,134	3,190±0,121	<b>p= 0,0020</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	2,682±0,347	3,435±0,310	<b>p= 0,00044</b>
	♂	2,512±0,078	3,187±0,128	<b>p=0,00010</b>
	♀	2,852±0,445	3,682±0,214	<b>p=0,015</b>

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

Les résultats révèlent aussi que l'acide urique est impacté par les hautes températures. En effet, à partir du premier prélèvement (J8), une augmentation (+6,47%) très significative est notée et dont les moyennes respectives s'établissent à 100,565±3,373 vs 94,060±1,698mg/l (tableau 36). Au 18<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation de ce paramètre (+4,80% ; +3,90%) devient hautement et très significative (p=0,00022 ; p=0,0010) respectivement pour les deux âges de prélèvement. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, en considérant les deux sexes, l'acide urique augmente très significativement (p=0,0071) sous l'effet des hautes températures (+4,61%). Il en est de même chez les femelles (p=0,0092 ; +2,73%). Chez les mâles, l'augmentation est significative (p=0,027) et est de l'ordre de +6,50%. Au dernier prélèvement (J50), une augmentation hautement significative (p=0,00012) de +10,39% est constatée chez les mâles et chez les femelles. Chez les femelles, l'augmentation (+6,54%) est très significative (p=0,0058) alors que, chez les mâles, une augmentation de +13,93% est notée mais qui reste non significative.

**Tableau N°36** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en acide urique (mg/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		94,060±1,698	100,565±3,373	<b>p=0,0011</b>
<b>J18</b>		71,720±1,615	75,343±0,436	<b>p=0,00022</b>
<b>J28</b>		60,325±0,212	62,775±1,354	<b>p=0,0010</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	48,203±1,346	50,535±1,257	<b>p= 0,0071</b>
	♂	47,207±1,185	50,485±1,901	<b>p= 0,027</b>
	♀	49,200±0,424	50,585±0,259	<b>p= 0,0092</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	42,332±0,309	47,237±2,130	<b>p= 0,00012</b>
	♂	42,277±0,364	49,120±0,470	<b>NS</b>
	♀	42,387±0,286	45,355±0,961	<b>p=0,005894</b>

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

L'évolution des résultats indique que les indicateurs rénaux sont significativement élevés chez les poulets soumis au stress thermique. Cette cinétique s'accorde parfaitement avec les travaux de **SEDGH-GOOYA** et **TORKI**, (2018) et **HOSSEINI VASHAN** et **RAEL-MOGHADEM**, (2019) qui notent des augmentations significatives et hautement significatives de l'acide urique sanguin dont les valeurs sont de 9,34 vs 7,76mg/dl chez des poules pondeuses âgées de 46 semaines et de 80,19 vs 54,05mg/dl chez des poulets de chair au 42<sup>ème</sup> jour d'âge. Dans le même ordre d'idées, **KATARIA** et al., (2008) et de **ATTIA** et **HASSAN**, (2017) rapportent des augmentations significatives des dits indicateurs. Globalement, des perturbations sous l'effet des hautes températures des indicateurs de la fonction hépatique et rénale sont constatées. Cette évolution assez spécifique serait liée directement au stress thermique selon **BRANCACCIO** et al., (2007). Ces mêmes auteurs rajoutent que les niveaux de l'ASAT et de l'ALAT s'élèveraient significativement à mesure que la durée du stress persiste. Pour ces raisons, **MASHIKO** et al., (2004) conseillent d'utiliser ces indicateurs comme outils de suivi de l'état de stress en aviculture.

Pour sa part, **PECH-WAFFENSCHMIDT**, (1992) indique que l'augmentation de la température ambiante s'accompagne d'une augmentation de la température corporelle et qui aurait pour conséquences, entre autre, une augmentation des indicateurs hépatiques. Cette situation entraînerait des changements physiologiques dramatiques dans les organes des poulets de chair selon le même auteur. À leurs tours, **BORGES** et al., (2004) rajoutent que l'augmentation de ces indicateurs ainsi que celui de la glycémie indiqueraient une stimulation du processus gluconéogénétique.

Enfin, **KHAN** et al., (2002) rapportent que sous contraintes thermiques, les concentrations sanguines d'urée, créatinine et d'acide urique augmenteraient. Ce profil confirmerait le rôle protéolytique de la corticosérone selon les mêmes auteurs.

#### II.6.2.4 Effet sur les protéines métaboliques

L'analyse des résultats des concentrations sériques des protéines métaboliques, à savoir, les protéines totales, l'albumine et les globulines, révèle de façon générale des diminutions de ces composés chez les poulets du lot HT. Au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, les protéines totales montrent une diminution significative ( $p=0,011$ ) de -13,59% et dont les moyennes s'établissent à  $20,006 \pm 2,020$  vs  $22,727 \pm 2,122$  g/l (tableau 37). Cette diminution devient hautement significative ( $p=0,00077$ ) au 18<sup>ème</sup> jour d'âge (-13,54%). Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution des protéines totales est très significative ( $p=0,0097$ ) et dont l'amplitude est de -22,97%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, en prenant en compte l'ensemble de l'échantillon (mâles et femelles), la diminution (-13,77%) de ce composé sanguin est significative ( $p=0,015$ ). En revanche, en considérant les mâles et les femelles séparément, des diminutions non significatives ( $p>0,05$ ) sont notées et s'établissent à -10,95% et à -16,60% respectivement pour les deux sexes. Au dernier prélèvement (J50), les protéines totales diminuent (-25,50%) de façon très significative ( $p=0,0043$ ) en considérant les deux sexes. Chez les mâles, cette diminution (-28,97%) est significative ( $p=0,036$ ) alors que, chez les femelles, la diminution notée (-21,89%) est en termes de valeurs absolues.

**Tableau N°37:** Effet des hautes températures sur la concentration sérique en protéines totales (g/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		22,727±2,122	20,006±2,020	<b>p=0,011</b>
<b>J18</b>		27,252±2,190	22,165±2,095	<b>p=0,00076</b>
<b>J28</b>		26,516±2,111	23,357±2,115	<b>p=0,0097</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	23,382±2,033	20,550±2,054	<b>p=0,015</b>
	♂	22,720±2,059	20,477±1,765	<b>NS</b>
	♀	24,045±2,059	20,622±2,591	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	34,221±3,472	27,268±4,642	<b>p=0,0043</b>
	♂	35,825±2,839	27,777±5,265	<b>p=0,036</b>
	♀	32,617±3,634	26,760±4,677	<b>NS</b>

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

Les résultats des taux circulants d'albumine évoluent de la même façon que ceux des protéines totales. En effet, dès les premiers prélèvements (J8 et J18), des diminutions significatives ( $p=0,025$  ;  $p=0,048$ ) sont notées, sous l'effet des hautes températures, et qui s'établissent à  $-11,40\%$  et à  $-16,30\%$  respectivement pour les deux âges de prélèvement. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution ( $-16,95\%$ ) devient très significative ( $p=0,0060$ ). Les moyennes notées sont de  $16,983\pm 1,526$  vs  $19,862\pm 2,007$ g/l respectivement pour le lot expérimental et le lot témoin (tableau 38). Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, des diminutions significatives ( $p=0,028$  ;  $p=0,045$ ) qui s'établissent à  $-11,49\%$  et à  $-13,14\%$  sont observées en considérant les deux sexes et chez les mâles respectivement. Par ailleurs, chez les femelles, une diminution non significative ( $p>0,05$ ) de l'ordre de  $-10,44\%$  est enregistrée. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, la concentration sérique d'albumine est significativement plus basse chez le lot HT. Les différences s'établissent à  $-9,84\%$  et à  $-10,74\%$  en prenant en compte respectivement les deux sexes ainsi que les femelles. En revanche, chez les mâles, la diminution est pour sa part non significative et représente  $-8,97\%$  en termes de proportions.

**Tableau N°38 :** Effet des hautes températures sur la concentration sérique en albumine (g/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		16,817±1,486	15,096±1,086	<b>p=0,025</b>
<b>J18</b>		19,096±2,610	16,418±2,347	<b>p=0,048</b>
<b>J28</b>		19,862±2,007	16,983±1,526	<b>p=0,0060</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	17,821±1,929	15,938±1,006	<b>p=0,028</b>
	♂	18,317±1,456	16,190±0,866	<b>p=0,045</b>
	♀	17,325±2,430	15,687±1,200	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	18,158±1,166	16,531±1,174	<b>p=0,014</b>
	♂	18,297±1,671	16,790±1,264	<b>NS</b>
	♀	18,020±0,574	16,272±1,199	<b>p=0,039</b>

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

Les résultats obtenus pour les globulines évoluent aussi de la même façon que ceux des protéines totales et de l'albumine. En effet, quelque soit le jour de prélèvement, les taux circulants de globulines demeurent plus bas chez le lot stressé par la chaleur (HT). Au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution significative ( $p=0,021$ ) est observée et représente une différence de  $-11,68\%$ . Cette diminution ( $-16,96\%$ ) devient très significative ( $p=0,0071$ ) au 18<sup>ème</sup> jour d'âge avec des moyennes notées qui s'établissent à  $17,936\pm 1,699$  vs  $20,978\pm 2,141$ g/l (tableau 39). Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution significative ( $p=0,046$ ) est notée et qui représente  $-9,16\%$  en termes de proportions. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est significative

( $p=0,039$  ;  $p=0,049$ ) et s'établit à -10,30% et à -12,35% respectivement en considérant les deux sexes et pour les femelles seules. Par ailleurs, les mâles montrent une diminution de -7,80% mais qui reste statistiquement non significative. Au dernier prélèvement (J50), une diminution significative ( $p=0,039$ ) du taux circulant de globulines est toujours constatée et s'établit à -11,92% en considérant les deux sexes. En revanche, les mâles et les femelles montrent une tendance à la diminution mais qui demeure non significative ( $p>0,05$ ). En termes de proportions, les différences sont de l'ordre de -7,40% et de -16,57% respectivement pour les mâles et pour les femelles.

