

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية – الحراش-  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH-ALGER

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie

Option : Sciences Animales

## THÈME

**Impact de la technique d'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur l'utilisation digestive des nutriments par le poulet de chair élevé en conditions chaudes**

Présentée par : M<sup>elle</sup> HAMMOUCHE DALILA

**Jury :**

**Président :** M<sup>r</sup> YAKHLEF H. Professeur ENSA.

**Directrice de thèse :** M<sup>me</sup> BOUDOUMA D. Maître de conférences ENSA.

**Examineurs :** M<sup>elle</sup> AÏN BAZIZ H. Professeur ENSV.

M<sup>r</sup> TRIKI S. Maître de conférences ENSA.

M<sup>me</sup> MEZIANE F.Z. Chargée de cours ENSA.

Année Universitaire : 2010-2011.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية – الحراش-  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH-ALGER

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie

Option : Sciences Animales

## THÈME

**Impact de la technique d'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur l'utilisation digestive des nutriments par le poulet de chair élevé en conditions chaudes**

Présentée par : M<sup>elle</sup> HAMMOUCHE DALILA

**Jury :**

**Président :** M<sup>r</sup> YAKHLEF H. Professeur ENSA.

**Directrice de thèse :** M<sup>me</sup> BOUDOUMA D. Maître de conférences ENSA.

**Examineurs :** M<sup>elle</sup> AÏN BAZIZ H. Professeur ENSV.

M<sup>r</sup> TRIKI S. Maître de conférences ENSA.

M<sup>me</sup> MEZIANE F.Z. Chargée de cours ENSA.

Année Universitaire : 2010-2011.

## *DEDICACES*

*J*e dédie ce modeste travail à mes très chers parents, un humble témoignage pour tout ce qu'ils ont fait pour moi. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon affection, de mon grand respect et ma reconnaissance pour toutes leurs aides ainsi que pour leurs sacrifices et la patience dont ils ont fait preuve tout au long de mes études.

*À* ma très chère défunte sœur Wahiba dont je garde de très bons souvenirs, malgré son absence elle est présente en permanence dans ma vie. Que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

*À* ma très chère sœur ainsi que son mari pour leurs soutiens inconditionnels.

*À* mes adorables frères et leurs épouses pour leur aide, soutien et présence permanente. Je leur serai toujours reconnaissante.

*À* mes très chers trésors neveux et nièces Fazil, Lyes, Assam, Zakaria, Narimane et l'adorée Nazline.

*À* mon très cher ami M<sup>r</sup> MOUSS Karim et à toute sa famille pour leur précieuse aide et soutien.

*À TOUS CEUX QUE J'AIME*

## *REMERCIEMENTS*

*Je* tiens à exprimer tout d'abord mes vifs remerciements à ma directrice de thèse **M<sup>me</sup> BOUDOUMA DALILA** pour son encadrement efficace, sa disponibilité, sa patience, son soutien ; ainsi que les précieux conseils qu'elle m'a prodigués tout au long de la réalisation de ce travail.

*Je* tiens aussi à remercier **Monsieur YAKHLEF H.** Professeur à l'ENSA, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance ; qu'il trouve ici l'expression de mes profonds remerciements.

*À* **M<sup>lle</sup> AÏN BAZIZ H.** Professeur à l'ENSV pour avoir fait partie de ce jury et sa bienveillance quant à l'examen de ce travail. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

*À* **Mr TRIKI S.** Maître de conférences à l'ENSA pour avoir apporté son aide à la réalisation de ce travail.

*À* **M<sup>me</sup> MEZIANE F.Z** Chargée de cours à l'ENSA pour avoir accepté de juger ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

*Je* tiens aussi à remercier l'institution de l'**I.N.R.A.A** pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apporté afin de pouvoir accomplir la réalisation de ce travail.

*Je* tiens à remercier également l'institution de l'**I.T.E.L.V**, particulièrement **Mr ZADI**, son équipe de laboratoire ainsi que le personnel du département de zootechnie de l'**E.N.S.A** pour leur contribution à l'aboutissement de ce travail.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION

## ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>Chapitre I : La fonction de thermorégulation chez les animaux supérieurs.....</b>	<b>1</b>
I. Définition de la thermorégulation.....	1
II. Mécanisme de fonctionnement de la thermorégulation.....	1
II.1 La thermogénèse.....	2
II.2 La thermolyse.....	2
II.3 Régulation thermique en fonction de la température ambiante.....	3
III. La thermorégulation chez les oiseaux.....	5
III.1 Facteurs de l'équilibre thermique chez les oiseaux.....	5
III.2 La zone de neutralité thermique. ....	6
<b>Chapitre II : Comportement des volailles en ambiance chaude.....</b>	<b>8</b>
I. Evolution de la thermogénèse et de la thermolyse .....	8
I.1 Diminution de la thermogénèse .....	8
I.2 Augmentation de la thermolyse.....	8
II. Limites de lutte contre la chaleur.....	9
<b>Chapitre III : Impact du stress thermique sur la volaille.....</b>	<b>10</b>
I. Définition du stress thermique.....	10
II. Impact du stress thermique sur les performances de croissance et le taux de mortalité des volailles.....	11
III. Impact du stress thermique sur la température corporelle.....	12
IV. Impact du stress thermique sur l'utilisation de l'aliment.....	12
IV.1 Impact du stress thermique sur l'utilisation digestive des nutriments.....	12
IV.1.1 Impact du stress thermique sur la dynamique enzymatique digestive.....	14
IV.1.2 Impact du stress thermique sur la morphométrie digestive.....	14
IV.2 Impact du stress thermique sur l'utilisation métabolique des nutriments.....	16
<b>Chapitre IV : Techniques d'atténuation des effets du stress thermique sur les élevages avicoles.....</b>	<b>20</b>
I. Amélioration des conditions d'ambiance dans les bâtiments d'élevage avicole.....	20
II. Adaptation des élevages à de nouvelles formes de conduite alimentaire.....	22
II.1 Remaniement de la ration et apports d'additifs et de vitamines.....	22
II.2 La pratique du retrait alimentaire.....	23
III. Adaptation des animaux à la chaleur.....	25

III.1 Manipulations génétiques .....	25
III.2 La pratique de l'acclimatation précoce.....	27
<b>Chapitre V : Intérêt des techniques de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire en production avicole.....</b>	<b>30</b>
I. Impact de l'acclimatation précoce.....	30
I.1 Effets de l'acclimatation précoce sur les performances de croissance et sur le taux de mortalité des élevages.....	30
I.1.1 Ingéré alimentaire et indice de consommation.....	30
I.1.2 Croissance.....	31
I.1.3 Consommation d'eau.....	31
I.1.4 La mortalité.....	31
I.2 Effets de l'acclimatation précoce sur quelques paramètres physiologiques des oiseaux.....	32
I.2.1 Température corporelle.....	32
I.2.2 Paramètres sanguins.....	33
II. Impact du retrait alimentaire.....	33
II.1 Effets du retrait alimentaire sur les performances zootechniques et sur le taux de mortalité des élevages.....	33
II.2 Impact du retrait alimentaire sur la température corporelle.....	34
<b>CONCLUSION BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>35</b>

## **ÉTUDE EXPÉRIMENTALE**

I. Objectifs de l'étude.....	36
II. Matériel et Méthodes.....	36
II.1 Matériel.....	36
II.1.1 Bâtiment d'élevage et conditions d'ambiance.....	36
II.1.2 Les animaux.....	37
II.1.3 Les aliments.....	42
II.2 Méthodes.....	43
II.2.1 Méthodes de mesures des paramètres d'ambiance.....	43
II.2.2 Méthodes de mesures des performances zootechniques.....	43
II.2.2.1 L'ingéré alimentaire.....	43
II.2.2.2 Le poids vif.....	43
II.2.2.3 L'indice de consommation.....	43
II.2.2.4 Le taux de mortalité .....	44
II.2.3 Méthodes de mesures analytiques.....	44
II.2.3.1 Méthodes de mesures biologiques.....	44
II.2.3.1.1 Méthodes de mesures de la température rectale.....	44
II.2.3.1.2 Méthodes de mesures de la morphométrie digestive.....	44
II.2.3.1.3 Méthode de mesures du bilan digestif .....	45
II.2.3.2 Méthodes de mesures chimiques.....	46
II.2.3.2.1 La teneur en matière sèche (MS) de l'aliment et des fientes.....	47
II.2.3.2.2 La teneur en matières minérales (MM) de l'aliment et des fientes.....	47

II.2.3.2.3 La teneur en protéines brutes (MAT) de l'aliment et des fientes.....	47
II.2.3.2.4 La teneur en matières grasses (MG) de l'aliment et des fientes.....	48
II.2.3.2.5 La teneur en cellulose brute (CB) de l'aliment et des fientes.....	48
II.2.3.2.6 La teneur en NDF, ADF, et hémicellulose de l'aliment et des fientes.....	48
II.2.3.2.7 La teneur en amidon de l'aliment et des fientes.....	49
II.2.3.3 Méthodes de mesures des coefficients d'utilisation digestive.....	50
II.2.3.3.1. Méthode de mesure de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique .....	50
II.2.3.3.2. Méthode de mesure de la digestibilité de la matière azotée totale.....	50
II.2.3.3.3. Méthode de mesure de la digestibilité de la matière grasse.....	50
II.2.3.3.4. Méthode de mesure de la digestibilité de l'amidon.....	50
II.2.3.3.5. Méthode de mesure de l'énergie brute et l'énergie métabolisable Apparente.....	51
II.2.3.3.6. Méthode de mesure de la digestibilité de la cellulose brute.....	51
II.2.3.3.7. Méthode de mesure de la digestibilité de l'NDF.....	51
II.2.3.3.8. Méthode de mesure de la digestibilité de l'ADF.....	52
II.2.3.3.9. Méthode de mesure de la digestibilité de l'hémicellulose.....	52
II.2.3.4 Méthodes de calculs statistiques.....	52
<b>III. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>53</b>
III.1 Paramètres d'ambiance .....	53
III.2 Composition chimique de l'aliment distribué durant l'élevage.....	56
III.3 Performances zootechniques.....	57
III.3.1 Ingéré alimentaire:.....	57
III.3.2 Poids vif .....	58
III.3.3 Indice de consommation .....	59
III.3.4 Taux de mortalités.....	59
III.4 Mesures biologiques.....	63
III.4.1 Températures rectales.....	63
III.4.2 Morphométrie digestive.....	65
III.4.3 Bilan digestif.....	68
<b>DISCUSSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>72</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>74</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>ANNEXES</b>	

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1:</b> Influence de la température et de l'humidité sur les pertes de chaleur chez les volailles.....	6
<b>Tableau 2:</b> Effet de la chaleur sur la digestibilité des protéines chez le poulet de chair...	12
<b>Tableau 3:</b> Effet d'une exposition chronique à la chaleur sur le poids des organes digestifs (g) des poulets Vedette mâles âgés de 6 semaines et alimentés avec un régime maïs-soja.....	15
<b>Tableau 4:</b> Effet d'une exposition chronique à la chaleur sur la longueur (cm) des différentes parties de l'intestin et des cæca des poulets Vedette mâles âgés de 6 semaines et alimentés avec un régime maïs-soja. ....	15
<b>Tableau 5:</b> Effet de la température sur la digestibilité des nutriments et l'énergie métabolisable chez le poulet de chair.....	16
<b>Tableau 6:</b> Influence de la température d'élevage sur la valeur de l'énergie métabolisable et de la digestibilité des protéines du son de blé chez le poulet de chair.....	17
<b>Tableau 7:</b> Impact du stress thermique sur le métabolisme protéique, lipidique et glucidique du poulet de chair.....	18
<b>Tableau 8:</b> Normes de densité dans un bâtiment à ventilation dynamique en fonction de la température ambiante.....	21
<b>Tableau 9:</b> Normes d'équipements du bâtiment avicole en conditions de températures élevées.....	21
<b>Tableau 10:</b> Conditions d'observation du retrait alimentaire par quelques auteurs.....	25
<b>Tableau 11:</b> Exemples de gènes majeurs et leurs effets directs et indirects sur la résistance à la chaleur des poulets.....	26
<b>Tableau 12:</b> Différentes modalités de mise en application de la technique d'acclimatation précoce.....	28
<b>Tableau 13:</b> Effet de la température ambiante sur les performances des poulets de chair.....	30
<b>Tableau 14 :</b> Températures ambiantes et hygrométries relatives moyennes durant l'élevage.....	53
<b>Tableau 15:</b> Températures sous éleveuses et des loges au 5 <sup>ème</sup> et 7 <sup>ème</sup> jour d'âge.....	54



<b>Tableau 16:</b> Températures ambiantes et hygrométries relatives relevées lors du coup de chaleur (J46).....	55
<b>Tableau 17:</b> Composition chimique des aliments démarrage, croissance et finition.....	56
<b>Tableau 18:</b> Impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur la quantité ingérée moyenne par sujet lors des phases de croissance et de finition.....	57
<b>Tableau 19:</b> Impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur le poids vif.....	58
<b>Tableau 20:</b> Impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur les indices de consommation moyens en phase de croissance et de finition.....	59
<b>Tableau 21 :</b> Taux de mortalité enregistré durant les phases d'élevage (%).....	60
<b>Tableau 22:</b> Impact de l'acclimatation précoce sur la température rectale lors du 5 <sup>ème</sup> et 7 <sup>ème</sup> jour d'âge.....	63
<b>Tableau 23 :</b> Longueur absolue (cm) des différentes portions intestinales.....	66
<b>Tableau 24 :</b> Poids relatif (%) des différentes portions intestinales.....	66
<b>Tableau 25 :</b> Poids relatifs (%) du jabot et du gésier vide.....	67
<b>Tableau 26 :</b> Valeurs de la digestibilité de la matière sèche, matière organique, matière grasse, matières azotées totales et de l'amidon de l'aliment distribué aux 3 lots de poulets.....	69
<b>Tableau 27:</b> Valeur de l'énergie métabolisable apparente (kcal/kg MS) de l'aliment distribué aux 3 lots de poulets.....	70
<b>Tableau 28 :</b> Valeurs de la digestibilité des composés pariétaux de l'aliment distribué aux 3 lots de poulets.....	71

## *Liste des figures*

<b>Figure 1:</b> Représentation schématique des relations entre thermogenèse, thermolyse et température ambiante.....	4
<b>Figure 2:</b> Thermorégulation chez les oiseaux.....	5
<b>Figure 3:</b> Schéma général de régulation de la température corporelle et de la répartition des échanges énergétiques en fonction de la température ambiante.....	7
<b>Figure 4:</b> Schéma descriptif du bâtiment d'élevage avicole.....	39
<b>Figure 5:</b> Schéma représentatif du protocole expérimental adopté.....	40
<b>Figure 6:</b> Protocole expérimental du bilan digestif.....	45
<b>Figure 7:</b> Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative à l'intérieur du bâtiment durant l'expérimentation.....	54
<b>Figure 8:</b> Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative lors du coup de chaleur .....	56
<b>Figure 9:</b> Taux de mortalité des poulets lors de l'acclimatation précoce.....	62
<b>Figure 10:</b> Taux de mortalité des poulets durant la période d'élevage.....	62
<b>Figure 11:</b> Évolution du taux de mortalité des poulets lors du coup de chaleur.....	62
<b>Figure 12:</b> Températures rectales mesurées au 5 <sup>ème</sup> jour d'âge chez les poussins des lots T <sup>+</sup> et T <sup>-</sup> .....	64
<b>Figure 13:</b> Températures rectales mesurées au 7 <sup>ème</sup> jour d'âge chez les poussins des lots T <sup>+</sup> et T <sup>-</sup> .....	64
<b>Figure14:</b> Températures rectales des poussins des 3 lots lors du coup de chaleur (J46)....	65

## *Liste des photos*

<b>Photo 1:</b> Aménagement des loges.....	37
<b>Photo 2 :</b> Extracteur d'air.....	37
<b>Photo 3 :</b> a. Pesée individuelle des poussins dès leur réception b. Répartition en 2 lots.	38
<b>Photo 4:</b> a. Exposition à la chaleur des poussins à J5 et J7 b. Halètement des poussins lors du traitement.....	38
<b>Photo 5 :</b> Répartition des poulets en loges.....	38
<b>Photo 6:</b> Pesée individuelle des poulets.....	41
<b>Photo 7 :</b> Allumage des radians.....	41
<b>Photo 8 :</b> a. Retrait de l'aliment (J46) b. Enlèvement des poulets morts.....	41
<b>Photo 9:</b> Abattage par saignée des poulets.....	42
<b>Photo 10:</b> Disposition des poulets de chair dans les cages à métabolisme.....	42
<b>Photo 11 :</b> Prise de température rectale des poulets.....	44
<b>Photo 12:</b> a. Récolte des excréta dans les barquettes en aluminium b. Nettoyage des excréta c. Dessiccation des excréta.....	46
<b>Photo 13:</b> Broyeur à lame.....	46

## *Liste des abréviations*

°C : Degrés Celsius.