**Tableau N°39** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en globulines (g/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		22,464±1,897	20,115±2,119	<b>p=0,021</b>
<b>J18</b>		20,978±2,141	17,936±1,699	<b>p=0,0071</b>
<b>J28</b>		19,106±1,521	17,502±1,412	<b>p=0,046</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	21,450±1,721	19,447±1,821	<b>p=0,039</b>
	♂	22,310±1,667	20,695±1,322	<b>NS</b>
	♀	20,590±1,470	18,327±1,108	<b>p=0,049</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	22,447±2,004	20,057±2,193	<b>p=0,039</b>
	♂	21,870±2,607	20,362±0,949	<b>NS</b>
	♀	23,025±1,299	19,752±3,174	<b>NS</b>

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

En résumé, l'analyse globale des résultats des protéines métaboliques fait ressortir que les protéines totales, l'albumine et les globulines sont négativement et significativement impactées par les conditions de stress thermique. Cette évolution se rapproche de celle de **HUANG** et al., (2017) qui notent des niveaux moyens de 22,67±0,33 vs 32,60±1,40g/l ; 13,00±0,00 vs 17,20±0,80g/l et de 9,67±0,33 vs 15,40±0,75g/l respectivement pour les protéines métaboliques. Cette tendance est observée de façon non significative par **SEVEN** et al., (2009) et **HASAN** et **OMRAN**, (2017) ainsi que par **SEDGH-GOOYA** et **TORKI** (2018) chez des poules pondeuses .

Ces modifications des taux sériques de protéines métaboliques serait le résultat d'une sous alimentation en matière de protéines et qui serait parallèle à une dépréciation de leurs digestibilités selon **BONNET** et al., (1997) et **KHAN** et al., (2002).

De leurs côtés, **YAHAV** et al., (1997) relatent que le stress thermique conduirait à une dénaturation des protéines réduisant ainsi leurs taux circulants.

Enfin, **KHAN** et al., (2002) indiquent que sous contraintes thermiques, plusieurs paramètres

sanguins seraient perturbés, entre autres, les protéines métaboliques. C'est ce qui leurs confèreraient un statut d'outil de suivi de l'état de stress dans les élevages avicoles, notamment ceux de poulets de chair selon les mêmes auteurs.

### II.6.2.5 Effet sur l'équilibre électrolytique

Afin d'étudier les effets des hautes températures sur l'équilibre électrolytique, les concentrations sanguines de trois ions majeurs, à savoir, le sodium, le potassium ainsi que le chlore sont explorées. Ces derniers révèlent globalement des dépréciations sous l'effet des hautes températures. En effet, le sodium montre, au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution non significative chez le lot HT par rapport au lot TN dont les moyennes s'établissent respectivement à  $144,426 \pm 11,606$  vs  $157,333 \pm 13,245$  meq/l (tableau 40). En revanche, au 18<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution devient significative ( $p=0,010$  ;  $p=0,028$ ) et s'établit en termes de proportions à -12,40% et à -9,37% respectivement pour les deux âges de prélèvements. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution significative ( $p=0,047$  ;  $p=0,022$ ) est notée en considérant les deux sexes et chez les mâles seuls avec des amplitudes respectives de -8,93% et de -16,67%. En revanche, chez les femelles, une différence non significative ( $p>0,05$ ) de -1,57% est observée. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, chez les deux sexes et chez les femelles uniquement, des diminutions significatives ( $p=0,049$  ;  $p=0,034$ ) de sodium sanguin sont notées et s'établissent respectivement à -8,93% et à -12,67%. Par ailleurs, cette diminution est de l'ordre de -5,36% chez les mâles et reste non significative.

**Tableau N°40** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en sodium (meq/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		157,333±13,245	144,426±11,606	<b>NS</b>
<b>J18</b>		157,608±13,150	140,218±10,432	<b>p=0,010</b>
<b>J28</b>		159,082±9,940	145,448±12,344	<b>p=0,028</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	157,712±12,029	144,786±11,832	<b>p=0,047</b>
	♂	164,615±4,920	141,097±14,624	<b>p=0,022</b>
	♀	150,810±13,652	148,475±8,748	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	157,461±13,195	144,546±11,725	<b>p=0,049</b>
	♂	155,775±18,476	147,842±13,326	<b>NS</b>
	♀	159,147±7,572	141,250±10,689	<b>p=0,034</b>

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

Les résultats obtenus révèlent également une diminution du potassium sérique sous les effets

des hautes températures. En effet, au premier prélèvement (J8), une diminution très significative ( $p=0,0043$ ), de l'ordre de  $-13,10\%$  est constatée dont les moyennes s'établissent à  $6,198\pm 0,463$  vs  $7,010\pm 0,490$  meq/l (tableau 41). Au 18<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution est pour sa part significative ( $p=0,038$ ) et s'établit à  $-6,98\%$  en termes de proportions. Au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, une diminution très significative ( $p=0,0027$ ) est notée. Celle-ci représente une amplitude de  $-18,12\%$ . Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, la diminution du potassium sérique est hautement significative ( $p=0,00043$ ) et se situe à  $-27,71\%$  en considérant les deux sexes. Chez les mâles et chez les femelles, les différences sont significatives ( $p=0,029$  ;  $p=0,015$ ) et s'établissent respectivement à  $-24,92\%$  et à  $-30,66\%$ . Au dernier prélèvement (J50), les niveaux sériques de potassium diminuent très significativement ( $p=0,0037$ ) sous l'effet des contraintes thermiques en considérant les deux sexes ( $-31,31\%$ ). Chez les mâles, la diminution est significative ( $p=0,041$ ) et s'établit à  $-41,34\%$ . Par ailleurs, chez les femelles, une diminution non significative de  $-22,74\%$  est notée.

**Tableau 41** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en potassium (meq/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		7,010±0,490	6,198±0,463	<b>p=0,0043</b>
<b>J18</b>		6,280±0,245	5,876±0,434	<b>p=0,038</b>
<b>J28</b>		5,463±0,589	4,625±0,287	<b>p=0,0027</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	4,517±0,505	3,537±0,333	<b>p=0,00043</b>
	♂	4,572±0,534	3,660±0,356	<b>p=0,029</b>
	♀	4,462±0,549	3,415±0,303	<b>p=0,015</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	4,038±0,526	3,075±0,583	<b>p=0,0037</b>
	♂	4,002±0,708	2,830±0,569	<b>p=0,041</b>
	♀	4,075±0,375	3,320±0,557	<b>NS</b>

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

Le chlore sanguin évolue de la même façon que le sodium et le potassium, il demeure négativement impacté par les hautes températures quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, au 8<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> jour d'âge, des différences significatives ( $p=0,039$  ;  $p=0,042$ ) de l'ordre de  $-10,83\%$  et de  $-12,90\%$  sont notées respectivement pour les deux âges de prélèvement. Par ailleurs, au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence de  $-10,40\%$  est observée mais en termes de valeurs absolues. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence significative ( $p=0,049$ ) de l'ordre de  $-11,55\%$  est constatée en considérant les mâles et les femelles avec des moyennes respectives de  $100,617\pm 11,589$  vs  $112,243\pm 10,003$  meq/l (tableau 42). En revanche, chez les mâles et chez les femelles, des différences non significatives ( $p>0,05$ ) sont observées et s'établissent

respectivement à -7,50% et à -15,93%. Cette dernière tendance de résultats est identique à celle du dernier prélèvement (J50). Une dépréciation significative ( $p=0,043$ ) est observée en considérant les deux sexes (-11,79%). Par ailleurs, la diminution persiste mais de façon non significative ( $p>0,05$ ) chez les mâles (-12,01%) et chez les femelles (-11,56%).

**Tableau N°42 :** Effet des hautes températures sur la concentration sérique en chlore (meq/l).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		123,058±10,851	111,031±10,278	<b>p=0,039</b>
<b>J18</b>		114,613±11,427	101,518±12,042	<b>p=0,042</b>
<b>J28</b>		112,376±10,072	101,787±10,580	<b>NS</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	112,243±10,003	100,617±11,589	<b>p=0,049</b>
	♂	112,322±10,596	104,485±5,020	<b>NS</b>
	♀	112,165±11,009	96,750±15,757	<b>NS</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	113,531±11,387	101,560±10,167	<b>p=0,043</b>
	♂	114,862±13,709	102,542±5,139	<b>NS</b>
	♀	112,200±10,484	100,577±14,568	<b>NS</b>

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

L'analyse globale des résultats indique que les différents ions étudiés (sodium, potassium et chlore) sont significativement dépréciés sous contraintes thermiques. Ces résultats s'accordent avec plusieurs travaux dont ceux de **HUANG** et al., (2017) qui relèvent des diminutions significatives des concentrations sériques des ions sodium ( $143,66\pm 0,64$  vs  $145,42\pm 0,33$ mmol/l) ; de potassium ( $12,89\pm 0,67$  vs  $15,16\pm 0,78$ mmol/l) et chlore ( $103,16\pm 0,92$  vs  $107,10\pm 0,97$ mmol/l) sous stress thermique cyclique. Cette évolution est même observée par **BORGES** et al., (1999) ; **SEVEN** et al., (2009) et **MOHAMED** et al., (2012).

Le déséquilibre électrolytique constaté pourrait induire une acidification des fluides corporels selon **SAYED** et **SCOTT**, (2007) vu que le sodium, le potassium et le chlore sont des ions alcalinogènes, leurs pertes sous stress thermique causeraient une diminution du pH sanguin selon les mêmes auteurs.

Pour leurs parts, **LUNN** et **MACGUIRK**, (1990) ; **KOEPPEN**, (2009) et **SHIOJI** et al., (2016) relatent que l'une des fonctions principales des reins réside dans la régulation de l'équilibre acido-basique pour maintenir l'équilibre électrolytique. Ces mêmes auteurs rajoutent qu'un changement des concentrations sériques de sodium, chlore, potassium ainsi que de créatinine serait systématiquement corrélé à la fonction rénale et pourrait être utilisé pour évaluer d'éventuelles lésions de cet organe.



### II.6.3 Effet sur les paramètres hormonaux

Les paramètres hormonaux étudiés dans ce travail concernent l'analyse des concentrations sériques de deux hormones thyroïdiennes (Triiodothyronine : T3 et Thyroxine : T4) ainsi que deux hormones surrénales (corticostérone et cortisol).

#### II.6.3.1 Effet sur les hormones thyroïdiennes

Les résultats révèlent que la concentration sérique en Triiodothyronine (T3) est significativement et négativement impactée par la chaleur quelque soit l'âge de prélèvement. En effet, dès le premier prélèvement (J8), une diminution très significative ( $p=0,0087$ ) est notée et dont l'amplitude s'établit à -13,11%. Au 18<sup>ème</sup> et au 28<sup>ème</sup> jour d'âge, cette diminution devient hautement significative ( $p=0,00038$  ;  $p=0,00091$ ) et dont les différences représentent -14,70% et -33,64%. Cette dernière tendance est même observée lors du 38<sup>ème</sup> jour d'âge. En effet, en considérant les deux sexes, une diminution (-42,53%) hautement significative ( $p=0,00017$ ) est notée chez le lot HT par rapport au lot TN dont les moyennes s'établissent respectivement à  $2,598\pm 0,337$  vs  $3,703\pm 0,518$  ng/ml (tableau 43). Chez les mâles, la différence de -39,65% est très significative ( $p=0,0068$ ) alors que, chez les femelles, une amplitude de -45,18% est notée et demeure statistiquement significative ( $p=0,013$ ). Au dernier prélèvement (J50), la différence se maintient mais avec des amplitudes moins importantes. En prenant en compte les deux sexes, un écart significatif ( $p=0,043$ ) de -15,65% est notée. Par ailleurs, chez les mâles et chez les femelles, des amplitudes respectives de -13,02% et de -18,33% sont constatées mais en termes de valeurs absolues.

**Tableau N°43** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en T3 (ng/ml).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		1,242±0,071	1,098±0,112	<b>p=0,0087</b>
<b>J18</b>		1,365±0,020	1,190±0,104	<b>p=0,00038</b>
<b>J28</b>		3,027±0,454	2,265±0,241	<b>p=0,00091</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	3,703±0,518	2,598±0,337	<b>p=0,00017</b>
	♂	3,487±0,322	2,497±0,370	<b>p=0,0068</b>
	♀	3,920±0,630	2,700±0,317	<b>p=0,013</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	1,382±0,102	1,195±0,215	<b>p=0,043</b>
	♂	1,345±0,096	1,190±0,145	<b>NS</b>
	♀	1,420±0,105	1,200±0,295	<b>NS</b>

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

Les taux circulants de Thyroxine (T4) suivent une évolution assez similaire à celle de la Triiodothyronine (T3). En effet, lors des trois premiers prélèvements (J8, J18 et J28), des diminutions significatives ( $p=0,025$  ;  $p=0,014$  et  $p=0,011$ ) sont notées chez le lot expérimental par rapport au lot témoin. En termes de proportions, ces différences s'établissent à -14,55% ; -17,17% et à -16,48% respectivement pour les trois âges de prélèvement. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence (-12,60%) significative ( $p=0,038$ ) est aussi observée avec des moyennes respectives de  $13,415 \pm 1,380$  vs  $15,106 \pm 1,579$  pg/ml (tableau 44). Ladite différence est très significative ( $p=0,0027$ ) chez les femelles (-13,51%) alors que, chez les mâles (-11,61%) elle est non significative. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, une différence significative ( $p=0,013$ ) de l'ordre de -12,83% est notée en prenant en compte les mâles et les femelles. Il en est de même chez les femelles (-25,19%). Par ailleurs, les mâles montrent une amplitude de -11,80% et qui demeure non significative ( $p>0,05$ ).

**Tableau N°44** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en T4 (pg/ml).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		13,383±1,399	11,683±1,327	<b>p=0,025</b>
<b>J18</b>		13,501±1,392	11,522±1,444	<b>p=0,014</b>
<b>J28</b>		14,098±1,546	12,103±1,192	<b>p=0,011</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	15,106±1,579	13,415±1,380	<b>p=0,038</b>
	♂	14,210±1,858	12,732±1,678	<b>NS</b>
	♀	16,002±0,476	14,097±0,619	<b>p=0,0027</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	25,345±2,617	22,463±1,238	<b>p=0,013</b>
	♂	23,405±1,232	23,132±1,216	<b>NS</b>
	♀	27,285±2,103	21,795±0,951	<b>p=0,021</b>

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

L'analyse des résultats indique que les niveaux sériques des hormones thyroïdiennes étudiées sont négativement et significativement impactés par les hautes températures. Cette tendance générale est retrouvée par plusieurs auteurs qui notent cette cinétique. En effet, **FLEES** et al., (2017) rapportent des dépréciations hautement significative, au 42<sup>ème</sup> jour d'âge, de la T3 ( $0,88 \pm 0,07$  vs  $1,65 \pm 0,2$  ng/ml) ainsi que de la T4 ( $9,73 \pm 0,8$  vs  $14,6 \pm 2$  ng/ml) liées à la chaleur. C'est le cas aussi pour **CHERAGHI** et al., (2013) et **ALJUBORI** et al., (2017). Pour leurs parts, **MELESSE** et al., (2011) constatent cette tendance chez des poules pondeuses pour des prélèvements réalisées à la 22<sup>ème</sup>, 43<sup>ème</sup> et 54<sup>ème</sup> semaines d'âge.

La perturbation du profil hormonal thyroïdien sous contraintes thermiques serait en liaison directe avec l'Outer-Ring Deiodinase de type I (ORD-1) appelée communément enzyme

déiodinase de type 1, responsable de la conversion biologique de la T4 en T3 active selon **RAHIMI**,(2005) et **DECUYPERE** et **BUISE**, (2005). Pour leurs parts, **RUDAS** et **PETHES**, (1984) et **TAO** et al., (2006) avancent que l'action de celle-ci (ORD-1) serait ralentie sous stress thermique. Les mêmes auteurs rajoutent que la T3 diminuerait parallèlement à une conversion insuffisante de T4 en T3 d'où les déséquilibres thyroïdiens observés chez le poulet de chair dans ces conditions particulières.

### II.6.3.2 Effet sur les hormones surrénales

Les résultats révèlent que la corticostéronémie montre une augmentation significative sous l'effet des hautes températures. En effet, au 8<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation (+15,28%) significative ( $p=0,039$ ) est observée avec des moyennes respectives qui s'établissent à  $6,801\pm 0,685$  vs  $5,762\pm 0,997$  ng/ml (tableau 45). Cette augmentation devient hautement significative ( $p=0,00021$  ;  $p=0,00012$ ) respectivement au 18<sup>ème</sup> et 28<sup>ème</sup> jour d'âge et dont les amplitudes se situent à +25,65% et à +23,25%. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, une augmentation hautement significative ( $p=0,00012$ ) de l'ordre de +24,00% est notée en considérant les deux sexes. Cette augmentation est pour sa part très significative ( $p=0,0042$  ;  $p=0,0018$ ) et s'établit à +27,69% et à +20,01% respectivement chez les mâles et chez les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, le niveau de corticostérone reste élevé et de façon hautement significative ( $p= 0,00027$ ) chez le lot HT et représente une différence de +22,66% en prenant en compte les mâles et les femelles. Chez les mâles, une différence (+26,18%) significative ( $p=0,024$ ) est constatée alors que, chez les femelles, celle-ci est de +18,92% et est très significative ( $p=0,0022$ ).

**Tableau N°45** : Effet des hautes températures sur la concentration sérique en corticostérone (ng/ml).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		5,762±0,997	6,801±0,685	<b>p=0,039</b>
<b>J18</b>		5,965±0,746	8,022±0,912	<b>p=0,00021</b>
<b>J28</b>		6,348±0,598	8,271±0,849	<b>p=0,00012</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	5,590±0,276	7,355±0,720	<b>p=0,00012</b>
	♂	5,515±0,182	7,627±0,925	<b>p=0,0042</b>
	♀	5,665±0,360	7,082±0,395	<b>p=0,0018</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	4,811±0,377	6,221±0,735	<b>p=0,00027</b>
	♂	4,737±0,530	6,417±0,998	<b>p=0,024</b>
	♀	4,885±0,192	6,025±0,403	<b>p=0,0022</b>

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

Les niveaux de cortisol évoluent de façon similaire que ceux de la corticostérone et présentent des augmentations significatives chez le lot stressé par la chaleur. En effet, lors du premier prélèvement (J8), une augmentation (+7,60%) significative ( $p=0,022$ ) est constatée. Les moyennes des taux circulants s'établissent à  $22,788\pm 1,603$  vs  $21,056\pm 1,049$  ng/ml (tableau 46). Cette augmentation est hautement significative ( $p=0,00074$  ;  $p=0,00044$ ) et s'établit à +13,79% et +11,12% respectivement pour les prélèvements du 18<sup>ème</sup> et du 28<sup>ème</sup> jour d'âge. Au 38<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation hautement significative ( $p=0,00017$ ) persiste toujours et s'établit à +18,44% en considérant les deux sexes. Ladite augmentation est pour sa part significative ( $p=0,017$  ;  $p=0,010$ ) et représente une amplitude de +20,37% et de +16,47% respectivement chez les mâles et chez les femelles. Au 50<sup>ème</sup> jour d'âge, l'augmentation demeure hautement significative ( $p=0,00078$  ;  $p=0,00024$ ) et s'établit à +12,55% en considérant les deux sexes et à +13,55% chez les mâles. En revanche, chez les femelles, une amplitude de +11,54% est notée mais reste statistiquement non significative.