% : Pourcentage.

ADF : Acid detergent fiber.

CB : Cellulose brute.

cm : Centimètre.

CUD<sub>a</sub> : Coefficient d'utilisation digestive apparente.

CUD<sub>a</sub>ADF : Coefficient d'utilisation digestive apparente de "l'acid detergent fiber".

CUD<sub>a</sub>AM : Coefficient d'utilisation digestive apparente de l'amidon.

CUD<sub>a</sub>CB : Coefficient d'utilisation digestive apparente de la cellulose brute.

CUD<sub>a</sub>HEMI : Coefficient d'utilisation digestive apparente de l'hémicellulose.

CUD<sub>a</sub>MG : Coefficient d'utilisation digestive apparente de la matière grasse.

CUD<sub>a</sub>MO : Coefficient d'utilisation digestive apparente de la matière organique.

CUD<sub>a</sub>MS : Coefficient d'utilisation digestive apparente de la matière sèche.

CUD<sub>a</sub>NDF : Coefficient d'utilisation digestive apparente de la "neutral detergent fiber".

CUD<sub>r</sub>P : Coefficient d'utilisation digestive réelle des protéines brutes.

EMa : Énergie métabolisable apparente.

ENSA : École Nationale Supérieure Agronomique.

FOA : Fientes d'origine alimentaire.

FOE : Fientes d'origine endogène.

g : Gramme.

g/g PV : Gramme/gramme de poids vif.

g/s : Gramme /sujet.

g/sujet/j : Gramme/sujet/jour.

h : Heure.

IC : Indice de consommation.

j : Jour.

kg : Kilogramme.

kcal/kg MS : Kilocalorie/kilogramme de matière sèche.

Kcl : Chlorure de potassium.

Kg/hab/an : Kilogramme/habitant/an.

kg/m<sup>2</sup> : Kilogramme/mètre carré.

MAT : Matières azotées totales.

MG : Matières grasses.

m : Mètre

m<sup>2</sup> : Mètre carré.

m<sup>3</sup>/h/kg : Mètre cube/heure/kilogramme.

ml : Millilitre.

mm : Millimètre.

MM : Matière minérale.

MS : Matière sèche.

N : Azote.

NaHCO<sub>3</sub> : Bicarbonate de sodium.

NDF : Neutral detergent fiber.

ONAB : Office National de l'Aliment de Bétail.

pH : Power of hydrogen.

T<sup>-</sup> : Lot de poulets témoins.

T<sub>R</sub> : Lot de poulets retrait.

T<sup>+</sup> : Lot de poulets acclimatés.

T<sub>3</sub> : Triiodothyronine.

T<sub>4</sub> : Thyroxine.

TCI : Température critique inférieure.

TCS : Température critique supérieure.

*vs* : Versus.

ZNT : Zone de neutralité thermique.

# *INTRODUCTION*

## *Introduction*

En Algérie, la filière avicole a connu un très grand essor, la consommation annuelle de viande de volaille étant passée de 0,6 kg en 1966 à 10kg/hab/an en 2009 (MADR, 2009). Cependant, la filière connaît de nombreuses contraintes dont celles de la chaleur. Pour l'élevage du poulet de chair, la vétusté des bâtiments d'élevage, le faible niveau de technicité des éleveurs, l'investissement quasi inexistant en matière de contrôle de l'ambiance des locaux (DAHMAN et ZAOUI, 2008 ; ALLAB et BELHOUS 2009), sont à l'origine des mauvaises performances animales obtenues en période estivale, et surtout de l'importante mortalité occasionnée en fin d'élevage lors d'importantes hausses de température (sirocco par exemple). Cette situation récurrente a amené de nombreux éleveurs à interrompre leur activité en saison estivale, désorganisant davantage la filière et générant des périodes de crise sur le marché.

Cette situation propre à plusieurs pays en zone tropicale (Brésil), et du bassin méditerranéen (France, Espagne, Maroc...etc) a amené la communauté scientifique à se pencher sur les moyens d'atténuer les effets de la chaleur sur la production et la productivité du poulet de chair.

Notre travail s'inscrit dans ce cadre, la partie bibliographique de notre étude présente les mécanismes de réaction de l'oiseau face à la chaleur et l'effet de celle-ci sur la sphère digestive.

La partie expérimentale a pour but de tester l'efficacité de l'acclimatation précoce des poussins et du retrait alimentaire comme technique de lutte contre les effets néfastes de la chaleur (stress thermique chronique et aigu) qui s'exercent sur les élevages de poulets de chair. Nous étudions également les retombées sur la morphométrie digestive et l'utilisation digestive des principaux nutriments de l'aliment.

Après une brève description des protocoles expérimentaux et de la méthodologie de mesure adoptée, les principaux résultats sont rapportés et discutés.

La conclusion générale présente les points essentiels du travail et soulève quelques perspectives pour les travaux ultérieurs.

*PARTIE*

*BIBLIOGRAPHIQUE*



## Chapitre I

### La fonction de thermorégulation chez les animaux supérieurs

#### I. Définition de la thermorégulation

La température est un facteur limitant important des activités biologiques. Des températures intracellulaires trop basses freinent les interactions moléculaires, alors que des températures trop élevées peuvent provoquer des modifications d'organisation des architectures macro moléculaires incompatibles avec leurs activités.

La thermorégulation, ou régulation thermique est le phénomène qui permet de maintenir une température constante d'un corps donné. En général, la température centrale est constante malgré les variations de la température extérieure dans une certaine limite (GAROSI *et al.*, 2006).

GANONG et JOBIN (2005) relatent que les invertébrés (reptiles, amphibiens et poissons) sont en général incapables d'ajuster leur température corporelle et ils sont ainsi à la merci de l'environnement. Lors de l'évolution, des espèces vertébrées (mammifères et oiseaux) ont développé des mécanismes pour maintenir leur température corporelle en ajustant leur production ou leur perte de chaleur.

Dans la classe des Vertébrés, la classification suivante est rapportée par GILLES (2006):

**Les Endothermes Homéothermes** dits aussi « animaux à sang chaud », représentés essentiellement par les mammifères et les oiseaux dont la température corporelle est soigneusement régulée par des mécanismes d'homéostasie. Ces derniers contrôlent la production et les pertes de chaleur pour maintenir la température corporelle relativement constante indépendamment de la température ambiante.

**Les Ectothermes Poïkilothermes** ou « animaux à sang froid », caractérisés par leur capacité d'échanger la chaleur avec leur environnement immédiat. Ainsi, la température d'un ectotherme évolue en fonction des fluctuations journalières de la température ambiante. Mais en général, la température interne de ces animaux, se situe à 1 ou 2°C au dessus de la température extérieure.

#### II. Mécanisme de fonctionnement de la thermorégulation

Tels que rapportés par GANONG et JOBIN (2005), les processus générateurs de chaleur dans l'organisme sont l'exercice musculaire, l'assimilation de la nourriture et tous les processus vitaux qui contribuent au métabolisme de base. La perte de chaleur se fait par radiation, convection et évaporation d'eau à la surface des voies respiratoires et de la peau. Une petite quantité est également perdue dans les urines et les matières fécales.

La thermorégulation résulte d'une variation de température extérieure qui déclenche deux phénomènes : la thermogenèse (production de chaleur) et la thermolyse (perte de chaleur). Le même processus est observé au niveau cellulaire puisque GILLES (2006) précise que chez un animal, la chaleur résulte d'une balance entre des gains et des pertes de chaleur provenant de sources exogènes ou endogènes.

## II.1 La thermogenèse

La thermogenèse est la résultante de l'activité métabolique des différents tissus et organes. Elle est exprimée par la quantité de chaleur libérée au cours des réactions chimiques. Certains modèles d'expression de la thermogenèse prennent également en compte le volume de CO<sub>2</sub> dégagé ainsi que celui des gaz sous forme de méthane chez les ruminants (PITON, 2004). La thermogenèse est couramment estimée à partir de la consommation d'oxygène, aussi, est-elle mesurée en calorimétrie indirecte par l'appréciation de la consommation d'oxygène, de celle du rejet de gaz carbonique et de méthane chez les ruminants.

Classiquement, la thermogenèse se décompose en une thermorégulation de base et une thermorégulation facultative. La première dite aussi métabolisme de base ou métabolisme de jeûne chez les animaux, correspond à la production thermique minimum enregistrée chez l'animal au repos, à jeun et dans des conditions de neutralité thermique. La seconde, est une production de chaleur supérieure qualifiée d'extra chaleur compte tenu qu'en conditions normales, l'animal se déplace, se nourrit et génère ainsi de la chaleur. De plus, les facteurs qui augmentent l'activité chimique des cellules augmentent également la thermogenèse.

## II.2 La thermolyse

La thermolyse se caractérise par l'ensemble des pertes de chaleur produites par l'organisme. Celles-ci peuvent être réalisées par la voie sensible (chaleur qui élève la température de l'environnement) ou par la voie latente ou insensible (pertes qui n'entraînent pas d'augmentation de la température de l'environnement). AMAND *et al.* (2004) signalent une faible élimination de chaleur via l'excrétion fécale. Celle-ci tend à réduire sensiblement la température corporelle par évacuation du contenu digestif non digéré.

D'après GAROSI *et al.* (2006), les pertes sensibles s'effectuent selon trois processus :

**Le rayonnement ou la radiation** : Le rayonnement électromagnétique est émis par les murs et d'autres objets vers l'organisme. Il y a un échange thermique entre la peau et les éléments solides placés dans l'environnement.

**La conduction** : Contrairement à la radiation, la conduction exige un contact matériel entre l'animal et le milieu. C'est le transfert de chaleur entre des objets qui sont directement en contact les uns avec les autres. La perte de chaleur par conduction de la surface corporelle vers l'air représente une proportion importante des pertes de chaleur, qui dépendent également du gradient de température entre la température ambiante et la température de la surface corporelle.

**La convection** : Elle correspond à une perte d'énergie calorique par renouvellement d'un fluide (air, eau) autour de l'animal. Une faible quantité de convection a toujours lieu autour du corps en raison de la tendance de l'air adjacent à la peau à s'élever au cours de son réchauffement. Quand l'organisme est exposé au vent, la perte de température par convection est accrue. L'importance de la convection peut être considérablement modifiée par les conditions extérieures.

Selon SCHEPKENS (2005), le gradient thermique peut également s'inverser de la surface vers l'animal, ce qui va entraîner un apport d'énergie par l'environnement. À ce moment là, le seul moyen de perdre de la chaleur est l'évaporation de l'eau qui est qualifiée de perte insensible. Cette dernière s'effectue par deux voies : celle des pertes de chaleur par évaporation cutanée et celle induite par voie respiratoire.

La première correspond à une diffusion directe de l'eau à travers la peau provoquant ainsi une perte de chaleur. Cette perte d'eau est la plus efficace lorsque l'air est chaud et sec. Une chaleur humide ne convient pas à ce type de perte de chaleur. Il est rapporté par PILARDEAU (1995) deux processus de pertes par évaporation cutanée: La perspiration qui correspond au passage de l'eau à travers l'épiderme, par simple diffusion (le liquide perdu n'est pas sécrété par les glandes sudoripares) et la sudation qui est le mécanisme le plus important non seulement de la régulation thermique, mais aussi celle de l'eau. Cependant, la sudation perd de son efficacité si, du fait d'un degré d'hygrométrie très élevé, la sueur ne s'évapore pas et ruisselle à la surface de la peau.

La deuxième correspond à une augmentation de la fréquence respiratoire due à la chaleur et celle de pertes d'eau par évaporation (vapeur d'eau dans l'air expiré). Il y a donc une augmentation du volume respiratoire avec maintien des échanges gazeux, ceci jusqu'à une certaine limite, avant l'apparition d'hypocapnie et d'acidose.

### **II.3 Régulation thermique en fonction de la température ambiante**

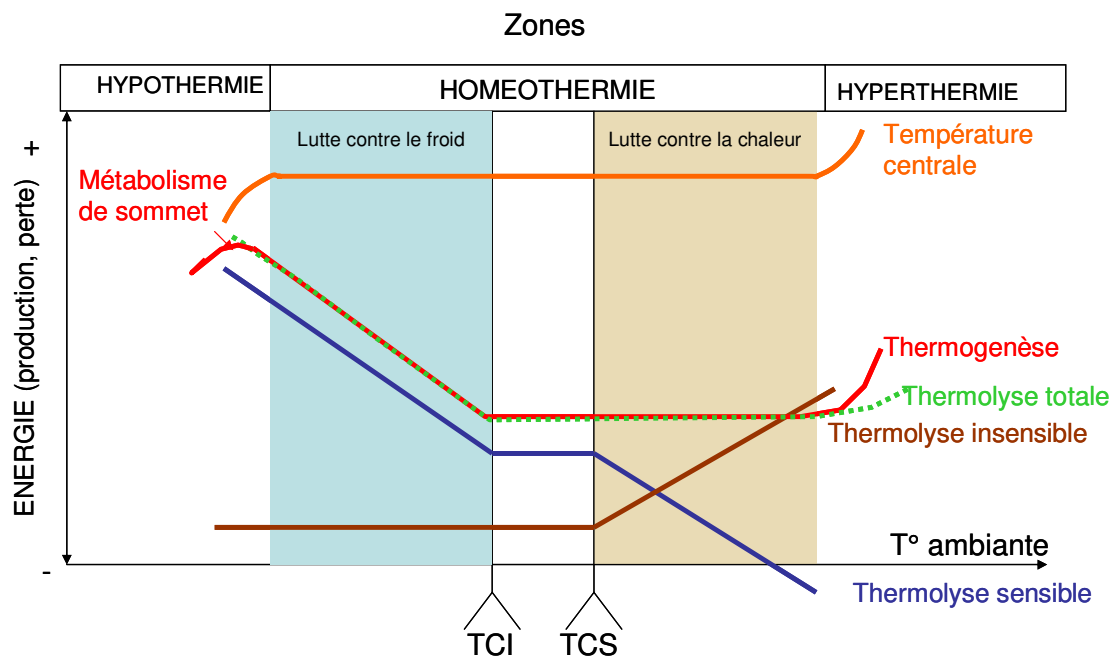
Il y a une gamme de températures ambiantes pour laquelle la température centrale ne varie pas et qui correspond à la zone d'homéothermie. Le maintien de la température centrale est réalisé pour des niveaux différents de la thermogenèse et de la thermolyse selon la valeur de la température ambiante. Dans la zone d'homéothermie, il est distingué différentes plages (figure 1), définies par TOUTAIN et COMBRISSE (1990) comme suit :

**La zone de neutralité thermique** qui est une zone où le flux de chaleur prélevé à l'organisme correspond exactement au flux de chaleur produit par le métabolisme basal. Cette zone est délimitée par la température critique inférieure (TCI) et la température critique supérieure (TCS). La zone de neutralité thermique pour un niveau de nutrition donné est définie comme étant l'intervalle des températures ambiantes pour lequel la thermogenèse est à son minimum et pour lequel la thermolyse n'est assurée ni par la sudation, ni par une augmentation de la fréquence respiratoire.

**La zone de température critique inférieure (TCI)** : Cette zone correspond à la zone de lutte contre le froid. Quand la température devient inférieure à la température critique inférieure,

l'animal voit sa thermolyse sensible augmenter de façon proportionnelle à la diminution de la température. Pour maintenir sa température centrale, il augmente sa thermogénèse jusqu'à atteindre des températures létales inférieures pour lesquelles la thermolyse est supérieure à la thermogénèse.

**La zone de température critique supérieure (TCS) :** C'est la température à partir de laquelle l'animal va changer ses modalités de thermolyse. Quand la température ambiante augmente, l'animal ne peut plus maintenir le gradient de température entre la température de la surface corporelle et la température ambiante, la thermolyse sensible diminue. La thermolyse sensible peut même devenir négative quand le gradient de température s'inverse, ce qui entraîne un apport d'énergie ou thermogénèse exogène. La seule façon de maintenir la température sera d'augmenter l'évaporation de l'eau.



**Figure 1:** Représentation schématique des relations entre thermogénèse, thermolyse et température ambiante. TCI : température critique inférieure, TCS : température critique supérieure, MS : métabolisme de sommet.

**La zone d'hypothermie** représente la zone où la thermogénèse est supérieure à la thermolyse. L'animal ayant atteint sa production de chaleur maximale, subit une diminution de sa température centrale. Cette diminution conduit à l'établissement d'un nouvel équilibre avec le milieu extérieur. Cependant, les pertes énergétiques engendrées ne peuvent être compensées et l'exposition à un tel milieu ne peut être prolongée (THIEBAULT, 2000).

**La zone d'hyperthermie** qui correspond à la zone où la thermogénèse dépasse la thermolyse. La production de chaleur s'élève car le corps met en œuvre l'ensemble des moyens lui permettant de baisser sa température centrale. L'effet inverse se produit et l'animal ne peut survivre longtemps si la température ambiante ne diminue pas (THIEBAULT, 2000).

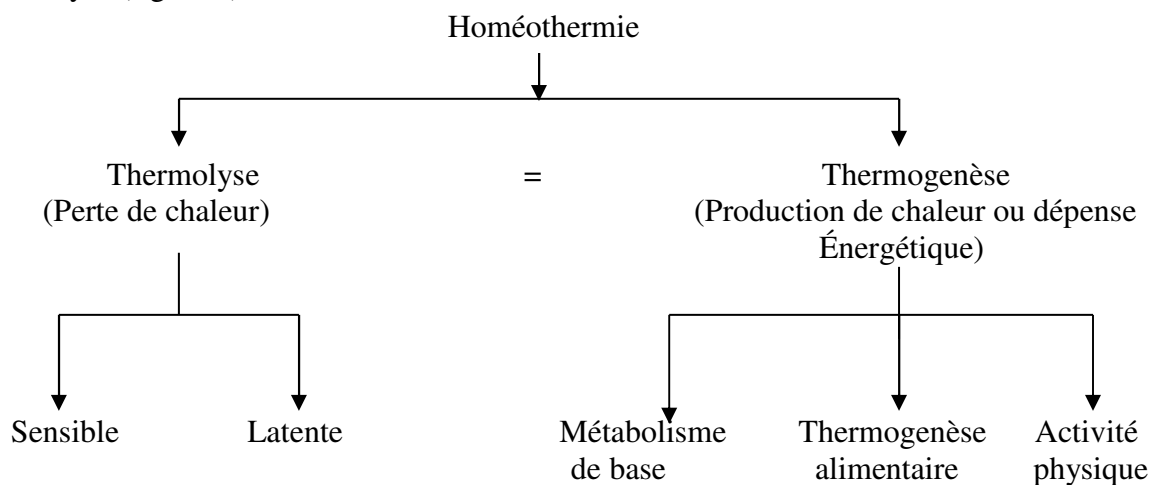
En définitive, la thermorégulation fait intervenir un très grand nombre de fonctions physiologiques et comportementales ajustées pour permettre le maintien de la température corporelle relativement constante et indépendante des fluctuations temporelles et climatiques. Ces ajustements physiologiques et comportementaux sont coordonnés par une région de l'hypothalamus qui est thermosensible et qui contrôle l'activité de systèmes neuronaux effecteurs des mécanismes de régulation de la température. Les anomalies où le dépassement de ces mécanismes de contrôle ont des conséquences physiopathologiques.

### III. La thermorégulation chez les oiseaux

Les volailles sont des homéothermes capables de maintenir leurs températures corporelles quasi constantes pour un fonctionnement normal de leurs organes vitaux. À l'âge d'un jour, la température corporelle (ou rectale) des poussins se situe entre 38°C et 39°C, progressivement, elle s'élève, puis se stabilise entre 40,5 et 41,5°C, vers l'âge de 21 jours (AMAND *et al.*, 2004).

#### III.1 Facteurs de l'équilibre thermique chez les oiseaux

L'équilibre thermique résulte du maintien à des niveaux équivalents, de la production de chaleur ou thermogénèse et des pertes de chaleur ou thermolyse. Pour qu'il y ait maintien de la température centrale, il faut qu'il y ait à tout moment égalité de ces processus. La constance de la température centrale est maintenue grâce à l'égalité de la thermogénèse et de la thermolyse (figure 2).



**Figure 2** : Thermorégulation chez les oiseaux (LARBIER et LECLERCQ, 1992).

La thermogénèse chez le poulet résulte du métabolisme basal, de l'activité physique et de la thermogénèse alimentaire ou extra chaleur (GERAERT, 1991). Quant à la thermolyse, elle se fait principalement par échange direct avec le milieu environnant au niveau de la peau (AMAND *et al.*, 2004). Selon GUIBERT (2005), ces transferts caloriques s'établissent de façon plus ou moins importante entre le corps des poulets et l'ambiance selon la quantité de l'air tel qu'illustré par le tableau 1.

**Tableau 1** : Influence de la température et de l'humidité sur les pertes de chaleur chez les volailles.

HR \ Tp	Atmosphère froide	Atmosphère chaude
<b>Atmosphère humide</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pertes de chaleur par convection : plumage humide non isolant</li> <li>• Les pertes de chaleur par conduction : litière humide, pattes froides</li> <li>• Les pertes de chaleur par rayonnement : parois froides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pertes de chaleur par évaporation faible : l'air est déjà chargé en eau.</li> <li>• Les pertes de chaleur par convection faible : peu de différence entre la température de l'animal et celle de l'ambiance.</li> </ul>
<b>Atmosphère sèche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pertes par rayonnement et par convection sont moyennes à faibles : les plumages isolent bien</li> <li>• Les pertes par conduction sont élevées par l'intermédiaire des pattes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pertes par rayonnement et par convection sont faibles : les plumages isolent bien et il existe peu de différence de température entre la peau de l'animal et l'air ambiant.</li> <li>• Les pertes de chaleur par évaporation sont fortes : augmentation du rythme respiratoire</li> </ul>

HR : Humidité relative

(ANONYME, 1997)

Tp : Température ambiante

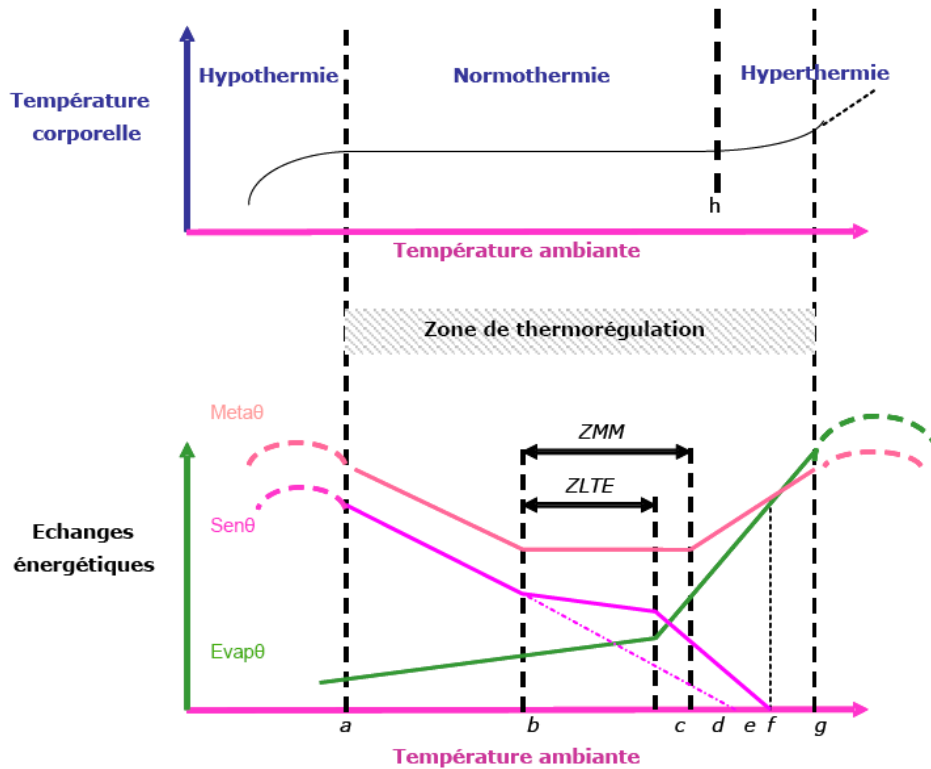
Bien que la voie fécale constitue également une forme de perte de chaleur faible, elle tend à réduire sensiblement la température corporelle par évacuation du contenu digestif non digéré (AMAND *et al.*, 2004).

### III.2 La zone de neutralité thermique

Telle que définie pour l'ensemble de animaux d'élevage, la zone de neutralité thermique est une zone de température d'élevage dans laquelle la production de chaleur est minimale et la température corporelle est maintenue constante (N'DRI, 2006).

AMAND *et al.* (2004) signalent que la zone de neutralité thermique de l'ambiance dans laquelle vit l'animal est définie, pour un âge donné, par les températures critiques inférieures et supérieures (figure 3). Les transferts qui s'établissent dans cette zone correspondent à des dépenses énergétiques faibles, non influencées par l'environnement. Elles sont égales à la production de chaleur dégagée lors de la transformation de l'aliment en muscle et graisse et lors de l'activité des animaux, dans ces conditions, leur confort thermique est optimal. Ces mêmes auteurs, estiment qu'en zone de neutralité thermique, les mécanismes de l'élimination de la chaleur se font à 75 % par radiation, conduction et convection, à 20 % par vaporisation de l'eau à travers les voies respiratoires ou de la peau et à 5 % par les excréta.

En dessous de la température critique inférieure, les oiseaux deviennent plus actifs et augmentent leur consommation alimentaire et leur production thermique basale. Au dessus de la température critique supérieure, apparaît un accroissement de la production calorique mais le processus ici est différent. Cette élévation de la température résulte d'une accélération généralisée des réactions chimiques sous l'effet de fortes températures ambiantes (AHMED, 2005).



a : point critique thermique minimal ; b : point critique de température ; c : température à laquelle les pertes de chaleur intenses par évaporation commencent ; d : température critique supérieure ; e : température ambiante égale à la température corporelle normale ; f : pertes de chaleur nulles car la production de chaleur métabolique est égale à la perte de chaleur par évaporation ; g : point critique thermique maximal ; h : point d'hyperthermie irrémédiable ; ZMM : zone de métabolisme minimum ; ZLTE : zone d'effort de thermorégulation minimale ; Meta $\theta$  : production de chaleur métabolique ; Sen $\theta$  : perte de chaleur sensible ; Evap $\theta$  : perte de chaleur par évaporation.

**Figure 3:** Schéma général de régulation de la température corporelle et de la répartition des échanges énergétiques en fonction de la température ambiante (HILLMAN *et al.*, 1985).

## Chapitre II

### Comportement des volailles en ambiance chaude

L'exposition à une température ambiante élevée entraîne chez le poulet un désordre tant sur le plan comportemental que métabolique et physiologique. Dans ces conditions, l'organisme du poulet réagit par l'activation de processus pour le maintien d'une température corporelle stable. Ces derniers consistent en la diminution de la thermogénèse et l'augmentation de la thermolyse.

#### I. Evolution de la thermogénèse et de la thermolyse

##### I.1 Diminution de la thermogénèse

En conditions chaudes, le maintien de l'homéothermie passe obligatoirement par la réduction de la production de chaleur. Celle-ci est une conséquence inévitable du métabolisme basal, de l'activité physique et de la thermogénèse alimentaire (DEEB et CAHANER, 1999 ; HILLMAN *et al.*, 1985).

À cet effet, DEEB et CAHANER (1999) suggèrent la réduction de la production basale de chaleur par des mécanismes d'adaptation étendus dans le temps ou par la sélection génétique de souches ayant une production basale de chaleur faible tel que les souches « cou nu » sans plumes (Featherless).

Par ailleurs, la thermogénèse peut être aussi réduite par la diminution de l'activité physique du poulet exposé au chaud. En effet, l'activité physique induite par l'accroissement de la fréquence respiratoire se traduit par une activité accrue des muscles, associée à la respiration, ce qui conduit à élever la production de chaleur. Cette dernière est compensée par la diminution de la demande d'énergie des autres tissus (HILLMAN *et al.*, 1985).

Quant à la thermogénèse alimentaire (extra-chaleur), elle reste la seule composante facilement modulable de la thermogénèse par une baisse de l'ingéré alimentaire. Elle constitue 80 % de la chaleur produite par l'animal. Elle serait selon DEEB et CAHANER (1999) supérieure de l'ordre de 20 à 60 % à celle produite par des animaux à jeun.

##### I.2 Augmentation de la thermolyse

Elle est permise par les pertes de chaleur latentes mettant en fonction l'évaporation de l'eau à travers les voies respiratoires et cutanées. En effet, le poulet étant recouvert de plumes (isolant thermique réduisant la perte de chaleur) et ne possédant pas de glandes sudoripares, la perte par évaporation « sudation » est limitée (VALANCONY, 1996).



BÉGOS (2004) rapporte que l'appareil respiratoire représente la principale voie d'élimination de la vapeur d'eau, et les pertes de chaleur latente par évaporation d'eau au niveau pulmonaire se substituent progressivement aux pertes de chaleur sensible.

La description réalisée par ALLAGUI *et al.* (2004) relative au comportement des oiseaux soumis à de forte température, peut se présenter comme suit :

- Augmentation du rythme cardiaque;
- Dilatation des vaisseaux sanguins périphériques au niveau de la peau de zones d'échanges privilégiées car dépourvues de plumes (barbillons, crêtes et pattes);
- Augmentation de la consommation d'eau;
- Recherche de zones froides et ventilées;
- Ecartement des ailes pour augmenter la surface d'échange avec les zones moins emplumées.

## II. Limites de lutte contre la chaleur

Lorsque la température atteint les 29°C, PADILHA (1995) rapporte que les procédés de thermolyse ne suffisent plus à lutter contre les élévations de la température ambiante, le poulet augmente alors les pertes de chaleur latentes en haletant. Le halètement a un effet rafraîchissant puisque l'oiseau expulse à travers l'eau par voie pulmonaire, de la chaleur. AMAND *et al.* (2004) précisent que le halètement se traduit par une augmentation du rythme respiratoire qui est de l'ordre de 25 mouvements/minute à la thermoneutralité, tandis que ce rythme augmente et peut atteindre 200 mouvements/minute lors d'un stress thermique.

Le halètement engendre aussi d'autres réponses physiologiques telles que la soif liée à la perte élevée en eau. Il est observé de plus une élimination excessive de gaz carbonique, qui entraîne à son tour, une modification de l'équilibre acido-basique sanguin (alcalose respiratoire).

La régulation thermique par hyperventilation a elle-même ses limites : au-delà de 37-38°C, la volaille n'a pratiquement plus de possibilités de régulation et cesse toute activité (état de prostration), le stade de coma peut être atteint si l'exposition est trop prolongée (AMAND *et al.*, 2004).