**Tableau N°46 :** Effet des hautes températures sur la concentration sérique en cortisol (ng/ml).

Jour de prélèvements		Lot TN	Lot HT	Signification
<b>J8</b>		21,056±1,049	22,788±1,603	<b>p=0,022</b>
<b>J18</b>		22,166±1,565	25,713±1,737	<b>p=0,00074</b>
<b>J28</b>		25,0185±1,091	27,897±1,412	<b>p=0,00044</b>
<b>J38</b>	<b>Global</b>	22,205±1,609	27,226±2,303	<b>p=0,00017</b>
	♂	21,885±1,038	27,485±3,311	<b>p=0,017</b>
	♀	22,525±2,166	26,967±1,114	<b>p=0,010</b>
<b>J50</b>	<b>Global</b>	20,948±0,999	23,955±1,723	<b>p=0,00078</b>
	♂	20,690±0,728	23,935±0,421	<b>p=0,00024</b>
	♀	21,207±1,274	23,975±2,597	<b>NS</b>

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

L'analyse des résultats des concentrations sériques en hormones surrénales révèle que les taux circulants de corticostérone et de cortisol se maintiennent à des niveaux supérieurs chez le lot HT comparativement au lot TN. Ces observations confortent plusieurs travaux qui constatent cette évolution. En effet, **RAFAT KHAFAR** et al., (2019) signalent des augmentations significatives de la corticostéronémie ( $2,53\pm 0,12$  vs  $1,48\pm 0,15$  nmol/l) suite à l'exposition de poulets de chair à de hautes températures pendant 42 jours. Cette évolution est également rapportée par **OSTI** et al., (2017) ; **MIRZAIE** et al., (2018) et **NELSON** et al., (2018). Pour leurs parts, **SOHAIL** et al., (2010) et **SHI** et al., (2019) notent des augmentations significatives respectives de  $1,91\pm 0,09$  vs  $1,04\pm 0,07$  ng/ml et de  $15,84\pm 2,93$  vs

11,63±2,02ng/ml pour des prélèvements qui coïncident avec le 28<sup>ème</sup> et le 42<sup>ème</sup> jour d'âge. **XU** et al., (2018) rapportent aussi la même cinétique.

Cette évolution des résultats s'expliqueraient selon **LARA** et **ROSTANGO**, (2013) et **MARCHINI** et al., (2016) par le fait que sous des températures ambiantes élevées, une stimulation nerveuse pourrait atteindre l'hypothalamus induisant ainsi l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA). L'activation de ce dernier s'accompagnerait toujours d'une augmentation du taux circulant de corticostérone, elle-même dépendante de la production d'adénocorticotrophine (ACTH), de cortisol, ainsi que d'aldostérone, ce qui induirait de nombreux effets sur le métabolisme principalement selon **XIE** et al., (2017) et **SHIPLEY** et al., (2019).

Pour leurs parts, **XU** et al., (2018) émettent que la corticostérone est le principal glucocorticoïde sécrété par le cortex surrénalien. Il serait responsable de l'inhibition de l'absorption du glucose par les muscles et les tissus adipeux, ce qui conduirait à une décomposition des protéines musculaires et du tissu adipeux. Ce phénomène favoriserait la gluconéogenèse, qui fournirait de l'énergie de façon à ce que l'organisme puisse résister au stress. Pour ces mêmes auteurs, ce processus améliorerait la résistance au stress thermique chez le poulet de chair.

Enfin, pour certains auteurs dont **DELEZIE** et al., (2007) ; **CIRULE** et al., (2012) ; **ROGERS** et al., (2015) et **ALM** et al., (2016), l'augmentation des concentrations sériques de corticostérone et même celui du ratio H/L seraient des indicateurs physiologiques qui renseigneraient sur le bien-être et constitueraient des indicateurs de suivi de l'état de stress chez les volailles.

## Conclusion générale et perspectives

Ce travail se propose d'étudier les impacts des hautes températures d'élevage sur différents aspects qui sont d'ordre technico-économiques et physiologiques. L'expérimentation est conduite sur des poulets de chair de souche Arbor Acres menés sous des conditions neutres (23°C) et contraignantes (32 à 33°C) pour les trois phases d'élevage et qui permet de reproduire une situation de stress thermique chronique largement rencontrée en Algérie.

Les conditions expérimentales déclenchent des réactions en chaînes tant sur les performances, le rendement en carcasse et sa qualité nutritionnelle que sur les paramètres sanguins.

L'analyse des performances de croissance révèle que l'ingestion alimentaire n'est pas statistiquement impactée sous hautes températures, elle montre même une tendance à l'augmentation chez le lot expérimental. Hormis cette constatation, des dépréciations significatives sont notées pour le poids vif, le gain de poids vif, l'indice de consommation ainsi que pour le taux de mortalité.

Les contraintes thermiques provoquent des dépréciations du rendement en carcasse commerciale ainsi que celui des découpes nobles, à savoir, les muscles de la poitrine, ceux des cuisses et pilons et qui sont simultanées à une accumulation de gras abdominal. La dégradation du rendement en carcasse sous hautes températures n'est pas sans conséquences sur la composition nutritionnelle des principaux muscles étudiés. Les analyses pratiquées sur les muscles de la poitrine et ceux des cuisses et pilons laissent apparaître une tendance à l'augmentation de la matière sèche et de la matière grasse. En outre, la matière minérale et les protéines brutes musculaires affichent des dépréciations.

Les analyses sanguines indiquent globalement des perturbations chez le lot stressé par la chaleur. Les paramètres hématologiques montrent une tendance à des dégradations, particulièrement pour l'hémoglobine et l'hématocrite en fin d'élevage. Les paramètres biochimiques révèlent à leurs tours une hyperglycémie, une hypercholestérolémie ainsi qu'une hypertriglycéridémie principalement notées en fin d'élevage. Les indicateurs hépatiques et rénaux montrent une tendance haussière. En revanche, les protéines métaboliques (protéines totales, albumine et globulines) ainsi que les ions (sodium, potassium et chlore) sont négativement impactées par le stress thermique. Les paramètres hormonaux laissent apparaître des diminutions des concentrations sériques des hormones thyroïdiennes

(T3 et T4) et qui sont parallèles à des augmentations des hormones surrénales (corticostérone et cortisol).

En résumé, l'ensemble des perturbations constatées sous hautes températures tant sur les performances de croissance que sur le profil sanguin induisent, d'une part, d'importants changements dans l'état d'engraissement, ce qui conduit à une dépréciation du rendement en carcasse, une augmentation de la proportion du gras abdominal ainsi qu'une altération de la qualité nutritionnelle des principaux muscles. D'autre part, les résultats montrent aussi l'utilité de surveiller le profil sanguin des poulets de chair, ce qui pourrait constituer un véritable baromètre de mesure de stress permettant aux aviculteurs de prendre les mesures nécessaires pour assurer de meilleur condition en élevage de poulet de chair.

Enfin, sous des conditions de stress thermique chronique, l'organisme du poulet de chair subit des agressions qui se traduisent nécessairement par une diminution de la rentabilité. Tous les bouleversements notés durant l'expérimentation sont causés directement ou indirectement par la chaleur et représentent des réponses bien synchronisées du poulet de chair dont la capacité d'adaptation à la chaleur reste à élucider et à maîtriser. Malgré les limites rencontrées sur le terrain dont les principales sont l'absence de logistique, l'approvisionnement en intrants et les difficultés de réalisation des analyses sur les carcasses et surtout celles sanguines.

Le travail de recherche mené apporte des éléments de réponses sur le comportement des poulets de chair dans une ambiance inadéquate. C'est pourquoi, le sujet de la résistance ou encore de l'adaptation à la chaleur mérite des investigations plus approfondies.

En perspectives, il serait intéressant, à court terme, de reproduire ce travail sur un plus grand effectif et de réaliser des prélèvements sanguins sur un échantillon de plus grande taille. Il serait aussi judicieux d'explorer d'autres paramètres sanguins, notamment hormonaux comme la aldostérone ou encore l'insuline. À moyen et à long terme, la contribution à l'établissement d'un référentiel pour les normes sanguines au niveau national semble être intéressante. Aussi, et dans le cadre de thèses de Doctorat, il serait souhaitable, d'entreprendre des enquêtes techniques au niveau national sur d'autres souches de poulets de chair élevées en Algérie afin d'avoir une réelle idée sur les performances enregistrées, particulièrement en saison estivale.

## Références bibliographiques

**ABDALLA MA. and NAWAL ME. (2009).** Effects of seasonal change in the thermal environment on physiological responses of unsexed broilers to dietary supplementation of antithyroid drug carbimazole. Middle East Journal of Scientific Research. 4 (2): 122-126.

**ABIOJA MO., OSINOWO OA., SMITH, OF., ERUVBETINE D. and ABIONA JA. (2011).** Evaluation of cold water and vitamin c on broiler growth during hot-dry season in sw Nigeria. Archivos de Zootecnia.60 (232): 1095-1103.

**ABOU EL-SOUD SB., EBEID TA. and EID YZ. (2006).** Physiological and antioxidative effects of dietary acetyl salicylic acid in laying japanese quail (*coturnix japonica*) under high ambient temperature. The Journal of Poultry Science. 43 (3): 250-265.

**ABUJAMIEH M., ABDELQADER A., RABIE IRSHAID R., HAYAJNEH FMF., AL-KHAZA'LEH JM., and AL-FATAFTAH AR. (2020).**Effects of organic zinc on the performance and gut integrity of broilers under heat stress conditions. Archives Animal Breeding. 63: 125-135.

**ABUDABOS AM., ALYEMNI AH., DAFALLA YM. and KHAN RU. (2018).**The effect of phytogenics on growth traits, blood biochemical and intestinal histology in broiler chickens exposed to *Clostridium perfringens* challenge. Journal of Applied Animal Research. 46 (1): 691-695.

**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.

**AENGWANICHW. (2002).** Effect of chronic heat stress on red blood cell disorders in broiler chickens. Mahasarakham University Journal. 21: 1-10.

**AENGWANICH W. (2007a).**Effects of high Environmental temperature on the productive performance of Thai indigenous, Thai indigenous crossbred and broiler chickens. International Journal of Poultry Science. 6 (5): 349-353.



**AENGWANICHW. (2007b).** Effects of high environmental temperature on blood indices of thai indigenous chickens, thai indigenous chickens crossbred and broilers. *International Journal of Poultry Science*. 6 (6): 427-430.