## Chapitre III

### Impact du stress thermique sur la volaille

#### I. Définition du stress thermique

Le stress thermique est représenté par des agents stresseurs qui peuvent être de différents types tels qu'un manque d'aliment ou d'eau, ou encore une température inadéquate du milieu. Les facteurs de stress entraînent un ensemble de réactions comportementales et physiologiques qui permettent à l'organisme de faire face au stress.

MERLOT (2004) rapporte que la réponse au stress thermique est caractérisée par plusieurs modifications complexes du système endocrinien en réponse aux besoins immédiats de l'animal. Celles-ci dépendent des caractéristiques du stress thermique puisque celui-ci apparaît sous des formes différentes. À cet effet pour De BASILIO et PICARD (2002); AMAND *et al.* (2004) et MÔREKI (2008), la notion de « chaleur » ou l'exposition à une température ambiante élevée recouvre deux aspects différents de stress thermique, selon leur durée et leur intensité, pour lesquels les réponses des animaux sont différentes.

MÔREKI (2008) définit le stress thermique chronique comme étant de longues périodes de températures élevées. En revanche, le stress thermique aigu fait référence à une augmentation soudaine et de courte durée de la température ambiante.

Ce même auteur rapporte que le stress thermique chronique a un effet délétère sur les oiseaux, principalement par la réduction de la consommation d'aliment et l'augmentation de la consommation d'eau. De BASILIO et PICARD (2002) et N'DRI (2006) précisent que le stress thermique chronique est une exposition prolongée à des températures ambiantes élevées cycliques, en général supérieures à 30°C, et s'étalant sur une longue période de plusieurs mois selon les régions. Elle provoque des changements relativement faibles, sur une assez longue période, jusqu'à atteindre un nouvel équilibre homéostatique qui permet à l'animal de s'adapter à son nouvel environnement. Dans ce type de stress, l'efficacité alimentaire, le taux de croissance ainsi que la qualité de la carcasse sont négativement affectés (MÔREKI, 2008). De nombreux auteurs dont TEMIM (2000), signalent qu'en situation de stress thermique chronique, la mortalité n'est que légèrement augmentée alors que les performances de production sont très affectées. Quant à AÏT BOULAHSEN *et al.* (1995) et TEMIM (2000), ces auteurs définissent le stress thermique aigu ou coup de chaleur comme une augmentation brutale de la température ambiante dépassant 35°C pendant un temps relativement bref allant de quelques heures à quelques jours. En cette situation de stress, la survie de l'animal demeure l'unique objectif.

Les mortalités observées dans ces conditions, font suite à l'étouffement de l'oiseau et peuvent atteindre 60% du cheptel (De BASILIO *et al.*, 2001a).

## II. Impact du stress thermique sur les performances de croissance et le taux de mortalité des volailles

L'exposition des volailles à la chaleur se traduit par une diminution de leur ingéré alimentaire liée au besoin de réduire la production de chaleur métabolique (MITCHELL et GODDARD, 1990). Cette diminution d'ingestion est pour TEMIM (2000) de l'ordre de 1,4 % par degré Celsius d'augmentation de la température ambiante. Au delà de 30°C, l'écart devient plus important et la chute de la consommation alimentaire atteint 2,2 % par degré Celsius d'élévation de la température ambiante.

Dans un intervalle thermique de 32 à 38°C, MÔREKI (2008) précise qu'en conditions de stress thermique, la réduction de la consommation est de l'ordre de 5%, il y a une diminution sensible de la production de chaleur et une augmentation relative de sa dissipation.

Suite à la diminution de la consommation, GEREART *et al.* (1993) rapportent que la baisse de consommation alimentaire entraîne un ralentissement de la croissance des poulets associé à une altération de leur indice de consommation, quel que soit leur origine génétique.

L'altération de la croissance induite par l'exposition du poulet à une température ambiante élevée, varie avec l'âge du poulet. Pour GEREART *et al.* (1996), la réduction de l'ingéré chez le poulet âgé entre 2 et 4 semaines n'est que de 14 % alors qu'elle atteint 24 % chez les poulets plus âgés (entre 4 et 6 semaines). L'âge n'est pas le seul facteur dont dépend l'effet de la température ambiante, le poids initial des animaux lors du début de l'exposition au chaud peut également influencer sur la croissance. Ainsi, PADILHA (1995) indique que plus le poids vif initial (mesuré à 4 semaines d'âge) est élevé, plus l'effet de la chaleur est accentué sur le gain de poids final.

Outre ces deux facteurs (l'âge et le poids vif initial), YALÇIN *et al.* (2004) soulignent également que la température ambiante élevée affecte davantage la croissance des mâles que celle des femelles. Cette observation rapportée par des études antérieures, est selon CERNIGILIA *et al.* (1983) et HOWLIDER et ROSE (1989), en rapport avec la composition corporelle et le métabolisme de base différents entre les sexes.

L'augmentation de la consommation d'eau semble être également un comportement majeur des poulets lors d'un stress thermique pour améliorer leurs performances (BALNAVE et OLIVA, 1991; FATHY, 2006).

CHAKROUN (2004) relate que la consommation quotidienne d'eau est pratiquement doublée lorsque la température ambiante passe de 21 à 32°C voire même triplée lorsqu'elle atteint 37°C. Le rapport eau/aliment augmente lors du stress thermique pour atteindre une valeur voisine de 8 à 37°C au lieu de 1,8 à 2 entre 18 et 20°C.

De BASILIO *et al.* (2001b) rapportent que la température ambiante optimale pour la phase de finition des poulets de chair (4 à 6 semaines) se situe entre 20 et 25°C. Une augmentation de la température ambiante de 20 à 35°C peut réduire la vitesse de croissance de 20 à 25 % et un coup de chaleur à plus de 36°C peut entraîner la mortalité de près de la moitié des sujets en moins de trois heures. Ces résultats corroborent les travaux de CHAKROUN (2004) qui

indiquent que lors d'un stress thermique aigu, la mortalité peut atteindre les 60% dans les élevages. En revanche, en conditions de stress thermique chronique, FATHY (2006) signale une baisse des performances de production et une légère augmentation de la mortalité.

De même, MAHMOUD *et al.* (1996) indiquent que les taux de mortalité élevés sont en relation avec des hautes températures ambiantes dans les pays à climat tempéré (lors d'un coup de chaleur en période estivale) et dans les pays à climat tropical.

### III. Impact du stress thermique sur la température corporelle

Selon de nombreux auteurs (CAHANER et LEENSTRA, 1992 ; WAIBEL et MAC LEOD, 1995 ; AÏN BAZIZ *et al.*, 1996 ; YALÇIN *et al.*, 1997 ; SETTAR *et al.*, 1999) les températures ambiantes sont à l'origine de l'élévation de la température corporelle qui entraîne à son tour, une diminution de l'ingéré alimentaire et par conséquent celle de la croissance des oiseaux.

Les travaux de De BASILIO et PICARD (2002) indiquent que l'hypothermie des oiseaux (environ 46°C) apparaît comme étant l'agent causal de leur mort, sans pour autant qu'elle en soit la cause directe ou bien la conséquence suite à une défaillance du système cardio-respiratoire. Les observations de ces auteurs les amènent à établir un pronostic de survie défavorable, dès que la température corporelle du poulet atteint les 44°C, cette donnée physique devient alors un bon indicateur de risque.

### IV. Impact du stress thermique sur l'utilisation de l'aliment

#### IV.1 Impact du stress thermique sur l'utilisation digestive des nutriments

En conditions de stress thermique, la digestibilité des protéines, des acides aminés ainsi que celle des matières grasses est altérée, tandis que celle des glucides ne semble pas être affectée.

Les travaux de WAIBEL et MAC LEOD (1995) et BONNET *et al.* (1997) indiquent qu'une augmentation de la température de 21 vs 32°C a une incidence sur la digestibilité des protéines et celle des acides aminés. Cette altération varie en fonction des matières premières utilisées et en fonction du sexe. Toutefois, cet impact n'est pas de même ordre pour l'ensemble des matières premières (ZUPRIZAL *et al.*, 1993), ainsi, la digestibilité des protéines est diminuée de 4, 13 et 12% respectivement pour le tourteau de soja, le tourteau de colza entier et le tourteau de colza dépelliculé (tableau 2).

**Tableau 2 :** Effet de la chaleur sur la digestibilité des protéines chez le poulet de chair

Matière première	Digestibilité des protéines	
	21°C	32°C
Tourteau de soja	84,4	80,9
Tourteau de colza entier	70,6	61,6
Tourteau de colza dépelliculé	76,8	67,4

ZUPRIZAL *et al.* (1993)

Dans une autre étude, BONNET *et al.* (1997) rapportent que la digestibilité des protéines diminue de façon significative ( $p < 0,05$ ) chez le poulet de chair élevé en ambiance chaude, âgé de plus de 5 semaines et nourri avec un aliment à base de maïs-soja ; elle passe de 83,2 à 80,7% pour des températures ambiantes respectivement de 22 et 32°C. Ces mêmes auteurs indiquent que la digestibilité des protéines est de 78,2 vs 74,7% respectivement pour des températures ambiantes de 22 et 32°C chez les poulets nourris avec un aliment blé-graisses. KNIGHT *et al.* (1994) attribuent cette diminution à une mauvaise digestibilité de quelques acides aminés essentiels comme la lysine et la méthionine.

La digestibilité des matières premières est aussi dépendante du facteur sexe puisque ZUPRIZAL *et al.* (1993) indiquent qu'en conditions de stress thermique et en utilisant du tourteau de soja comme aliment, la digestibilité de la thréonine, la valine et de la cystéine est diminuée de 6 à 7% alors que chez les femelles, c'est la digestibilité de la phénylalanine et de la cystéine qui est affectée (-5%). Selon les mêmes auteurs, dans les mêmes conditions d'ambiance, la digestibilité de la thréonine, la valine, la lysine et la cystéine du tourteau de colza diminue de 6 à 8% chez les mâles, en revanche, chez les femelles, c'est celle de la thréonine, la sérine, la valine, la leucine et la phénylalanine qui diminue de 19 à 21%. Les travaux de BONNET (1995) corroborent ces résultats en montrant que la digestibilité des acides aminés a tendance à diminuer en conditions de stress thermique et de façon plus prononcée chez les femelles (-4%) que chez les mâles (-1%). Cependant, la diminution de la digestibilité de l'alanine, de la thréonine, de l'isoleucine et de la méthionine est la plus significativement élevée. De plus, l'interaction "sexe x température" a un effet plus drastique sur la digestion de la thréonine, l'isoleucine, la valine et l'arginine.

Au même titre que les protéines, la digestibilité des matières grasses est également réduite en conditions de température ambiante élevée. En effet, GERAERT *et al.* (1997) signalent que cet effet serait plus marquée lorsque le ratio acides gras insaturés/acides gras saturés est élevé et relie cette observation à la diminution de sécrétion des sels biliaires en conditions chaudes.

Les résultats des travaux de BONNET *et al.* (1997) abondent dans le sens de ces observations puisque la digestibilité des lipides du mélange maïs-soja (mesurée entre le 38<sup>ème</sup> et le 42<sup>ème</sup> jour d'âge chez des poulets de sexe mâle) est de 89,1 et 88,0% respectivement en conditions de températures de 22°C et 32°C. Celle des lipides d'un aliment blé-graisses est quant à elle, respectivement de 87,1 et 83,6% dans les mêmes conditions de mesure que dans le cas précédant (22 et 32°C). Toutefois, ces différences ne sont pas statistiquement significatives.

La digestibilité des glucides quant à elle ne semble pas être affectée par les températures ambiantes élevées. Les travaux de BONNET *et al.* (1997) indiquent que chez des poulets âgés de plus de 5 semaines, la digestibilité de l'amidon d'un régime maïs-soja est maintenue entre 95,3 et 95,5% lorsqu'il est mesuré respectivement à des températures ambiantes de 22 et 32°C, tandis que celle d'un aliment de type blé-graisses est de 93,4 et 91,1% en conditions optimales et chaudes. Les travaux de DIBNER *et al.* (1992) ; MITCHELL et CARLISLE (1992) confortent ces résultats par des mesures *in vitro*. En effet, en conditions de stress thermique, la membrane intestinale des poulets de chair présenterait

une forte absorption du glucose et du galactose, ce qui expliquerait que la digestibilité de l'amidon ne soit pas altérée en ces conditions d'ambiance.

#### **IV.1.1 Impact du stress thermique sur la dynamique enzymatique digestive**

En conditions de stress thermique, les activités enzymatiques dans le tube digestif seraient inhibées ce qui expliquerait les valeurs de faibles digestibilités des protéines rapportées par DIBNER *et al.* (1992).

Sur le plan lipidique, la diminution de la digestibilité des matières grasses est attribuée par AÏN BAZIZ (1996) et GERAERT *et al.* (1996) à une diminution de la concentration plasmatique de la  $\beta$ -hydroxy-acyl déshydrogénase mesurée au niveau musculaire, celle-ci étant une enzyme impliquée dans la dégradation des acides gras.

Quant à la digestibilité des glucides, GARRIGA *et al.* (2005) indiquent que l'activité enzymatique de la maltase et de l'amylase sont augmentées lors d'un stress thermique aigu, ces mêmes activités demeurent inchangées en cas d'exposition chronique (GERAERT *et al.*, 1997) ce qui expliquerait que la digestibilité de l'amidon ne soit pas modifiée sous contraintes thermiques.

#### **IV.1.2 Impact du stress thermique sur la morphométrie digestive**

En conditions de stress thermique, des altérations morphologiques du tractus digestif sont observées. À cet effet, SUZUKI *et al.* (1983) rapportent que les caractéristiques physiques de l'intestin grêle chez les volailles sont significativement réduites. Ainsi, la masse de cet organe est réduite de 31% lorsque les poulets de chair de 5 semaines d'âge sont exposés à la chaleur. Ces résultats corroborent ceux de MITCHELL et CARLISLE (1992) qui indiquent qu'en conditions de stress thermique, le poids sec (g) du jéjunum est réduit chez les poulets âgés de 2 semaines, cette dépréciation est reflétée par une diminution de 19% de la taille des villosités par unité de longueur du jéjunum, il en est de même pour le poids des villosités, la réduction étant de 26 et 31% respectivement pour le poids humide et le poids sec. Les résultats des travaux de BONNET (1995) sur des poulets mâles âgés entre 4 à 6 semaines et exposés à deux températures ambiantes différentes 22 vs 32°C évoluent également selon cette tendance, tel que rapportés par le tableau 3.

**Tableau 3** : Effet d'une exposition chronique à la chaleur sur le poids des organes digestifs (g) des poulets Vedette mâles âgés de 6 semaines et alimentés avec un régime maïs-soja.

Traitements	22°C	32°C
Foie	66 ± 2	40 ± 1
Pancréas	3,82 ± 0,12	2,58 ± 0,14
Jabot	7,27 ± 0,26	5,20 ± 0,21
Proventricule	8,85 ± 0,67	6,36 ± 0,69
Gésier	28,8 ± 1,4	19,6 ± 1
Duodénum	15,6 ± 0,8	10,0 ± 0,6
Jéjunum	23,1 ± 1,0	13,2 ± 0,7
Iléon	20,3 ± 0,6	12,1 ± 0,5

BONNET (1995)

Le poids de l'ensemble des organes est réduit en conditions de stress thermique. La réduction est de l'ordre de -56, -75, et -68% respectivement pour les poids du duodénum, jéjunum et de l'iléon.

Les poids du proventricule et du gésier sont eux aussi réduits à la chaleur, diminuant respectivement de -39 et -47%. Ces résultats vont dans le même sens que les études de SAVORY (1986) qui rapportent que les poulets élevés à 32°C comparés à ceux élevés à 20°C ont un proventricule et un gésier de plus petite taille, cet auteur met en relation cette dépression avec la diminution de l'ingéré alimentaire en conditions de contraintes thermiques. Dans le même ordre d'idée, GARRIGA *et al.* (2005) notent que le poids et la longueur du jéjunum des poulets de chair âgés de 2 semaines sont réduits respectivement de 27 et 4% lorsque les animaux sont élevés au chaud. Ces mêmes auteurs rapportent une diminution respective de 1 et 13% de la longueur des villosités du jéjunum proximal et distal.

Comme pour le poids des organes de digestion, les longueurs des différents compartiments du tractus digestif sont affectées négativement par la chaleur comme rapportée dans le tableau 4.

**Tableau 4** : Effet d'une exposition chronique à la chaleur sur la longueur (cm) des différentes parties de l'intestin et des cæca des poulets Vedette mâles âgés de 6 semaines et alimentés avec un régime maïs-soja.

Traitements	22°C	32°C
Duodénum	35,5 ± 0,8	30,1 ± 0,9
Jéjunum	67,2 ± 1,7	64,4 ± 1,4
Iléon	79,9 ± 1,9	71,3 ± 0,9
Cæca	39,7 ± 1,4	33,7 ± 1,0

BONNET (1995)

De ces résultats, il en ressort qu'en conditions de stress thermique chronique, la longueur du duodénum, du cæcum ainsi que celle de l'iléon est significativement réduite, cette réduction est respectivement de l'ordre de 15% pour le duodénum et le jéjunum et de 11% pour l'iléon.

Ces modifications causées par les effets du stress thermique se retrouvent également au niveau cellulaire. En effet, les résultats des travaux rapportés par UNI *et al.* (1998) portant sur des jeunes poussins soumis au stress thermique indiquent que le volume des villosités au niveau jéjunal est réduit et est associé à une diminution de l'activité des enzymes de la bordure en brosse (aminopeptidase, sucrase isomaltase et phosphatase alcaline).

Des résultats similaires sont rapportés par les récents travaux de TEMIM *et al.* (2009). Ces derniers indiquent qu'en conditions chaudes, la hauteur et le volume des villosités duodénales sont réduits respectivement de 17 et de 81% au niveau de la portion proximale du duodénum, cette réduction est de l'ordre de 22 et de 48% pour la hauteur et le volume des villosités duodénales au niveau distal.

Au vu de ces données bibliographiques, il apparaît clairement qu'en conditions de stress thermique, l'absorption intestinale est réduite, cette dernière pourrait s'expliquer selon MASHALY *et al.* (2004) par une réorientation du sang vers la périphérie en vue d'augmenter les échanges thermiques passifs. Ces mêmes auteurs indiquent que cette réorientation du flux sanguin au niveau du tube digestif et des organes viscéraux provoque une altération de l'absorption des nutriments. Quant à UNI *et al.* (2001), ils relient les baisses de la digestibilité aux altérations au niveau du jéjunum par la baisse des teneurs en hormones thyroïdiennes T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> connues pour être impliquées dans la stimulation de la prolifération des tissus intestinaux.

#### IV.2 Impact du stress thermique sur l'utilisation métabolique des nutriments

Chez le poulet de chair élevé en conditions de stress thermique, l'utilisation énergétique de l'aliment révèle une grande variabilité de résultats. Ainsi, FILHO *et al.* (2007) rapportent que la concentration énergétique de l'aliment n'est pas significativement affectée par la chaleur comme indiqué dans le tableau 5, étant respectivement de 3024 vs 3037 (Kcal/kg) à des températures ambiantes de 22°C et 32°C.

**Tableau 5 :** Effet de la température sur la digestibilité des nutriments et l'énergie métabolisable chez le poulet de chair.

Température °C	MS %	PB %	EE %	EMa (kcal/kg)
22	74,5 ± 0,8	64,3 ± 0,9	80,4 ± 1,4	3024 ± 15
32	74,8 ± 0,9	63,3 ± 0,8	82,4 ± 0,9	3037 ± 19

FILHO *et al.* (2007)

MS : matière sèche, PB : protéines brutes EE : extrait d'éther, EMa : énergie métabolisable apparente



L'énergie métabolisable serait même légèrement augmentée en ambiance chaude pour WALLIS et BALNAVE (1984); ZUPRIZAL *et al.* (1993); TESSERAUD et TEMIM (1999), alors que les travaux de GERAERT *et al.* (1997) révèlent plutôt que l'énergie métabolisable est diminuée en ambiance chaude. Ces derniers résultats corroborent ceux de BOUDOUMA (2008) signalés dans le tableau 6 et qui indique que la digestibilité des protéines ainsi que l'énergie métabolisable du son de blé sont négativement affectées par l'élévation de la température d'élevage : 1812 vs 1711 (kcal/kgMS) respectivement aux températures de 21°C et 32°C.

**Tableau 6** : Influence de la température d'élevage sur la valeur de l'énergie métabolisable et de la digestibilité des protéines du son de blé chez le poulet de chair.

Température (°C)	21°C	32°C
EMa (Kcal/kg MS)	1812 ± 53	1711 ± 41
CUD protéines (%)	68,3 ± 1,45	59,7 ± 1,29

BOUDOUMA (2008)

EMa : énergie métabolisable apparente, CUDp : Coefficient d'utilisation digestive des protéines.

Le tableau 7 est une synthèse bibliographique de différents travaux concernant l'impact du stress thermique sur l'utilisation métabolique des nutriments.

**Tableau 7 :** Impact du stress thermique sur le métabolisme protéique, lipidique et glucidique du poulet de chair.

Nutriments	Âge (semaines)	Méthode d'estimation	Variations (%) 32 vs 22°C	Références
Protéines	3 à 6	Gain protéique (g/j/kg)	-12	HENKEN <i>et al.</i> (1982)
	3 à 9	Composition corporelle	LM : -5 LG : -6	GERAERT <i>et al.</i> (1993)
	4 à 6	Dépôt corporel	-9	GERAERT <i>et al.</i> (1993)
	4 à 6	Dépôt corporel	-54	PADILHA (1995)
	4 à 6	Dépôt protéique	-54	GERAERT <i>et al.</i> (1996)
Lipides	0 à 6	Dépôt corporel	+9	EL HUSSEINY et CREIGER, (1980)
	3 à 7	Dépôt corporel	+0,8	HOWLIDER et ROSE, (1987)
	3 à 7	Gras abdominal	+1,6	
	5 à 8	Gras abdominal	+19	SONAIYA, (1988)
	4 à 6	Dépôt corporel	+17	GERAERT <i>et al.</i> (1996)
	4 à 6	Dépôt corporel	+20	GERAERT <i>et al.</i> (1996)
Glucides	0 à 2	Taux de glucagon	+8,75	GARRIGA <i>et al.</i> (2005)
	0 à 2	Taux de corticostérone	+89,54	

Les données du tableau 7, montrent clairement que le métabolisme protéique est affecté négativement en conditions de stress thermique. Cette réduction est attribuée principalement à la baisse du potentiel de synthèse (TEMIM *et al.*, 1998) puisque l'efficacité de la phase de traduction des protéines est peu modifiée. Les mêmes auteurs concluent que l'accroissement des températures diminue les composantes du renouvellement protéique en période de finition des poulets. Il en serait de même durant la période de croissance selon les travaux antérieurs de AOYAGI *et al.* (1988); HAYASHI *et al.* (1992) et YUNianto *et al.* (1997) sur des poulets âgés de 2 à 4 semaines.

En conditions de contraintes thermiques, le métabolisme lipidique est également altéré. AÏN BAZIZ (1996) relie cette diminution à une réduction des activités enzymatiques de la lipogénèse dans le foie ainsi qu'à celle du taux plasmatique de  $\beta$ -hydroxybutyrate (indicateur de la lipolyse), ce qui expliquerait la mauvaise utilisation des réserves lipidiques.

Quant au métabolisme glucidique, il a été rapporté dès 1979 par BRAY et YORK que l'apport énergétique sous forme de glucose au muscle serait réduit au chaud, limitant ainsi la protéosynthèse et le dépôt protéique musculaire. Ces conclusions sont confortées par les travaux de GERAERT *et al.* (1996), qui révèlent une augmentation de la corticostéronémie

chez le poulet de chair élevé en conditions de stress thermique ce qui suggère une difficulté de captation du glucose par les cellules musculaires.

Les données bibliographiques suggèrent qu'en conditions de stress thermique chronique, la réduction du dépôt protéique et l'augmentation de l'engraissement résultent d'importantes modifications métaboliques et endocriniennes induites elles mêmes par la chaleur. Le rapport d'énergie retenue sous forme de protéines/l'énergie retenue sous forme de lipides est diminué de 50% à 32 °C comparé à 22°C (GERAERT *et al.*1996).

## Chapitre IV

### Techniques d'atténuation des effets du stress thermique sur les élevages avicoles

Pour pallier aux effets néfastes de la chaleur ambiante sur les poulets de chair, diverses solutions sont préconisées. Certaines sont d'ordre technique et suggèrent une gestion adaptée des principaux paramètres à risque qui reposent sur les conditions d'ambiance, tandis que d'autres sont d'ordre nutritionnel (remaniement de la ration des poulets, apport d'additifs, rationnement et retrait alimentaire), ou autre, telles que des solutions faisant appel à la génétique (utilisation de souches adaptées à la chaleur) ou la technique de l'acclimatation précoce.

#### I. Amélioration des conditions d'ambiance dans les bâtiments d'élevage avicole

Les effets de la chaleur peuvent être atténués par certaines pratiques d'élevage. Parmi celles ci figurent les systèmes de ventilation et de refroidissement. Ces systèmes sont employés dans le but de réduire la température, l'hygrométrie et les poussières dans le bâtiment.

Ainsi, BÉGOS (2004) préconise une capacité d'extraction dans le bâtiment de 3,5 à 4 m<sup>3</sup>/h/kg de poids vif, pour une vitesse de l'air d'1m/seconde pour réduire la température ambiante. D'autres équipements permettent de refroidir efficacement l'ambiance du bâtiment (système de refroidissement d'air, pad-cooling, brasseur d'air, turbines... etc.). Ils n'ont cependant d'intérêt que si la ventilation et l'hygrométrie du bâtiment sont bien maîtrisées.

Le débit de renouvellement de l'air recommandé en absence de système de refroidissement de l'ambiance est de 4m<sup>3</sup>/h/kg PV. Lorsque le bâtiment est muni d'un système de refroidissement 3 m<sup>3</sup>/h/kg PV (NORMAND 2007), le renouvellement d'air peut être réduit.

Outre l'aspect technique de la maîtrise du bâtiment, l'atténuation de l'effet chaleur peut être obtenue par la réduction de la densité d'animaux. À cet effet, AZEROUL (2009) préconise une réduction de la densité d'élevage qui permettrait d'une part, de diminuer la production de chaleur par les animaux et par la litière, et d'une autre part favoriserait une meilleure circulation des animaux pour la recherche de zones plus aérées et pour l'accès aux abreuvoirs.

Des normes de densité d'élevage en fonction de la température ambiante sont regroupées dans le tableau 8.

**Tableau 8** : Normes de densité dans un bâtiment à ventilation dynamique en fonction de la température ambiante

Poids (kg)	Climat tempéré		Climat chaud	
	Nombre sujets/m <sup>2</sup>	Kg/ m <sup>2</sup>	Nombre sujets/m <sup>2</sup>	Kg/ m <sup>2</sup>
1,2	26-28	31,2-33,6	22-24	26,4-28,8
1,4	23-25	32,2-35,0	18-20	25,2-28,0
1,8	19-21	34,2-37,8	14-16	25,2-28,0
2,2	14-16	30,8-35,2	11-13	24,2-28,6
2,7	12-14	32,4-37,8	9-10	24,3-27,0
3,2	10-12	32,0-38,4	8-9	25,6-28,8

AZEROUL (2009)

MC LEAN *et al.* (2002) signalent que la durée de halètement des oiseaux pendant la sixième semaine est considérablement réduite lorsque la densité animale est de 28kg/m<sup>2</sup> par rapport à une densité de 34 à 40kg/m<sup>2</sup>. Cela signifie que le confort thermique à cet âge peut être amélioré par des densités inférieures à 34kg/m<sup>2</sup>.

L'éclairage constitue également un moyen pour minimiser l'incidence de la chaleur (AMAND *et al.*, 2004 ; MÔREKI, 2008).

L'entretien des litières, la multiplication des points d'abreuvement en période chaude sont également à privilégier (NORMAND, 2007).

Les recommandations en matière de matériel d'abreuvement en conditions chaudes sont rapportées par le tableau 9.

**Tableau 9** : Normes d'équipements du bâtiment avicole en conditions de températures élevées.

Nature de l'équipement	Type	Capacité	Norme
Abreuvoirs	Siphonide	2litres, 3 litres	1 / 100 sujets
	Pipette		1 / 12 poussins 1 / 8 sujets adultes
	Linéaire	1m, 2m (double face)	2,5 cm / sujet
Mangeoires	Trémie	25-30Kg	1 / 30 sujets
	Linéaire	1m-2m (double face)	4 cm / sujet
	Chaîne	-	15 m/1000 sujets
Eleveuses	Radiant	2200 à 2600 Kcal	1 / 600 sujets
	Cloche	1400 Kcal	-
Lumière	Incandescence		5 Watts /m à 1,5m

AZEROUL, (2009)

## II. Adaptation des élevages à de nouvelles formes de conduite alimentaire.

### II.1 Remaniement de la ration et apports d'additifs et de vitamines.

Afin d'améliorer le niveau de consommation des volailles, différentes stratégies ont été mises au point pour réduire la production de chaleur métabolique de l'animal tout en lui maintenant un apport suffisant en éléments nutritifs.

La première consiste en la présentation de l'aliment en granulés ou en farine grossière qui favorise la prise alimentaire tel que rapporté par BISIMWA (2004). Plus la préhension de l'aliment est facile, et plus le temps de consommation et l'énergie dépensée pour l'ingestion de l'aliment sont réduits.

L'augmentation de l'apport énergétique de l'alimentation pendant les périodes chaudes peut être obtenue par une augmentation de l'ordre de 16 à 18% de la teneur en protéines de la ration ou par le biais d'une utilisation d'une supplémentation en matières grasses (MÔREKI, 2008). Pour GUIBERT (2005), il s'agit plutôt de sélectionner des matières premières de forte digestibilité protéique et d'assurer l'ingéré quotidien en acides aminés essentiels par l'apport d'acides aminés de synthèse. L'apport d'énergie sous forme d'huile de grasse est à privilégier compte tenu que ces matières premières sont celles dont l'extra-chaleur est la plus faible.

L'emploi d'additifs est également préconisé pour palier au déséquilibre acido-basique induit par le stress thermique. Ces pratiques se sont avérées intéressantes, et les additifs recommandés par BALNAVE et MUHEEREZA (1997) ; KIDD *et al.* (2003) ; AHMAD *et al.* (2008) et AÏN BAZIZ *et al.* (2010) sont le chlorure de potassium et le bicarbonate de sodium, tandis que KADIM *et al.* (2008) ; HASSAN *et al.* (2009) et AÏN BAZIZ *et al.* (2010) préconisent l'emploi de l'acide acétique.

En effet, la croissance des poulets âgés de 5 semaines serait améliorée de 27% (NASEEM *et al.*, 2005) lorsque exposés à une température ambiante de 35°C, ils reçoivent une eau complétée avec un mélange composé de 1,5% de KCl et de 0,5% de NaHCO<sub>3</sub>. Cependant, AÏN BAZIZ *et al.* (2010) ne rapportent qu'un gain de poids de l'ordre de +8% chez des poulets recevant des électrolytes. Ce faible taux d'amélioration par rapport aux résultats de NASEEM *et al.* (2005) s'expliquerait par la faible dose de KCl utilisée (0,5%). Le poids vif serait également amélioré par l'apport d'acide acétique dans l'eau de boisson. Les résultats de HASSAN *et al.* (2009) indiquent que des poulets âgés de 6 semaines, exposés à une température constante de 33°C, et recevant une eau de boisson contenant 1,5 ml/l d'acide acétique présentent un poids vif supérieur de 22% par rapport à celui de poulets recevant une eau non traitée.