**AENGWANICH W. and CHINRASRI O. (2002).** Effect of heat stress on body temperature and hematological parameters in male layers. *Thai Journal of Physiological Sciences*. 15 (1): 27-33.

**AENGWANICHW. and CHINRASRI O. (2003).** Effect of dexamethasone on differential white blood cell counts and heterophil / lymphocyte ratio in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 25 (2):184-188.

**AENGWANICH W. and CHINRASRI O. (2004).** The effect of ascorbic acid on productive performance, red blood cell parameter and heterophil: lymphocyte ratio in broilers under chronic heat stress. *Thai Journal of Veterinary Medicine*. 34: 103-110.

**AENGWANICHW. 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.

**AFNOR, (1985).** Recueil de normes françaises. Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. Deuxième édition. Association Française de Normalisation, Paris, France. 8-100 : 89-93p.

**AHMED T., MUSHTAQ T., MAHR UN., SARWAR M., HOOGE DM., and MIRZA MA., (2006).** Effect of different non chloride sodium sources on the performance of heat stressed broiler chickens. *British Poultry Science*. 47 (3): 1-8.

**AÏN BAZIZ H. (1996).** Effet d'une température élevée sur le métabolisme lipidique chez le poulet en croissance. Thèse de Doctorat de l'Université de Tours. 147 pages.

**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.

**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.

**ALJUBORI A., ZULKIFLI I., SOLEIMANI AF., ABDULLAH N. and LIANG J. (2017).** Response of broiler chickens to dietary inclusion of fermented canola meal under heat stress condition. *Italian Journal of Animal Science*. 16 (4): 546–55.

**ALM M., TAUSON R., HOLM L., WICHMAN A., KALLIOKOSKI O. and WALL H. (2016).** Welfare indicators in laying hens in relation to nest exclusion. *Poultry Science*. 95 (6): 1238-1247.

**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-TAMIMI H., MAHMOUD K., AL-DAWOOD A., NUSAIRAT B. and BANI KHALAF H. (2019).** Thermotolerance of broiler chicks ingesting dietary betaine and/or creatine. *Animals*. 9 (10): 742.

**ALTAN Ö., PABUÇCUOĞLU A., ALTAN A., KONYALIOĞLU S. and BAYRAKTAR H. (2003).** Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. *British Poultry Science*, 44(4) : 545-550.

**ALTAN O., ALTAN A., ÇABUK M., and BAYRAKTAR H. (2000).** Effects of heat stress on some blood parameters in broilers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 24:145-148.

**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. et ROBIN P. (2004).** La prévention du coup de chaleur en aviculture. *Sciences et Techniques Avicoles - Hors série*. <https://www.itavi.asso.fr/publications/la-prevention-du-coup-de-chaleur>

**ARRUDA AMV., MELO AS., MARINHO JBM., FERNANDES RTV. and FIGUEIREDO LC. (2016).** Chemical composition and pH of the meat of broilers submitted to pre-slaughter heat stress. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 4 (4): 93-95.

**ASWATHI PB., BHANJA SK., KUMAR P., SHYAMKUMAR TS., MEHRA M., BHAIASARE DB. and RATH PK. (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*. 4: 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 (6): 744-755.

**ATTIAYA., 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.

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

**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.

**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.

**BAYU AN., RUDI A., SRI D., and TUTI S. (2016).** Stress indicator, carcass composition, and meat cholesterol of kampung-broiler crossbred chicken treated by different stocking

density. *Animal Production*.18(3): 149-156.

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

**BLAHOVÁ J., DOBŠÍKOVÁ R., STRAKOVÁ E. and SUCHÝ P. (2007).** Effect of low environmental temperature on performance and blood system in broiler chickens (*Gallus domesticus*). *Acta Veterinaria Brno*. 76: 17-23.

**BONNET S., GEREART PA., LESSIRE M., CARRE B., and GUILLAUMIN S. (1997).** Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poultry Science*. 75 (6): 857-863.

**BORGES SA., ARIKI J., MARTINS CL. and MORAES VMBD. (1999).** Potassium chloride supplementation in heat stressed broilers. *Revista Brasileira Zootecnia*. 28 (2): 313-319.

**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.

**BOUSSAID-OM EZZINE S., EVERAERT N., METAYER-COUSTARD S., RIDEAU N., BERRI C., JOUBERT R. TEMIMS., COLLINA. and TESSERAUD S. (2010).** Effects of heat exposure on Akt/S6K1 signaling and expression of genes related to protein and energy metabolism in chicken (*Gallus gallus*) pectoralis major muscle. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 157 (3): 281-287.

**BRANCACCIO P., MAFFULLI N. and LIMONGELLI FM. (2007).** Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*.81-82 (1): 209-230.

**BUYSE J., JANSSENSGPJ. 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.

**CARDOSO N. (2016).** Desempenho, descrição do crescimento e produção de calor de frangos de corte de três linhagens comerciais. Thèse de Doctorat en Sciences Animales. Diplôme d'études supérieures en sciences animales. Université Fédérale de Piauí. Brazil. 111p.

**CHERAGHI J., HOSSEINI E., TAHERI SS., TAHERPOUR K., KAVIANIKZ. and REZAZADEH L. (2013).** Thyroid hormones investigation under heat stress in broilers administered with probiotic (BIO-SAF) and prebiotic (BIO-MOS). *European Journal of Experimental Biology.* 3 (3) : 562-567.

**CHRISTENSEN JH., KRISHNA KUMAR K., ALDRIAN E., AN SI., CAVALCANTI IFA., DE CASTRO M., DONG W., GOSWAMI P., HALL A., KANYANGA JK., KITO A., KOSSIN J., LAU NC., RENWICK J., STEPHENSON DB., XIE SP. and ZHOU T. (2013).** Climate phenomena and their relevance for future regional climate change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* STOCKER TF. et al. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1217-1308.

**CIRULE D., KRAMA T., VRUBLEVSKA J., RANTALA MJ. and KRAMS I. (2012).** A rapid effect of handling on counts of white blood cells in a wintering passerine bird: a more practical measure of stress? *Journal of Ornithology.* 153:161-166.

**COMBES S. (2004).** Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRA Productions Animales.* 17 (5): 373-383.

**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 (2): 237-242.

**COOPER MD. (2015).** The early history of B cells. *Nature Reviews Immunology.* 15: 191-197.

**CRAMER T. KIM H. CHAO Y. WANG W. CHENG H. and KIM Y. (2018).** Effects of probiotic (*Bacillus subtilis*) supplementation on meat quality characteristics of breast muscle

from broilers exposed to chronic heat stress. *Poultry Science*. 97 (1): 3358-3368.

**DAÏ SF., WANG LK., WEN AY., WANG LX. and JIN GM. (2009).** Dietary glutamine supplementation improves growth performance, meat quality and colour stability of broilers under heat stress. *British Poultry Science*. 50 (3): 333-340.

**De BASILIO V., VILARIÑO M., LEON A., and PICARD M. (2001).** Efecto de la aclimatación precoz sobre la termotolerancia en pollos de engorde sometidos a un estrés térmico tardío en condiciones de clima tropical. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias LUZ*. 11(1): 60-68.

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

**DELEZIE E., SWENNEN Q., BUYSE J. and DECUYPERE E. (2007).** The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight. *Poultry Science*. 68 (7): 1414-1423.

**DEYHIM F.,and TEETER RG. (1995).** Effect of heat stress and drinking water salt supplements on plasma electrolytes and aldosterone concentration in broiler chickens.*International Journal of Biometeorology*. 4 (12): 216-217.

**DINU C., PARVU M., CUREU I. and BRASLASU MC. (2004).** Interaction between the diet, temperature and some blood constituents in Roso hens. *Archiva Zootechnica*.7: 27-32.

**DIONELLO NJL., MACARI M., FERRO JA., RUTZ F., FERRO MIT. and FURLAN RL. (2002).** Respostas fisiológicas associadas à termotolerância em pintos de corte de duas linhagens por exposição a altas temperaturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31(1): 79-85.

**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-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.

**EL HUSSEINY O. and CREIGER CR. (1980).**The effect of ambient temperature on carcass energy gain in chickens. *Poultry Science*. 59 (10): 2307-2311.

**EL RAMMOUZ, R., BERRI C., LE BIHAN-DUVAL E., BABILE R., and FERNANDEZ X. (2004).** Breed differences in the biochemical determinism of ultimate pH in breast muscles of broiler chickens—a key role of AMP deaminase? *Poultry Science*. 83:1445-1451.

**EROL HS., IMIK H., GUMUS R. and HALICI M. (2017).** The effects of different amount of protein and vitamin E supplementation in rations on lipid and antioxidant metabolism of broilers exposed to heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 19 (2): 289-296.

**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.

**FAO. (2021).** World Food and Agriculture - Statistical Yearbook. Rome.

**FAISAL BA., ABDEL-FATTAH SA., EL-HOMMOSANY YM., ABDEL-GAWAD NM. and ALI MFM. (2008).** Immunocompetence, hepatic heat shock protein 70 and physiological responses to feed restriction and heat stress in two body weight lines of japons quail. *International Journal of Poultry Science*. 7 (2): 179-183.

**FERNANDEZ X., SANTE V., BAEZA E., LEBIHANDUVAL E., BERRI C., REMIGNON H., BABILE R., LE POTTIER G. et ASTRUC T. (2002).** Effects of the rate of muscle post mortem pH fall on the technological quality of turkey meat. *British Poultry Science*. 43: 245-252.

**FLEES J., RAJAEI-SHARIFABADI H., GREENE E., BEER L., HARGIS BM., ELLESTAD L., PORTERT., DONOGHUE A., BOTTJEWG., and DRIDIS. (2017).** Effect of morinda citrifolia (Noni)- enriched diet on hepatic heat shock protein and lipid metabolism-related genes in heat stressed broiler chickens. *Frontiers in Physiology*. 8: 919.

**FLOCK D K., LAUGHLIN KF. et BENTLEY J. (2005).** Minimizing losses in poultry breeding and production: how breeding companies contribute to poultry welfare. *World's Poultry Science Journal*. 61 (2): 227-237.