La complémentation de l'eau de boisson par du KCl et du NaHCO<sub>3</sub> améliore également l'efficacité alimentaire (NASEEM *et al.*, 2005 ; ROUSSAN *et al.*, 2008) et se traduit par un indice de conversion amélioré de +14%. Les essais de HASSAN *et al.* (2009) sont concluants puisque l'efficacité alimentaire est également augmentée par l'adjonction d'acide acétique dans l'aliment. Selon les auteurs de l'essai, ce résultat est lié à la meilleure utilisation digestive de l'aliment ainsi qu'à une diminution du pH intestinal qui détermine un milieu

défavorable à la prolifération de certaines bactéries pathogènes (Lactobacilles, Streptocoques et *Escherichia coli* ...) chez les poulets élevés en conditions de température élevée.

La consommation d'eau est également améliorée par l'addition d'électrolytes, cette augmentation est de l'ordre de +8% lorsque l'acide acétique est additionné à de l'eau (HASSAN *et al.*, 2009).

La température corporelle demeurerait toutefois inchangée par l'addition de ces substances, puisque, AÏN BAZIZ *et al.* (2010) n'observent pas de différences de température entre les deux lots de poulets. Ce résultat corrobore les conclusions des travaux antérieurs de Borges *et al.* (2004) ; DAI et BESSEI (2007) et AHMAD *et al.* (2008).

Selon les résultats récents de AÏN BAZIZ *et al.* (2010) le taux de mortalité serait lui aussi inchangé par l'addition d'électrolytes. Ce résultat conforte ceux rapportés par BORGES *et al.* (2004) lorsqu'ils étudient l'effet de l'addition d'électrolytes et de vinaigre sur le taux de mortalité des poulets de chair. À l'opposé, il est observé une baisse significative de la mortalité liée à la chaleur après addition à l'eau d'électrolytes seuls (BEKER et TEETER, 1994 ; KIDD *et al.*, 2003; AHMAD *et al.*, 2008) ou de mélanges d'électrolytes (NASEEM *et al.*, 2005) ou encore d'électrolytes associés à la vitamine A et à l'acide salicylique (ROUSSAN *et al.*, 2008 ; PURON *et al.*, 1997).

L'addition de vitamine C dans l'eau de boisson ou dans l'aliment est une pratique largement utilisée dans les élevages menés en ambiance chaude. Elle réduirait significativement le taux de mortalité des poulets soumis au stress thermique (MBAJIORGU *et al.*, 2007 ; VATHANA *et al.*, 2002 ; ALLAGUI *et al.*, 2005). Cette réduction est de l'ordre de 2,2 et 5,6% pour des poulets expérimentaux supplémentés en vitamine C contre 8,9% pour les poulets témoins selon les résultats de VATHANA *et al.* (2002). La vitamine C pourrait être utilisée seule ou en association avec l'acide acétyle salicylique (aspirine) comme thérapie contre les coups de chaleur selon ALLAGUI *et al.* (2005). Selon les mêmes auteurs, une addition de la vitamine E améliorerait les performances zootechniques lors d'un coup de chaleur en induisant une meilleure prise alimentaire. Ce même procédé améliorerait la masse d'œufs pondus chez la poule pondeuse soumise au stress thermique selon PUTHPONGSIRIPORN *et al.* (2001).

## II.2 La pratique du retrait alimentaire

La pratique du retrait alimentaire consiste à retirer l'aliment aux heures les plus chaudes et à le remettre aux heures les plus fraîches. Cette méthode vise à limiter la thermogénèse alimentaire pendant les pics de chaleur. En effet, LIN *et al.* (2006) confirment que la mise à jeun est une des méthodes les plus efficaces pour augmenter la thermotolérance des poulets de chair élevés en climat chaud.

La consommation alimentaire chez le poulet de chair s'accompagne d'une production de chaleur accrue survenant dans les trois à cinq heures qui suivent la prise alimentaire. Cette production de chaleur entraîne une augmentation de la température abdominale (GHISLAINE, 2002). Quant à VALANCONY (1996), il indique que

l'extra-chaueur est corrélée positivement à la consommation alimentaire, l'animal tend à réduire sa consommation alimentaire pour y remédier. Cet ajustement de la prise alimentaire serait selon ce même auteur, un phénomène adaptatif qui est lent et dont l'intérêt est limité dans le cas d'un stress thermique aigu.

Plusieurs modalités pour la mise en œuvre du retrait alimentaire ont été proposées. Ainsi, BOUZOUAIA (2005) préconise un retrait alimentaire avant les périodes de fortes chaleurs, compte tenu des résultats qu'elle obtient sur le plan des performances et de la viabilité du cheptel. Ce même auteur précise que la distribution d'aliment doit cesser 3 à 8 heures avant les heures les plus chaudes. Quant à AÏT BOULAHSEN (2005), il propose un retrait alimentaire pendant le jour et la redistribution de l'aliment durant la nuit (de 18h à 8h). Cette technique atténuerait significativement les effets dépressifs d'un stress thermique chronique sur les performances des poulets. Le tableau 10 regroupe les différentes modalités de la mise en pratique du retrait alimentaire ainsi que les résultats qui en découlent.



**Tableau 10:** Conditions d'observation du retrait alimentaire par quelques auteurs.

Auteurs	Le retrait alimentaire			Résultats
	Âge (jours)	Durée (heures/jours)	Période (moment et/ou durée)	
FRANCIS <i>et al.</i> (1991)	33	4	2h avant et pendant la durée du stress thermique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La température rectale diminue par rapport à celle des sujets alimentés.</li> <li>• Absence des mortalités liées au stress thermique</li> </ul>
BOUZOUAIA (2005)	-	3 à 8	Avant les heures les plus chaudes	-
MAHMOOD <i>et al.</i> (2005)	15	6 à 10	28J	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution de la température rectale</li> <li>• Réduction du taux de mortalité</li> <li>• Meilleur indice de conversion</li> <li>• Amélioration du gain de poids.</li> </ul>
LOZANO <i>et al.</i> (2006)	28	7	13J	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de la croissance</li> <li>• Détérioration de l'indice de conversion</li> <li>• Augmentation de la température corporelle.</li> </ul>
SOUTYRINE <i>et al.</i> (1998)	28	6 à 10	4 <sup>ème</sup> et la 7 <sup>ème</sup> semaine d'âge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration du poids vif</li> <li>• Augmentation de la consommation d'eau</li> <li>• Amélioration de l'efficacité alimentaire</li> <li>• Plus grande amélioration des performances animales pour un retrait alimentaire d'une durée de 10 heures par rapport à celui d'une durée de 6h.</li> </ul>
ÖZKAN <i>et al.</i> (2003)	35	6	5 <sup>ème</sup> et 6 <sup>ème</sup> d'âge.	Diminution de la température corporelle.

### III. Adaptation des animaux à la chaleur

#### III.1 Manipulations génétiques

Les travaux en sélection génétique ont été orientés vers le gène « Na : Cou nu » en raison de la thermotolérance élevée dont ce gène dote le poulet, particulièrement une plage de







température de 25 à 30°C (MÉRAT, 1986). Il assure en outre, une meilleure croissance pondérale, un meilleur indice de consommation et un meilleur rendement à l'abattage (de 2 % par suite de la réduction du plumage).

N'DRI (2006) rapporte que les principaux gènes (tableau 8) impliqués dans le déterminisme de l'emplumement sont les gènes «cou nu» (*Na*), «frisé» (*F*), le gène «scaleless» (*sc*), «emplumement lent» (*K*) et «plumage soyeux» (*H*). Ces gènes sont responsables de la réduction plus ou moins importante de l'emplumement de l'oiseau, facilitant ainsi les pertes de chaleur et améliorant la thermorégulation lors de températures élevées.

Le gène du nanisme «*dw*» a suscité un grand intérêt dans la recherche d'outils biologiques permettant de réduire le stress thermique. La synthèse bibliographique de COQUERELLE (2000), montre que ce gène est impliqué dans la réduction de la taille de l'animal engendrant de ce fait, une diminution du besoin d'entretien ou du métabolisme basal, un meilleur rapport surface/volume et par suite, une meilleure résistance à la chaleur. BANERJEE *et al.* (1982) rajoutent que les effets de ce gène sur la production en milieu chaud sont plus controversés et restent inférieurs aux effets observés avec les gènes réduisant l'emplumement.

En 1989, AYOUB a mis en relief l'intérêt du gène «*di*: polydipsie» qui est un gène autosomal dominant et qui tend à augmenter la consommation d'eau, celle-ci permettant d'améliorer la résistance à la chaleur.

**Tableau 11** : Exemples de gènes majeurs et leurs effets directs et indirects sur la résistance à la chaleur des poulets.

Gènes	Mode de transmission	Effets		Illustration
		Directs	Indirects	
<i>Na</i> <i>Naked Neck</i> (Cou nu)	Dominant incomplet	Emplumement réduit (en particulier au cou), modifications des plumes	Augmentation des pertes par conduction et convection	
<i>F</i> <i>Frizzle</i> (Frisé)	Dominant incomplet	Plumes recourbées et réduction de l'emplumement	Augmentation des pertes par convection	
<i>K</i> <i>Slow Feathering</i> (Emplumement lent)	Dominant, lié au sexe, allèles multiples	Retard d'emplumement	Augmentation des pertes sensibles	
<i>H</i> <i>Silky</i> (Soie)	Récessif	Modification des plumes	Augmentation des pertes de chaleur par convection	
<i>Sc</i> <i>Scaleless</i> (Tout nu)	Récessif	Suppression des follicules des plumes entraînant une nudité avec une peau lisse	Augmentation des pertes par conduction et convection	
<i>dw</i> <i>dwarf</i> (Nanisme)	Récessif, lié au sexe, allèles multiples	Réduction de la taille de 30%	Réduction du besoin d'entretien et du métabolisme basal	

N'DRI (2006)

### III.2 La pratique de l'acclimatation précoce

La tolérance à la chaleur est également améliorée par la pratique de la technique d'acclimatation. Celle-ci est définie par VILLEMIN (1984) comme une adaptation dirigée par l'homme d'une espèce animale à un milieu différent de son milieu d'origine. WHITOW (2000) signale que ce terme est généralement utilisé pour décrire les changements induits par une longue exposition des animaux à une température particulière dans les conditions de laboratoire ou des conditions contrôlées de manière précise où l'animal a peu de possibilités d'exprimer une adaptation comportementale. L'équipe d'ARJONA (1988) est considérée comme l'instigatrice des travaux sur l'acclimatation précoce des poussins. Ses travaux ont consisté à soumettre des poussins dès le jeune âge à des périodes de chaleur excessive pour renforcer leur résistance ultérieure.

Le principe de l'acclimatation précoce consiste en une exposition à court terme des poussins à des températures ambiantes élevées (35 à 40°C) durant la première semaine de vie pendant 24 heures (De BASILIO et PICARD, 2002).

L'effet de l'acclimatation induit des modifications d'ordre physiologique et comportemental à la suite d'une première exposition des poussins à une température élevée. Ces modifications permettent à l'animal de s'adapter et de réduire les effets causés par une température ambiante élevée survenant ultérieurement (YAHAV *et al.*, 1997).

En pratique, les nombreuses expériences d'acclimatation des poulets, indiquent que la réduction de la mortalité est l'effet essentiel et majeur de cette pratique de lutte contre le stress thermique.

Les modalités d'application de la technique d'acclimatation précoce diffèrent d'une étude à une autre. Les différences sont liées à la durée de l'exposition, à l'intensité de la température et à l'âge du poulet (tableau 9). À cet effet, la littérature spécialisée rapporte des durées d'exposition variant de 6 à 24h. Les travaux de De BASILIO *et al.* (2003) n'indiquent pas une réduction de la température corporelle en exposant des poussins de chair âgés de 5 jours à une température ambiante de 40°C pendant 12h. Tandis que pour une exposition de 24h, la température corporelle des poulets est réduite significativement.

Pour l'intensité de la chaleur, les observations de De BASILIO (1999) et De BASILIO *et al.* (2001b) montrent l'intérêt de la technique lorsque les poussins sont soumis au jeune âge à des températures variant de 36 à 37,5°C. À l'opposé, les études antérieures de MAY (1995) précisent qu'une première exposition des poussins à des températures allant de 35 à 38°C, n'a aucun impact positif sur les performances ou le taux de mortalité des animaux. L'âge des poussins ne doit pas dépasser 7 jours. Une étude menée par YAHAV et MAC MURTRY (2001) n'a indiqué aucun effet significatif de l'âge de 1, 2, 3, 4, ou 5 jours sur la réduction de la mortalité et la croissance ultérieure des oiseaux.

La thermotolérance sensée être acquise par la technique d'acclimatation est appréciée en provoquant des coups de chaleurs en période de finition, période où les poulets sont très vulnérables aux augmentations de la température ambiante. Généralement, le coup de chaleur est appliqué entre la 6<sup>ème</sup> et la 8<sup>ème</sup> semaine d'élevage. Les premiers travaux de ARJONA (1988) préconisent lors du coup de chaleur, une température ambiante cyclique de valeur minimale de 25°C et maximale de 37,8°C. Pour De BASILIO *et al.* (2003), les coups de chaleur testés ont été réalisés à des températures comprises entre 35 et 37,5°C. De BASILIO

(1999) et De BASILIO et PICARD (2002) signalent toutefois que la durée de l'exposition à une forte température ambiante doit au moins durer entre 3 et 8 heures.

**Tableau 12** : Différentes modalités de mise en application de la technique d'acclimatation précoce

Auteurs	Acclimatation précoce			Résultats
	Âge (jours)	Degré de température	Durée (heures)	
ERNST <i>et al.</i> (1984)	1	43 °C	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction des performances à 16 jours d'âge</li> </ul>
ARJONA <i>et al.</i> (1990)	5	35-38°C	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution de la mortalité lors d'un stress thermique à 44 jours d'âge</li> </ul>
YAHAV <i>et HURWITZ</i> (1996)	5 et 7	36 ±1°C	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résistance aux effets néfastes des coups de chaleur en période de finition</li> </ul>
De BASILIO <i>et al.</i> (2001b)	5	35-38°C	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de la température corporelle.</li> <li>• Réduction de la mortalité en phase de finition.</li> <li>• Augmentation du poids vif final de 95g/poulet.</li> </ul>
YAHAV <i>et al.</i> (2001)	1 – 5	36 ±1°C	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation du poids corporel à J3</li> <li>• Diminution de la mortalité</li> </ul>
De BASILIO <i>et al.</i> (2003)	5	36– 40°C	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermotolérance</li> <li>• Diminution de la température corporelle</li> <li>• Stimulation irrégulièrement la croissance</li> </ul>
RAHIMI (2005)	3 -6	38 ±1°C	48 -72	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation du taux de croissance.</li> <li>• Meilleure conversion alimentaire</li> <li>• Meilleure capacité de survie</li> </ul>
TEMIM <i>et al.</i> (2009)	Entre 5 –6	38 ±1°C	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation de la croissance</li> <li>• Amélioration de l'indice de conversion</li> <li>• Réduction de 85% du taux de mortalité</li> </ul>

Une variante de la technique d'acclimatation est proposée par MELTEZER (1987), elle consiste à soumettre les poulets à des températures élevées répétées et pendant de courtes durées. Quant à VALANCONY (1996), il préconise pour l'exposition des poulets à partir de l'âge de 15 à 35 jours à des conditions de températures ambiantes supérieures de 2 à 3°C à par rapport à celle des conditions optimales.

L'acclimatation qualifiée de « tardive », consiste quant à elle, à exposer à la chaleur les animaux d'âge dépassant trois semaines. Enfin, SYKES et FATAFTAH (1986) ; LIEW *et al.* (2003), LETERRIER *et al.* (2009) proposent une stimulation thermique plus tardive au 35<sup>ème</sup> et 37<sup>ème</sup> jour d'âge. À l'opposé, les derniers résultats des travaux de YAHAV *et al.* (2004) démontrent qu'une manipulation thermique modérée lors du 16<sup>ème</sup> et du 18<sup>ème</sup> jour d'incubation, aurait un effet positif sur la thermorégulation des poussins en diminuant la température interne et les taux plasmatiques d'hormones thyroïdiennes, connues pour stimuler la production de chaleur.

## Chapitre V

### Intérêt des techniques de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire en production avicole

#### I. Impact de l'acclimatation précoce

##### I.1 Effets de l'acclimatation précoce sur les performances de croissance et sur le taux de mortalité des élevages

###### I.1.1 Ingéré alimentaire et l'indice de consommation

Telle que relatée par les travaux de PADILHA (1995), durant le traitement d'acclimatation précoce, la consommation alimentaire est réduite de 11 à 23 % pour une augmentation de 10°C de la température ambiante au delà de 22°C.

Ces résultats sont confortés par les travaux de De BASILIO et PICARD (2002) qui rapportent une réduction de la consommation alimentaire de -11% chez les poussins acclimatés. Cette réduction de l'ingéré alimentaire serait compensée dans les 48 à 72 heures qui suivent le traitement de l'acclimatation (YAHAV *et al.*, 1997 et De BASILIO *et al.*, 2003).

En revanche, les travaux de TEMIM *et al.* (2009) indiquent que durant les trois phases d'élevage, la consommation alimentaire cumulée est quasi similaire entre les poulets témoins et acclimatés. Le tableau 13 regroupe quelques résultats de travaux antérieurs relatifs à l'impact de la technique de l'acclimatation précoce sur l'ingéré alimentaire et l'indice de consommation calculés sur poulets de chair.

**Tableau 13 :** Effet de la température ambiante sur les performances des poulets de chair.

Température (°C) (contrôle/expérimentale)	Âge	Ingéré alimentaire (%)	Indice de consommation (%)	Auteurs
25 / 35°C	3 à 6J	-22	+3	CHWALIBOG et THORBEC (1989)
25 / 35°C	5 à 8J	-46	+42	YAHAV <i>et al.</i> (1995)
22 / 32°C	4 à 7J	-36	+23	AÏN BAZIZ (1996)
30 / 38°C	5J	+0,9	-	TEMIM <i>et al.</i> (2009)

### I.1.2 Croissance

Une augmentation de la température ambiante se traduit toujours par une diminution de l'ingéré alimentaire. Cette diminution entraîne un ralentissement de la croissance. De BASILIO et PICARD (2002) révèlent une réduction du poids des poussins suite à l'application de la technique de l'acclimatation précoce durant la première semaine d'âge. Les mêmes observations ont été rapportées par RAHIMI (2005) concernant la réduction significative du taux de croissance des poulets durant la semaine d'âge ou le traitement est mené. Toutefois, après cette période de manipulation, les groupes d'oiseaux exposés à la température élevée, montrent progressivement une croissance compensatoire. Il en résulte en fin de période d'élevage, que le poids vif des poulets acclimatés est plus élevé que celui des sujets témoins.

D'après l'étude de TEMIM *et al.* (2009), les poulets ayant subi une acclimatation précoce ont un poids vif moyen comparable à celui des témoins en fin de démarrage et en fin de croissance. En revanche, ces mêmes auteurs notent qu'au terme de la phase de finition, les poulets acclimatés au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, ont un poids vif moyen significativement ( $P < 0,05$ ) plus élevé de 5% par rapport à celui des témoins.

De plus, de part l'implication des hormones thyroïdiennes dans le processus biologique de la croissance des oiseaux (FRAICHARD *et al.*, 1997), l'acclimatation précoce s'accompagne d'une baisse de la croissance telle que précédemment rapportée, celle-ci étant corrigée par la suite. Lors de cette croissance compensatoire, YAHAV et PLAVINK (1999) rapportent que la concentration en T<sub>3</sub> (Trio-iodothyronine) est élevée.

YAHAV et HURWITZ (1996); YAHAV et PLAVINK (1999); YAHAV *et al.* (2004) et De BASILIO *et al.* (2003) notent également que l'acclimatation précoce tend à réduire significativement le taux sanguin de T<sub>3</sub> lors d'une exposition à un coup de chaleur en finition, et ce, quelque soit l'âge de la première exposition.

Outre, les hormones thyroïdiennes, HAYASHI *et al.* (2001) signalent que la teneur en glycogène hépatique est réduite et qu'en parallèle les concentrations de corticostérone s'élèvent chez les poulets exposés au traitement thermique.

### I.1.3 Consommation d'eau

La consommation d'eau après le cinquième jour d'âge chez les poulets acclimatés ne semble pas être modifiée par le traitement de l'acclimatation précoce (BOUGON *et al.*, 1996 ; ARJONA *et al.*, 1990). En revanche, chez ces mêmes poulets, la consommation d'eau est plus importante après le coup de chaleur appliqué au 44<sup>ème</sup> jour d'âge (ARJONA *et al.*, 1990).

### I.1.4 La mortalité

Le taux de mortalité est un facteur limitant en production avicole. L'un des objectifs de l'acclimatation précoce est de réduire en premier lieu le taux de mortalité en élevage. En

condition de stress thermique chronique, plusieurs auteurs rapportent que la pratique de la technique d'acclimatation précoce permet d'atténuer les mortalités. À cet effet, ARJONA *et al.* (1990) observent une diminution du taux de mortalité de l'ordre de 63% chez des poulets acclimatés par rapport aux témoins. Dans le même sens, YAHAV *et al.* (1997) observent une diminution de l'ordre de 27%, il en est de même pour De BASILIO *et al.* (2001b) qui rapportent une réduction relative de la mortalité de 42 % chez les poulets acclimatés (38°C à l'âge de 5 jours) par rapport à ceux non acclimatés.

Les travaux récents de TEMIM *et al.* (2009) observent une réduction du taux de mortalité de l'ordre de 85% chez les poulets acclimatés par rapport aux poulets témoins lors du stress thermique aigu appliqué au 50<sup>ème</sup> jour d'âge.

Notons qu'aucun auteur ne rapporte une différence significative en termes de mortalité suite à l'acclimatation précoce. Par contre, l'effet de l'acclimatation semble plus évident entre la 5<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> semaine d'élevage, lorsque les animaux sont soumis à une augmentation violente de la température ambiante (De BASILIO *et al.*, 2003)

## **I.2 Effets de l'acclimatation précoce sur quelques paramètres physiologiques des oiseaux**

### **I.2.1 Température corporelle**

La température corporelle chez le poulet de chair demeure un bon indicateur du confort thermique de l'animal et de ses capacités d'adaptation dans des conditions de stress thermique (De BASILIO et PICARD, 2002).

YAHAV *et al.* (1997) ; YAHAV et HURWITZ (1996) révèlent que lors d'un stress thermique initial au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, la température corporelle des poulets augmente de 1°C. De BASILIO *et al.* (2001b); De BASILIO et PICARD (2002) et De BASILIO *et al.* (2003) indiquent que la température corporelle diminue de façon appréciable dans les 48heures qui suivent le traitement d'acclimatation.

Dans la majorité des travaux menés dans cette optique, les animaux acclimatés ont quasiment une température inférieure par rapport à celle des poulets non acclimatés suite au traitement de l'acclimatation. À cet effet, De BASILIO *et al.* (2001b) révèlent que cette diminution oscille entre 0,13 et 0,25°C durant toute la période d'élevage, que se soit en conditions contrôlées d'élevage ou en conditions de production réelle en climat tropical.

De BASILIO *et al.* (2001c) enregistre chez des poulets âgés entre 7 et 42jours, une diminution de la température corporelle d'environ 0,3°C chez ceux acclimatés relativement à celle des témoins. Cette diminution est de même ordre que celle rapportée par BEDRANI (2009) qui note que l'acclimatation précoce a permis de réduire la température corporelle des mâles soumis à un stress thermique aigu de 35°C en période de finition (50<sup>ème</sup> jour d'âge pendant 6 heures). Cette réduction est de l'ordre de 0,13°C à jeun, et de 0,32°C à l'état nourri.



## I.2.2 Paramètres sanguins

Les travaux de YAHAV *et al.* (1997) et De BASILIO *et al.* (2001c) révèlent qu'une acclimatation précoce au 5<sup>ème</sup> jour d'âge réduit l'hématocrite d'une façon durable. Cette diminution peut être mesurable jusqu'au jour du coup de chaleur. Cette diminution de l'hématocrite est associée à une diminution de la viscosité du sang qui est moins importante chez les sujets acclimatés par rapport aux témoins.

Outre la variation de l'hématocrite, RAHIMI (2005) note des modifications des concentrations de calcium et de glucose plasmatique. Le taux de calcium plasmatique augmente de façon significative au début de l'élevage du 3<sup>ème</sup> au 6<sup>ème</sup> jour et à la fin de la période d'élevage 42<sup>ème</sup> jour chez les poulets acclimatés. Il semblerait en effet, que l'acquisition de la thermorésistance soit en rapport avec l'augmentation du taux de calcium sanguin. Le mécanisme reste toutefois à élucider. Quant au taux du glucose plasmatique, il est considérablement réduit pendant l'acclimatation précoce chez les poulets acclimatés. Après conditionnement au choc thermique, les niveaux de glucose plasmatique reviennent à la normale. L'acquisition de la thermorésistance chez les poulets acclimatés serait en partie due à une meilleure utilisation cellulaire des réserves énergétiques et notamment hépatiques en conditions de choc thermique (RAHIMI, 2005).

## II. Impact du retrait alimentaire

### II.1 Effets du retrait alimentaire sur les performances zootechniques et sur le taux de mortalité des élevages.

Sur le plan de la prise alimentaire, MAHMOOD *et al.* (2005) notent une consommation alimentaire moyenne inférieure de 179 g chez des poulets qui ont subi le retrait alimentaire durant 6 heures, comparée à celle des poulets témoins. De plus, les groupes subissant un retrait alimentaire de 8 et 10 heures présentent durant la 2<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge, une consommation alimentaire respectivement de -2,9% et +1,1% comparée à des poulets nourris à volonté. Ces différences sont de même ordre que celles rapportées précédemment par WILSON *et al.* (1989).

L'indice de conversion alimentaire calculé pour les poulets ayant subi une restriction alimentaire est relativement amélioré à celui des poulets alimentés *ad libitum*. Les résultats de l'étude de MAHMOOD *et al.* (2005) confirment cette observation : 2,07 vs 2,24 (10 heures de restriction alimentaire).

Les travaux de LIEW *et al.* (2003) montrent quant à eux que le gain de poids est amélioré lorsque les poulets font l'objet d'une restriction alimentaire. En effet, lorsque l'aliment est retiré entre le 36<sup>ème</sup> et le 42<sup>ème</sup> jour d'âge pendant 1h par jour, le gain de poids est amélioré de +1,4%. Celui-ci atteint +2% par rapport à celui des poulets alimentés *ad libitum* lorsque les périodes de retrait alimentaire dépassent le 36<sup>ème</sup> jour pour atteindre le 50<sup>ème</sup> jour d'âge.

Cette tendance de résultats confirme ceux obtenus par FRANCIS *et al.* (1991) qui les justifient par à une meilleure gestion de l'alimentation des poulets. Selon ces mêmes auteurs, le retrait alimentaire pourrait aider les poulets à mieux résister à la contrainte thermique probablement en raison d'une régulation beaucoup plus facile de leurs températures corporelles. Bien que MAHMOOD *et al.* (2005) aboutissent à des conclusions similaires, il n'est pas observé par LOZANO *et al.* (2006) une augmentation du poids vif des oiseaux suite à une restriction alimentaire durant 7 heures et lorsqu'ils sont soumis à une température cyclique (25-32°C).

Le taux de mortalité étant le critère le plus déterminant de la qualité de la thermotolérance chez la volaille, plusieurs études se sont assignées dans l'étude de son évolution en fonction des modalités de suivi de la technique de la restriction alimentaire. L'ensemble de ces travaux (SMITH, 1992 ; ZULKIFLI *et al.*, 2000; RINCON et LEESON, 2002 et MAHMOOD *et al.*, 2005) converge vers la même conclusion : la restriction alimentaire réduit significativement le taux de mortalité chez la volaille exposée à des conditions chaudes d'élevage.

## **II.2 Impact du retrait alimentaire sur la température corporelle**

La réduction de la consommation alimentaire réduit la température corporelle des oiseaux exposés aux fortes températures et accroît leurs capacités de survie à un stress thermique aigu (LI *et al.*, 1992; WIERNUSZ et TEETER, 1996; KOH et MAC LEOD, 1999). Les travaux de ABU DIEYEH (2006) viennent conforter ces constatations. En effet, la température corporelle mesurée chez les poulets nourris *ad libitum* est de 42,05 °C, tandis qu'elle n'est que de 40,75 et 41,75°C respectivement chez des poulets restreints à hauteur de 50 et 75%. Il en est de même pour les taux de mortalité, ils sont de 13%, 0% et 0% pour les trois lots respectifs. De ces résultats, il ressort clairement que les poulets restreints en alimentation tolèrent mieux les hautes températures ambiantes, ceci se traduisant par une température corporelle réduite et un taux de mortalité bas par rapport à des poulets nourris *ad libitum*.

## *Conclusion bibliographique*

L'étude bibliographique a passé en revue la physiologie de la thermorégulation chez les oiseaux et le comportement de ces derniers en ambiance chaude. L'impact du stress thermique a été développé sur le plan des performances zootechniques, sur les modifications du tractus digestif ainsi que sur l'utilisation digestive et métabolique des nutriments. L'accent sur les différentes techniques d'atténuation du stress thermique chez la volaille a été mis, particulièrement celle de l'acclimatation précoce et celle du retrait alimentaire. L'impact de ces deux techniques sur les performances zootechniques et sur la température corporelle a été mis en relief.

L'acclimatation précoce et le retrait alimentaire permettent en effet de contrecarrer les méfaits provoqués par le stress thermique dans les élevages de poulets de chair, surtout en fin d'élevage. Toutefois, ces deux techniques ne peuvent remplacer les solutions d'ordre technique comme le contrôle de l'ambiance (brumisateurs, pad cooling,...), le choix des matériaux de construction, la réduction de la densité animale ou encore la ventilation.

*PARTIE*

*EXPÉRIMENTALE*

*MATÉRIEL*  
*ET*  
*MÉTHODES*

## I. Objectifs de l'étude

L'objectif de notre étude est de tester l'impact de la technique de l'acclimatation précoce ainsi que celle du retrait alimentaire, dans le but de conférer aux poulets une thermotolérance pour mieux lutter contre les élévations brusques de la température ambiante.

La technique de l'acclimatation précoce consiste en une exposition des poussins à une forte température ambiante en période de démarrage (5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour d'âge) pendant 24 heures. Celle du retrait alimentaire se base sur une privation alimentaire des poulets pendant les heures les plus chaudes de la journée lors d'un stress thermique aigu provoqué en période de finition (46<sup>ème</sup> jour).

L'impact de ces deux techniques a été mesuré sur les performances zootechniques des poulets de chair, sur la morphométrie digestive ainsi que sur l'utilisation digestive de différents nutriments.

## II. Matériel et Méthodes

### II.1 Matériel

#### II.1.1 Bâtiment d'élevage et conditions d'ambiance

L'expérimentation a été réalisée dans un bâtiment de l'École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) aménagé pour l'élevage avicole de poulet de chair. Le bâtiment est de type semi obscur, d'une superficie de 63,92 m<sup>2</sup>. Il est constitué de deux rangées de 6 loges d'une superficie de 3,52 m<sup>2</sup> chacune et recevant environ 32 sujets ce qui correspond à une densité de peuplement avoisinant les 10 sujets/m<sup>2</sup>. Un couloir de 1,20 m de largeur traversé par une rigole sépare les rangées de loges. Cet essai a duré 61 jours durant la période estivale (du 26 Juillet au 24 Septembre 2008).