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

**FOUAD AM., CHEN W., RUAN D., WANG S., XIA WG. and ZHENG CT. (2016)**. Impact of heat stress on meat, egg quality, immunity and fertility in poultry and nutritional factors that overcome these effects. *International Journal of Poultry Science*. 15 (3): 81-95.

**FURLAN RL., MACARI M., MORAES RD., MALHEIROS EB. and SECATO ER. (1999)**. Hematological and gasometric response of different broiler chickens strains under acute heat stress. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*. 1(1): 77-84.

**FURLAN RL., FARIA FILHO DEDE., ROSA PS. and MACARI M. (2004)**. Does low-protein diet improve broiler performance under heat stress conditions? *Brazilian Journal of Poultry Science*. 6 (2): 71-79.

**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.

**GATTANI A., PATHAK A., KUMAR AJ., MISHRA V. and BHATIA JS. (2016)**. Influence of season and sex on hemato-biochemical traits in adult turkeys under arid tropical environment. *Veterinary World*. 9(5): 530-534.

**GERAERT PA., GUILLAUMIN S. and LECLERCQ B. (1993)**. Are genetical lean broiler more resistant to the hot climate. *British Poultry Science*. 34 (4): 643-653.

**GERAERT PA. (1995)**. Déterminisme génétique de la résistance à la chaleur. *Premières Journées de la Recherche Avicole, Angers France*. 81-86.

**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 (2): 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.

**GIEC, (2019).** Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Réchauffement planétaire de 1,5 °C. 94p.

**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(1): 175-188.

**GONDRET F. et BONNEAU M. (1998).** Mise en place des caractéristiques du muscle chez le lapin et incidence sur la qualité de la viande. INRA. Production Animale. 11(5): 335-347.

**GONZALEZ-RIVAS PA., CHAUHAN SS., HA M., FEGAN N., DUNSHEA FR. and WARNER RD. (2020).** Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. Meat Science. 162, 108025.

**GOO D., KIM JH., PARK GH., DELOS REYES JB. and KIL DY. (2019).** Effect of heat stress and stocking density on growth performance, breast meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. Animals. 9 (3): 107.

**GOOR AV., BOLEK KJ., ASHWELL CM., PERSIA ME., ROTHSCHILD MF., SCHMIDT CJ. and LAMONT SJ. (2015).** Identification of quantitative trait loci for body temperature, body weight, breast yield, and digestibility in an advanced intercross line of chickens under heat stress. Genetics Selection Evolution. 47: 96.

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

**GRIZARD J., DARDEVET D., PAPET I., MOSONI L., PATUREAU-MIRAND P., ATTAIX D., TAUVERON I., BONIN D., and ARNAL M. (1995).** Nutrient regulation of skeletal muscle protein metabolism in animals. The involvement of hormones and substrates. Nutrition Research Reviews. 8: 67-91.

**GROSS WB. and SIEGEL HS., (1983).** Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. Avian Diseases. 27 (4): 972-978.

**HABIBIAN M., GHAZI S. and MOEINI MM. (2016).** Effects of dietary selenium and vitamin e on growth performance, meat yield, and selenium content and lipid oxidation of breast meat of broilers reared under heat stress. *Biological Trace Element Research*. 169: 142-152.

**HAMIDI O., CHAMANI M., GHAHRI H., SADEGHI AA. and MALEKINEJAD H. (2019).** Effects of using different levels of chromium picolinate on performance, some blood biochemical and intestinal morphology and microflora in ross 308 broiler chicks exposed to the heat stress condition. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 10 (10): 4494-4500.

**HAO Y. and GU XH. (2014).** Effects of heat shock protein 90 expression on pectoralis major oxidation in broilers exposed to acute heat stress<sup>1</sup>. *Poultry Science*. 93 (11): 2709-2717.

**HASAN S., HOSSAIN MM., MIAH A. and BHUIYAN MER. (2014).** Influences of prebiotic on growth performance and hemato-biochemical parameters in broiler during heat stress. *Bangladesh Society for Veterinary Medicine*. 12 (2): 121-125.

**HASAN H S. and OMRAN HA. (2017).** Effect of dietary supplementation (propolis and/or digestarom) on some blood indexes in broiler chicks under chronic heat stress. *Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*. 16 (2): 143-150.

**HASSAN AA. and ASIM RA. (2020).** Effect of vitamin C and acetylsalicylic acid supplementation on some hematological value, heat shock protein 70 concentration and growth hormone level in broiler exposed to heat stress. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 34 (2): 357-363.

**HAVENSTEIN GB., FERKET PR. and QURESHI MA. (2003).** Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science*. 82 (10):1500-1508.

**HENKEN AM., GROOTE SCHAARSBERG AM. and NIEUWLAND MG. (1982).**The effect of environmental temperature on immune response and metabolism of the young chicken. 4. Effect of environmental temperature on some aspects of energy and protein

metabolism. Poultry Science. 62: 51-58.

**HERNANDEZ P. (2008).** Enhancement of nutritional quality and safety in rabbit meat. 9th World Rabbit Congress, Juin 10-13, Verona- Italy. 1287-1300.

**HOSSEINI-VASHAN SJ. and RAEI-MOGHADAM MS. (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.

**HOSSEINI-MANSOUBN., CHEKANI-AZAR S., TEHRANI AA., LOTFI A. and MANESH MK. (2010).** Influence of dietary vitamin E and zinc on performance, oxidative stability and some blood measures of broiler chickens reared under heat stress (35°C). Journal of Agrobiology. 27 (2): 103-110.

**HOWLIDER MAR., and ROSE SP. (1989).** Rearing temperature and the meat yield of broilers. British Poultry Science. 30 (1): 61-67.

**HUANG SC., YANG H., REHMAN MU. and TONG ZX. (2017).** Acute heat stress in broiler chickens and its impact on serum biochemical and electrolyte parameters. Indian Journal of Animal Research. B-690 (52): 683-686.

**HURWITZ S., WEISELBERG M., EISNER U., BARTOV I., RIESENFELD G., SHARVIT M., NIV A. and BORNSTEIN S. (1980).** The energy requirements and performance of growing chickens and turkeys as affected by environmental temperature. Poultry Science. 59:2290-2299.

**IHSANULLAH I., QURESHI MS., SUHAIL SM. and KHAN RU. (2017).** Postpartum endocrine activities, metabolic attributes and milk yield are influenced by thermal stress in crossbred dairy cows. International Journal of Biometeorology. 61 (6): 1561-1569.

**JAHEJO AR., RAJPUT N., RAJPUT NM., LEGHARI IH., KALERI RR., MANGI RA., SHEIKH MK. and PIRZADOMZ. (2016).** Effects of Heat Stress on the Performance of Hubbard Broiler Chicken. Cells, Animal and Therapeutics. 2 (1): 1-5.

**JAISWAL SK., RAZA M. and CHATURVEDANI AK. (2017).** Effect of thermal stress on serum biochemical and haematological parameters in broiler chicken. *The Indian Journal of Veterinary Sciences et Biotechnology.* 12 (3): 19-22.

**JOINER KS., HAMLIN GA., LIEN R.J., and BILGILI SF. (2014).** Evaluation of capillary and myofiber density in the pectoralis major muscles of rapidly growing, high-yield broiler chickens during increased heat stress. *Avian Diseases.* 58 (3): 377-382.

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

**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.

**KHURSHAID A. and ASIM A. (2013).** Clinicopathological changes induced by heat stress, their resolution by minerals and vitamin C supplementation in quails. *Journal of Agriculture and Veterinary Science.* 5 (1): 47-52.

**KOEPPEN BM. (2009).** The kidney and acid-base regulation. *A.J.P. Advances in Physiology Education.* 33 (4): 275-281.

**KONDOMBO SR. (2005).** Improvement of village chicken production in a mixed (chicken-ram) farming system in Burkina Faso. PhD Thesis, Wageningen Institute of Animal Sciences, Animal Nutrition Group, Wageningen University, The Netherlands. 200p.

**KYLÄ-PUHJU M., RUUSUNEN M., KIVIKARI R. and PUOLANNE E. (2004).** The buffering capacity of porcine muscles. *Meat Science.* 67(4): 587-593.

**LARA LJ.** and **ROSTAGNO MH.** (2013). Impact of heat stress on Poultry Production. *Animals*. 3 (2): 356-369

**LEBRET B.** and **MOUROT J.** (1998). Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *INRA Production Animale*.11 (2): 131-143.

**LENNSTRA F.** (2013). Local feed resources for poultry, In: Ben Salem H et López-Francos A (Eds.) Feeding and management strategies to improve livestock productivity, welfare and product quality under climate change. *CIHEAM Option Méditerranéennes, série A, N°107*: 253-258.

**LEONE ER., BERNAL FEM., FURLAN RL., MALHEIROS EB.** and **MACARI M.** (2001). Effect of protein or energy restriction on broilers growth reared at different environmental temperatures. *Revista Brasileira de Zootecnia* : 30 (3): 1058-1064.

**LIN H., DECUYPERE E.** and **BUYSE J.** (2004). Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*): 1. Chronic exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology- Part B : Biochemistry and Molecular Biology*. 139 (4): 737-744.

**LIU W., YUANY., SUNC., BALASUBRAMANIAN B., ZHAOZ.** and **ANL.**(2019). Effects of dietary betaine on growth performance, digestive function, carcass traits, and meat quality in indigenous yellow-feathered broilers under long-term heat stress. *Animals*. 9 (8): 506.

**LOYAU T., BERRI C., BEDRANI L., M'ETAYER-COUSTARD S., PRAUD C., DUCLOS MJ., TESSERAUD S., RIDEAU N., EVERAERT N., YAHAV S., MIGNON-GRASTEAU S.,** and **COLLIN A.** (2013). Thermal manipulation of the embryo modifies the physiology and body composition of broiler chickens reared in floor pens without affecting breast meat processing quality. *Journal of Animal Science*. 91(8): 3674-3685.

**LU Q., WEN J.** and **ZHANG H.** (2007). Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. *Poultry Science*. 86 (6): 1059-1064.

**LU Z., HE X., MA B., ZHANG L., LI J., JIANG Y., ZHOU G.** and **GAO F.** (2017). Chronic heat stress impairs the quality of breast-muscle meat in broilers by affecting

redox status and energy-substance metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 65 (51): 11251-11258.

**LUGER D., SHINDER D., RZEPAKOVSKY V., RUSAL M. and YAHAV S. (2001).** Association between weight gain, blood parameters, and thyroid hormones and the development of ascites syndrome in broiler chickens. *Poultry Science*. 80 (7): 965-971.

**LUNN DP. and MCGUIRK SM. (1990).** Renal regulation of electrolyte and acid-base balance in ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 6 (1): 1-28.

**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 (2): 285-294.

**MADR, (2019).** Statistiques agricoles. Evolution des productions animales et végétales de 2000 à 2018. Direction des statistiques. Ministère de l'Agriculture et du Développement Durable.

**MAGDA AAG. (1999).** Some managerial and environmental conditions affecting on productive and physiological characters in quail Ph.D. thesis Department of animal production. Cairo University.

**MAHMOUD UT., ABDEL-RAHMAN MA., DARWISH MHA. and MOSAAD GM. (2013).** The effect of heat stress on blood picture of Japanese quail. *Journal of Advanced Veterinary Research*. 3 (2): 69-76.

**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., CAFE MB., ARAUJO EG. and NASCIMENTO MRBM. (2016).** Physiology, cell dynamics of small intestinal mucosa, and performance of broiler chickens under heat stress: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 29 (3): 159-168.

**MASHIKO T., UMEDA T., NAKAJI S. and SUGAWARA K. (2004).** Effects of exercise on the physical condition of college rugby players during summer training camp. *British*

Journal of Sports Medicine. 38 (2): 186-190.

**MAXWELL MH. and ROBERTSON GW. (1998).** UK survey of broiler ascites and sudden death syndromes in 1993. British Poultry Science 39 (2): 203-215.

**MEKKONEN H., MULATU D., KELAY B. and BERHAN T. (2009).** Assessment of the nutritional status of indigenous scavenging chickens in Ada'a district, Ethiopia. Tropical Animal Health and Production. 42 (1): 123-130.

**MELESSE A., MAAK S., SCHMIDT R. and LENGERKEN GV. (2011).** Effect of long-term heat stress on key enzyme activities and T3 levels in commercial layer hens. International Journal of Livestock Production. 2 (7): 107-116.

**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 (3): 472-481.

**MCKEE SR. and SAMS AR. (1997).** The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. Poultry Science. 76: 1616-1620.

**MEIATTINIF., PRENCIPEL., BARDELLIF., GIANNINIG. and TARLIP. (1978).**The 4-hydroxybenzoate/4-aminophenazone chromogenic system used in the enzymic determination of serum cholesterol. Clinical Chemistry. 24 (12): 2161-2166

**MIRZAIIE S., ZIRAK-KHATTAB F., HOSSEINI SA. and DONYAEI-DARIAN H. (2018).**Effects of dietary *Spirulina* on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 31 (4): 556-563.

**MOHAMED EAA., ALI OHA., MALIK HEE. and YOUSIF IA. (2012).** Effect of season and dietary protein level on some haematological parameters and blood biochemical compositions of three broiler strains. International Journal of Poultry Science. 11 (12): 787-793.

**MORAVEJ H., KHAZALI H., SHIVAZAD M. and MEHRABANI-YEGANEHH.(2006).** Plasma concentrations of thyroid hormone and growth hormone in Lohmann male broilers fed

on different dietary energy and protein levels. *International Journal of Poultry Science* 5 (5) : 457-462.

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

**MOTA-ROJAS D., VILLANUEVA-GARCIA D., HERNANDEZ-GONZALEZ R., ROLDAN-SANTIAGO P., MARTINEZ-RODRIGUEZ R., MORA-MEDINA P., GONZALEZ-MENESES B., SANCHEZ-HERNANDEZ M. and TRUJILLO-ORTEGA ME. (2006).** Assessment of the vitality of the newborn: An overview. *Scientific Research and Essays*. 7(7): 712-718.

**MOUROT J. and HERMIER D. (2001).** Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction Nutrition Development*. 41: 109-118.

**MOUSTAFA ES., ALSANIE WF., GABER A., KAMEL NN., ALAQIL AA., and ABBAS AO.(2021).**Blue-green algae (*Spirulina platensis*) alleviates the negative impact of heat stress on broiler production performance and redox status. *Animals*. 11: 1243.

**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.

**MUJAHID A., PUMFORD NR., BOTTJE W., NAKAGAWA K., MIYAZAWA T., AKIBA Y., and TOYOMIZU M. (2007).** Mitochondrial oxidative damage in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. *The Journal of Poultry Science*. 44 (4): 439-445.

**NADIA MA. (2003).** A study of some physiological, productive and reproductive parameters of Japanese quail under stress condition. PhD. thesis Department of poultry production .Faculty of Agriculture, El- Fayoum. Cairo University.

**NARONGSAK C. (2004).** Physiological reactions of poultry to heat stress and methods to reduce its effects on poultry production. *Thai Journal of Veterinarian Medicine*. 34 (2): 17-29.

**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.

**NELSON JR., MCINTYRE DR., PAVLIDIS HO. and ARCHER GS. (2018).** Reducing stress susceptibility of broiler chickens by supplementing a yeast fermentation product in the feed or drinking water. *Animals*. 8 (10): 173.

**NORTHCUTT JK., FOEGEDING EA. and EDENS FW. (1994).** Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poultry Science*. 73 (2): 308-316.

**NOUAD MA. (2011).** Étude technico-économique de projets de valorisation/gestion de déchets liés à la filière avicole en Algérie. Alger : Éditions REME. 58p.

**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.

**OLIVEIRARFM., DONZELE JL., ABREU MLT., FERREIRA RA., VAZ RGMV. and CELLA PS. (2006).** Effects of temperature and relative humidity on performance and yield of noble cuts of broilers from 1 to 49 days old. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35 (3): 797-803.

**OLIVO R. (2006).** O mundo do frango cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma Ed. do Autor. 240-272.

**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.

**ONDERCI M., SAHIN K., SAHIN N., GURSU MF., DOERGE D., SARKAR FH. and KUCUK O. (2004).** The effect of genistein supplementation on performance and antioxidant status of Japanese quail under heat stress. *Archives of Animal Nutrition*. 58 (6): 463-471.

**OSMAN AA. (1996).** Effect of heat stress and salts on blood picture of chicken during rearing period. PhD. Thesis, Faculty of Agriculture Cairo University.

**OSTI R., BHATTARAI D. and ZHOU D. (2017).** Climatic Variation: Effects on stress levels, feed intake, and bodyweight of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 19 (3): 489-496.

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

**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.

**PARIZADIAN B., AHANGARI YJ., SHAMS-SHARGH M. and SARDARZADEH A. (2011).** Effects of different levels of L-carnitine supplementation on egg quality and blood parameters of laying Japanese quail. *International Journal of Poultry Science*. 10 (8): 621-625.

**PARMER TG., CAREW LB., ALSTER FA. and SCANES CG. (1987).** Thyroid function, growth hormone and organ growth in broilers deficient in phosphorus. *Poultry Science*. 66 (12): 1995-2004.

**PECH-WAFFENSCHMIDT V. (1992).** The effect of heat stress conditions on performance, physiology, and blood chemistry of laying hens of different feathering types, and nutritional considerations to improve the heat resistance. PhD.Thesis, Technical University, of Berlin, Germany.107p.

**PÖSÖ AR. and PUOLANNE E. (2005).** Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Science*. 70 (3): 423-434.

**PUOLANNE E. and KIVIKARI R. (2000).** Determination of the buffering capacity of postrigor meat. *Meat Science*. 56 (1): 7-13.

**QUINTEIRO-FILHO WM., RIBEIRO A., FERRAZ-DE-PAULA V., PINHEIRO ML., SAKAI M., SA LRM., FERREIRA AJP. and PALERMO-NETO J. (2010).** Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poultry Science* 89 (9): 1905-1914.

**RAFAT KHAFAR K., MOJTAHEDIN A., RASTEGAR N., KALVANI NEYTALIM.** and **OLFATI A. (2019)**. Dietary inclusion of thyme essential oil alleviative effects of heat stress on growth performance and immune system of broiler chicks. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 9 (3): 509-517.

**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.

**REHMANZ., 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.

**REZAEIM. and HAJATI H. (2010)**. Effect of diet dilution at early age on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chicks. *Italian Journal of Animal Science*. 9 (1): e19.

**RIBEIRO AML., PENZ AMJR. and TEETER. RG. (2001)**. Effects of 2-Hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and dl-methionine on broiler performance and compensatory growth after exposure to two different environmental temperatures. *Journal of Applied Poultry Research* 10 (4): 419-426.

**ROGERS AG., PRITCHETT EM., ALPHIN RL., BRANNICK EM. and BENSON ERI. (2015)**. Evaluation of the impact of alternative light technology on male broiler chicken growth, feed conversion, and allometric characteristics. *Poultry Science*. 94 (3): 408-414.

**ROSA PS., FARIA FILHO DE., DAHLKE F., VIEIRA BS., MACARI M. and 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.

**RUDAS P. and PETHES G. (1984)**. The importance of the peripheral thyroid hormone deiodination in adaptation to ambient temperature in the chicken (*Gallus domesticus*).

Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology. 77 (3): 567-571.

**SAHIN K., ONDERCI M., SAHIN N., GURSU MF., KHACHIK F. and KUCUK O. (2006).** Effects of lycopene supplementation on antioxidant status, oxidative stress, performance and carcass characteristics in heat-stressed Japanese quail. *Journal of Thermal Biology*. 3: 307-312.

**SALABI F., BOUJARPOR M., FAYAZI J., SALARI S. and NAZARI M. (2011).** Effects of different levels of zinc on the performance and carcass characteristics of broiler reared under heat stress condition. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 10 (10): 1332-1335.

**SALES J. and MELLETT FD. (1996).** Post-mortem pH decline in different ostrich muscles. *Meat Science*. 42 (2): 235-238.

**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 (4): 418-425.

**SANDS JS., and SMITH MO. (1999).** Broilers in heat stress condition effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation. *Journal Applied Poultry Research*. 8 (3): 280-287.

**SANTOSO U., TANAKA K. and OHTANI S. (1995a).** Early skip-a-day feeding of female broiler chicks fed high-protein realimentation diets. Performance and body composition. *Poultry Science*. 74 (3): 494-501.

**SANTOSO U., TANAKA K. and OHTANI S. (1995b).** Does feed-restriction refeeding program improve growth characteristics and body composition in broiler chicks? *Journal of Animal Science and Technology*. 66 (1): 27-15.

**SAYED MAM. and SCOTT TA. (2007).** Maintaining electrolyte and water balance to alleviate heat stress in broiler chickens. *Australian Poultry Science Symposium*. 23-26.

**SEDGH-GOOYA S. and TORKI M. (2018).** Influence of dietary supplemental chromium and magnesium on performance and metabolic parameters of laying hens subjected to heat

stress. *Journal of Applied Animal Research*. 46 (1): 1469-1477.

**SEVEN PT., YILMAZ S., SEVEN I., CERCI I.H., AZMAN MA. and YILMAZ M. (2009).** Effects of propolis on selected blood indicators and antioxidant enzyme activities in broilers under heat stress. *Acta Veterinaria Brno*. 78: 75-83.

**SHAO D., WANG Q., HU Y., SHI S. and TONG H. (2019).** Effects of cyclic heat stress on the phenotypic response, meat quality and muscle glycolysis of breasts and thighs of yellow-feather broilers. *Italian Journal of Animal Science*. 18 (1): 301-308.

**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.

**SHIM KS., HWANG KT., SON MW. and PARK GH. (2006).** Lipid Metabolism and peroxidation in broiler chicks under chronic heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 19 (8): 1206-1211.

**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.

**SHINI S., SHINI A. and HUFF GR. (2009).** Effects of chronic and repeated corticosterone administration in rearing chickens on physiology, the onset of lay and egg production of hens. *Physiology and Behavior*. 98 (1-2): 73-77.

**SHIOJI N., HAYASHI M. and MORIMATSU H. (2016).** Kidney, fluid, and acid-base balance. *Masui the Japanese Journal of Anesthesiology*. 65 (5): 503-510.

**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 MAN., FILHO JADB., SILVA CJM., ROSARIO MF., SILVA CJM., SILVA IJO., COELHO AAD. and SAVINO VJM. (2007).** Avaliação do estresse térmico em condição simulada de transporte de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36 (4):

1126-1130.

**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.

**SMITH MO. (1992).** Effect of feed withdrawal and acclimation on weight gain, body temperature, survival and carcass traits of heat stressed broilers. *Tennessee Farm and Home Science*. 156 : 4-10.

**SOHAIL MU., IJAZ A., YOUSAF MS., ASHRAF K., ZANEB H., ALEEM M., and REHMAN H. (2010).** Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and lactobacillus-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. *Poultry Science*. 89: 1934-1938.

**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 (9): 2235-2240.

**SONG ZHK., CHENG XC., ZHENG HA., ZHANG LL. and WANG T. (2018).** Effects of dietary supplementation with enzymatically treated *Artemisia annua* on growth performance, intestinal morphology, digestive enzyme activities, immunity, and antioxidant capacity of heat-stressed broilers. *Poultry Science*. 97 (2): 430-437.

**SONG ZG., ZHANG XH., ZHU LX., JIAO HC. and LIN H. (2011).** Dexamethasone alters the expression of genes related to the growth of skeletal muscle in chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Journal Molecular Endocrinology*. 46 (3) :217-225.

**SUGITO S., MANALU W., ASTUTI DA., HANDHARYANI E. and CHAIRUL. (2007).** Heat stress effect and given of hexane extract jaloh (*salix tetrasperma roxb*) to cortisol level, triiodothyronine and hematology profile of broiler chickens. *Indonesian Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 12 (3): 175-182.

**TANG S., YU J., ZHANG M. and BAO E. (2013).** Effects of different heat stress periods on various blood and meat quality parameters in young Arbor Acer broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*. 93 (4): 453-460.

**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.

**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.

**TEMIM S., CHAGNEAU AM., GUILLAUMIN S., MICHEL J., PERESSON R. and TESSERAUD S. (2000a).** Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens? *Poultry Science*. 79 (3): 312-317.

**TEMIM S., CHAGNEAU AM., PERESSON R. and TESSERAUD S. (2000b).** 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 (4): 813-819.

**TESSERAUD S., et TEMIM S. (1999).** Modifications métaboliques chez le poulet de chair en climat chaud : conséquences nutritionnelles. *INRA Production Animale*. 12 (5): 353-363.

**TOLLBA AAH., SABRY MM. and ABUZEADSM. (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.

**TORRENT J., ARCE MENOCAL J., LOPEZ COELLO C. and AVILA GONZALEZ E. (2019).** Effects of functional oils on performance and carcass characteristics of broilers under two different temperature environments. *Poultry Science*. 98 (11): 5855-5861.

**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.

**TSAHAR E., ARAD Z., IZHAKI I. and GUGLIELMO CG. (2006).** The relationship between uric acid and its oxidative product allantoin: a potential indicator for the evaluation of oxidative stress in birds. *Journal of Comparative Physiology B*. 176 (7): 653-661.

**UZUM M. 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.

**WANG RR., PAN XJ., and PENG ZQ. (2009).** Effects of heat exposure on muscle oxidation and protein functionalities of pectoralis majors in broilers. *Poultry Science*. 88 (5): 1078–1084.

**VECEREK V., STRAKOVA E., SUCHY P. and VASLAROVA E. (2002).** Influence of high environmental temperature on production and haematological and biochemical indexes in broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science*. 47 (5): 176-182.

**VELDKAMP T., KWAKKEL RP., FERKET PR. and VERSTEGENMWA.(2005).** Growth responses to dietary energy and lysine at high and low ambient temperature in male turkeys. *Poultry Science* 84: 273-282.

**WANG RR., PAN XJ. and PENG ZQ. (2009).** Effects of heat exposure on muscle oxidation and protein functionalities of pectoralis majors in broilers. *Poultry Science*. 88 (5): 1078-1084.

**WILLEMSSEN H., SWENNEN Q., EVERAERT N., GERAERT PA., MERCIER Y., STINCKENS A., DECUYPERE E. and BUYSEJ.(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.

**WILLIAM J. and NJOYA J.(1998).** Plasma concentrations of thyroid hormones in growing pullets laying hens reared under two tropical climates and fed on diets with different energy concentrations. *British Poultry Science*. 39 (4): 579-582.



**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.

**XU Y., LAI X., LI Z., ZHANG X. and LUO Q. (2018).** Effect of chronic heat stress on some physiological and immunological parameters in different breed of broilers. *Poultry Science.* 97 (11): 4073-4082.

**YAHAV S., (2000).** Domestic fowl-strategies to confront environmental conditions. *Poultry and Avian Biology Reviews.* 11(2): 81-95.

**YAHAV S. and PLAVNIK I. (1999).** Effect of early-age thermal conditioning and food restriction of performance and thermotolerance of male broiler chickens. *British Poultry Science.* 40(1): 120-126.

**YAHAV S., STRASCHNOW A., PLAVNIK I. and HURWITZ S. (1997).** Blood system response of chickens to changes in environmental temperature. *Poultry Science.* 76: 627-633.

**YAHAV S., LUGER D., CAHANER A., DOTAN M., RUSAL M., and HURWITZ S. (1998).** Thermoregulation in naked neck chickens subjected to different ambient temperatures. *British Poultry Science.* 39 (1): 133-138.

**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. and MACMURTY J. (2001).** Thermotolerance acquisition in broiler chickens by temperature conditioning early in life: The effect of timing and ambient temperature. *Poultry Science.* 80: 1662-1666.

**YALÇIN S., ÖNEN A., ÖZKAN S., GÜLER H. and SIEGEL P. (2005).** Meat quality of heat-stressed broilers: Effects of thermal conditioning at pre- and –postnatal stages. XVII ème Symposium Européen sur la Qualité de la Viande de Volaille. Doorwerth, Pays-Bas. 6p.

**YANAGI T., XIN H. and GATES RS. (2001).** Modelling partial surface evaporative cooling of chickens. *Agricultural and Biosystems Engineering. Conference Proceedings and Presentations.* 186. ASAE Annual International Meeting. 1-3011.

**YOUNG OA., WEST J., HART AL. and VAN OTTERDIJK FFH. (2004).** A method for early determination of meat ultimate pH. *Meat Science*. 66 (2): 493-498.

**YUNianto VD., HAYASHI K., KANEDA S., OHTSUKA A., and TOMITA Y., 1997.** Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. *British Journal of Nutrition*. 77: 897-909.

**ZABOLI G.,HUANG X.,FENG X. and AHNDU. (2019).**How can heat stress affect chicken meat quality? – a review. *Poultry Science*.98 (3): 1551-1556.

**ZEFERINO CP., KOMIYAMA CM., FERNANDES S., SARTORI JR., TEIXEIRA PSS. and MOURA ASAMT. (2013).** Carcass and meat quality traits of rabbits under heat stress. *Animal*. 7 (3): 518-523.

**ZEFERINO CP., KOMIYAMA CM., PELICIA VC., FASCINA VB., AOYAGI MM., COUTINHO LL., SARTORI JR. and MOURA ASAMT. (2016).** 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.

**ZHANG ZY., JIA GQ., ZUO JJ., ZHANG Y., LEI J., REN L. and FENG DY. (2012).** Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. *Poultry Science*. 91(11): 2931-2937.

**ZHU X., RUUSUNEN M., GUSELLA M., ZHOU G. and PUOLANNE E. (2011).** High post-mortem temperature combined with rapid glycolysis induces phosphorylase denaturation and produces pale and exudative characteristics in broiler pectoralis major muscles. *Meat Science*. 89 (2): 181-188.

**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.