Avant la mise en place de l'élevage, il a été procédé au nettoyage, au chaulage des murs, des parois et du sol du bâtiment. Une pulvérisation d'une solution de TH<sub>4</sub><sup>+</sup> à 0,5% a été réalisée après l'installation de la litière dans le bâtiment. La litière est constituée de paille de blé hachée disposée sur une épaisseur de 10 cm. Le matériel d'élevage a été lavé, rincé et trempé dans de l'eau javellisée. Après la désinfection du local et du matériel, un vide sanitaire de 10 jours a été observé.

Les deux loges destinées à recevoir les poussins durant la période de démarrage ont été chauffées à l'aide de deux éleveuses à gaz qui ont été mises en marche 24 heures avant la réception des poussins. Afin de maintenir ces derniers durant les premiers jours d'élevage sous la source de chaleur, des barrières en carton ou en polystyrène ont été utilisées (photo 1).



**Photo 1:** Aménagement des loges

Le régime d'éclairage adopté a été de type continu, assuré par 6 lampes néons de 18 watts distante d'environ 2,5m entre elles. Deux autres lampes à néon de 36 watts ont été installées à l'entrée du bâtiment. L'aération du bâtiment a été assurée par une ouverture de 0,67 m<sup>2</sup> au fond du bâtiment à 2 m du sol et d'un extracteur d'air type ventilation par dépression posé à 2 mètres du sol (photo 2).



**Photo 2 :** Extracteur d'air

Durant toute la période de l'expérimentation, quotidiennement, le nettoyage du bâtiment a été fait à l'aide du désinfectant « AGRICHOC », le matériel d'abreuvement a été nettoyé sans produits et son bon fonctionnement est contrôlé. Le bâtiment est aéré à l'aide de l'extracteur d'air et le pédiluve est renouvelé.

### **II.1.2 Les animaux**

L'étude a porté sur 395 poulets de chair non sexés de souche Arbor Acres, réceptionnés à l'âge d'un jour provenant du couvoir de Rouiba (AVIGA).

Dès réception, les poussins ont été disposés dans une loge et laissés au calme avant pesée (photo 3a). Les poussins ont été ensuite répartis aléatoirement en deux lots (photo 3b), l'un contenant 150 poussins (lot T<sup>+</sup>), celui-ci a été exposé à une température d'élevage supérieure de +2°C par rapport au lot T<sup>-</sup> qui est constitué de 245 poussins. Ce dernier représente le témoin de cette expérience.



**Photo 3 :** a. Pesée individuelle des poussins dès leur réception      b. Répartition en 2 lots

Au 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour d'âge, un traitement d'exposition précoce à la chaleur a été appliqué sur les animaux du lot T<sup>+</sup> (photo 4a). L'exposition a duré 24 heures (de 9h00 à 9h00) à une température moyenne de 37,2°C.



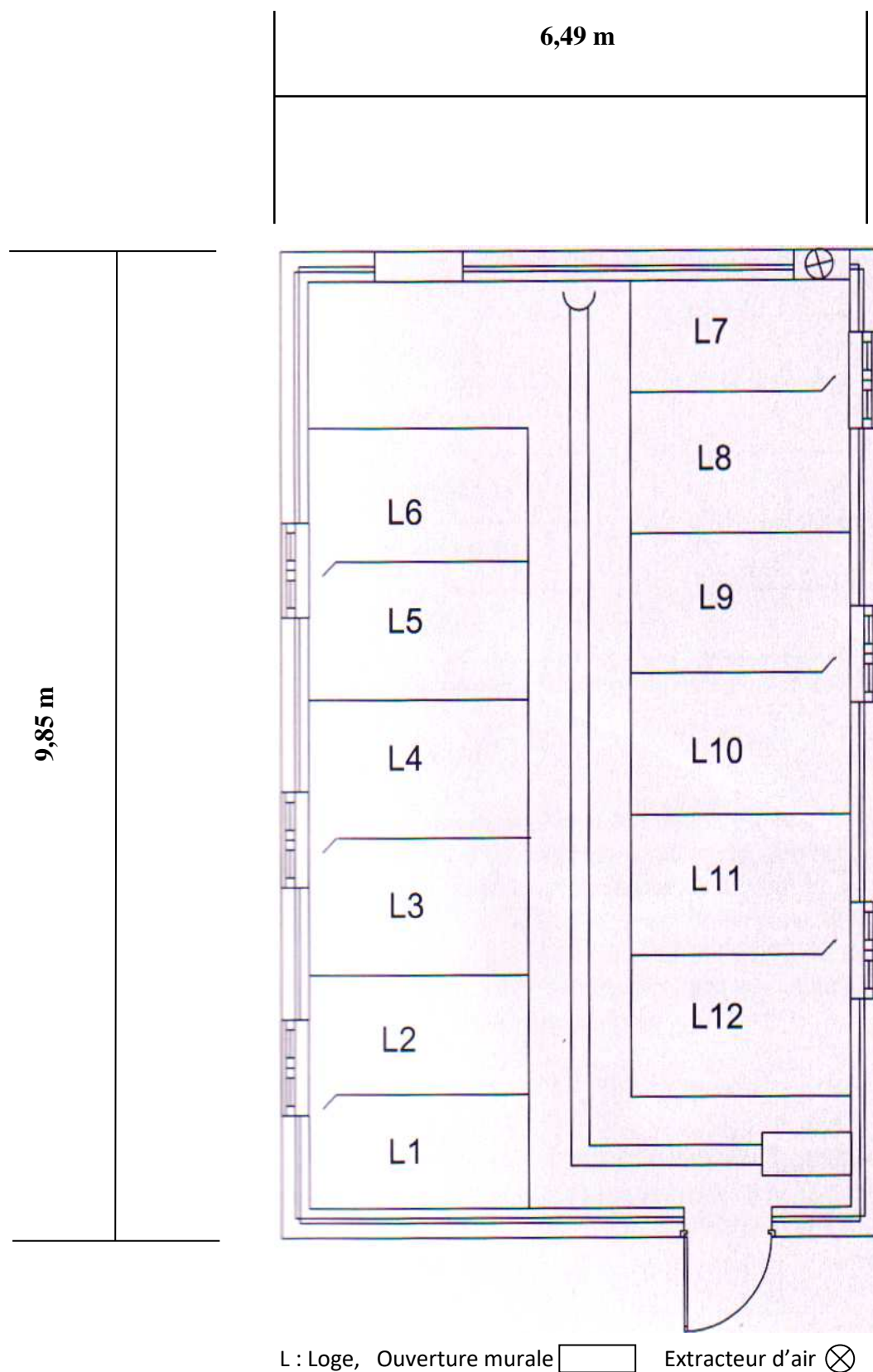
**Photo 4:** a. Exposition à la chaleur des poussins à J5 et J7      b. Halètement des poussins lors du traitement

En fin de période de démarrage (10<sup>ème</sup> jour d'âge), les poussins ont été repartis aléatoirement en 12 loges à raison de 32 sujets par loge (photo 5) suivant le protocole adopté (figures 4 et 5).



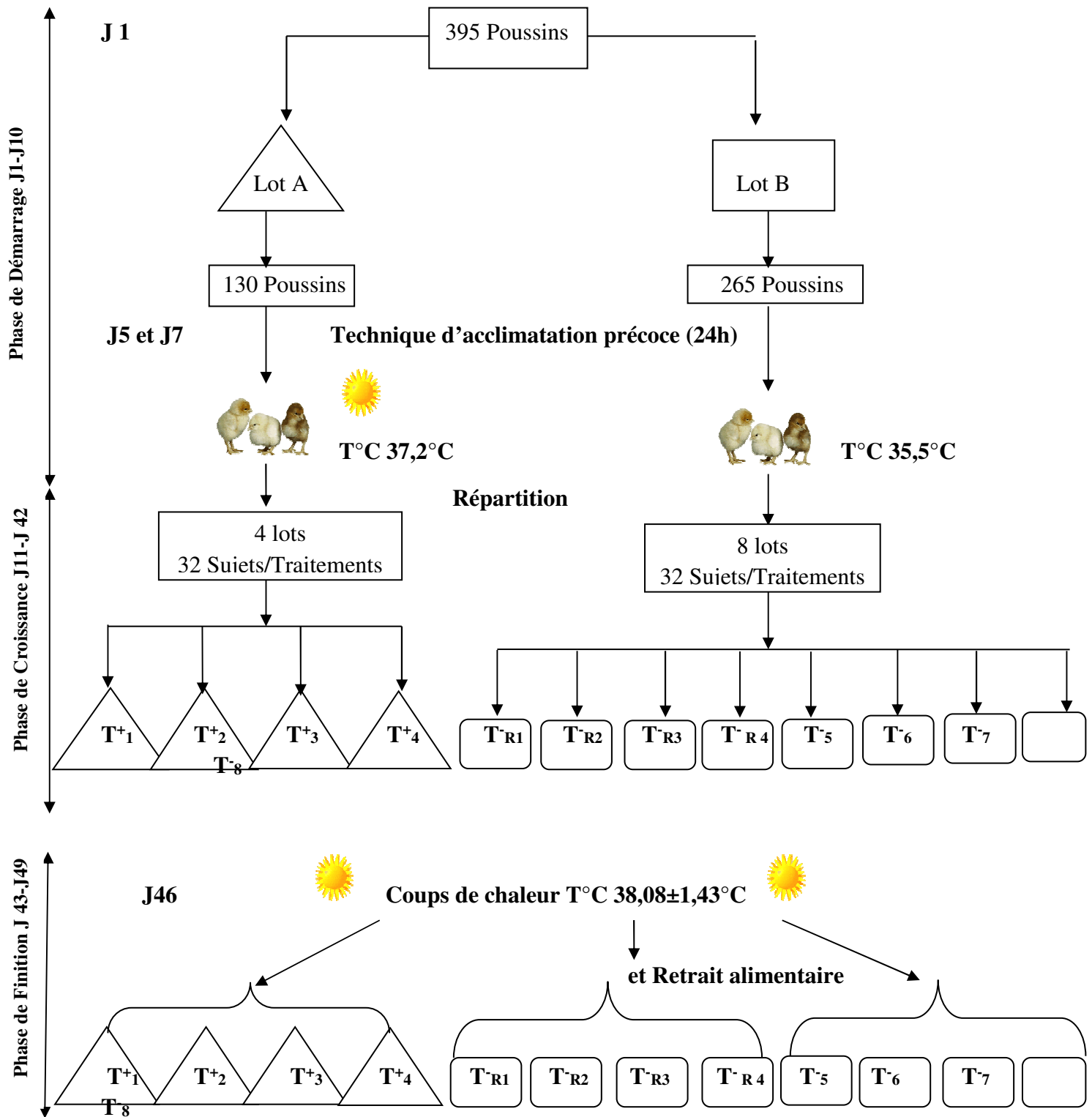
**Photo 5 :** Répartition des poulets en loges





**Figure 4: Schéma descriptif du bâtiment d'élevage avicole.**

Figure 5: Schéma représentatif du protocole expérimental adopté.



J1 : Réception des poussins

J5 : 1<sup>ère</sup> exposition à température élevée des poussins 24h

J7 : 2<sup>ème</sup> exposition à température élevée des poussins 24h

J46 : Coups de chaleur et retrait alimentaire

$T^+$  : Lot exposé à température élevée à J5et J7,

$T^-$  : Lot non exposé à température élevée à J5et J7,

$T^-_R$  : Lot non exposé à température élevée à J5et J7, et soumis au retrait alimentaire à J46.

Le début de la phase de croissance a été marqué par la pesée quotidienne de l'aliment distribué. L'aliment refusé est quant à lui récupéré le jour suivant et toujours dans le même ordre d'alignement des loges. La fin de cette période s'est soldée par une pesée individuelle de l'ensemble de l'effectif (photo 6).



**Photo 6:** Pesée individuelle

En phase de finition, un coup de chaleur a été provoqué; il consiste en une élévation brutale de la température ambiante pendant quelques heures. Cette pratique a pour but de tester la thermotolérance acquise chez les poussins acclimatés au jeune âge. À cet effet, au 46<sup>ème</sup> jour d'élevage, les éleveuses à gaz ont été mises en marche dès 6h00 du matin (photo7), la température du bâtiment a été de 30°C pour atteindre les 38,08±1,43°C à 8h30. Le coup de chaleur a duré 6h (de 8h30 à 14h30).



**Photo 7 :** Allumage des radians

Lors de cette même journée, le retrait d'aliment a été pratiqué (photo 8a). Les poulets des 3 loges ( $T_R^-$ ) n'ont pas fait l'objet de distribution quotidienne d'aliment entre 8h30 et 14h30. Au niveau de chaque loge des 3 traitements, les poulets morts ont été ramassés, puis déposés pour enlèvement à l'extérieur du bâtiment (photo 8b). Cette opération s'est déroulée pendant le coup de chaleur et après celui-ci jusqu'à une heure tardive (23h00). Elle s'est poursuivie le lendemain jusqu'à 9h.



**Photo 8 :** a. Retrait de l'aliment (J46)

b. Enlèvement des poulets morts

Au 53<sup>ème</sup> jour d'âge, 12 poulets par traitement ont été sélectionnés (6 mâles et 6 femelles) sur la base d'un poids vif moyen. Ils feront par la suite, une étude de la morphométrie digestive. Il est à noter que la technique adoptée pour le sacrifice des poulets a été la saignée (photo 9).



**Photo 9:** Abattage par saignée

Au 56<sup>ème</sup> jour d'âge, 6 poulets par traitement (3 mâles et 3 femelles) ont été également sélectionnés sur la base d'un poids vif moyen. Ils ont été utilisés pour des mesures de digestibilité. Ils ont été placés en cages à métabolisme (photo 10) dont les dimensions sont de 38 cm de longueur, 45 cm de largeur et de 80 cm de hauteur. Les cages sont munies de mangeoires et d'abreuvoirs individuels ainsi que d'un plancher grillagé en dessous duquel coulisse un plateau métallique permettant la récolte des fientes.



**Photo 10:** Disposition des poulets de chair dans les cages à métabolisme.

Le programme prophylactique figurant en annexe (annexe 3) a été suivi. Avant, pendant et après toute manipulation sur les poulets (pesée, vaccination, répartition des animaux en lot, acclimatation et retrait alimentaire), un anti stress de type « Terramycine Anti S » a été distribué.

### II.1.3 Les aliments

L'aliment distribué aux poulets est fabriqué par l'ONAB (Office National de l'Aliment de Bétail). La composition et les caractéristiques chimiques des aliments sont signalées en annexe (annexe 1 et 2).

Les différents types d'aliment ont été distribués dans des mangeoires adaptées à l'âge de l'oiseau. La distribution de l'aliment a été quotidienne (3fois/jour), toujours dans le même ordre d'alignement des loges et est fractionnée en trois prises (9, 13 et 16h00).

## II.2 Méthodes

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

Durant l'expérimentation, la température ambiante a été mesurée à l'aide de deux thermomètres à mercure placés aux 2 extrémités du bâtiment. La température sous éleveuse et celle des loges ont été enregistrées qu'en cours de période d'exposition des poussins à la chaleur (J5 et J7). À cet effet nous avons utilisé 2 thermomètres placés dans chaque loge, le premier disposé sous le radiant tandis que le deuxième suspendu au milieu de la loge. Les relevés des températures ont été effectués à 9, 13, 17 et 18h00 à l'exception du jour du coup de chaleur (J46) durant lequel la température est notée chaque demi heure de 8h30 à 14h30.

L'hygrométrie relative du bâtiment a été relevée simultanément à la température ambiante à l'aide de deux hygromètres placés aux deux extrémités du local.

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

Le calcul des performances zootechniques durant les trois phases d'élevage a concerné : l'ingéré alimentaire, le poids vif, le gain de poids vif, l'indice de conversion, l'indice de consommation et le taux mortalité.

#### II.2.2.1 L'ingéré alimentaire

La quantification de l'aliment distribué a commencé dès le début de la phase de croissance jusqu'à la fin de l'élevage: soit du 11<sup>ème</sup> au 49<sup>ème</sup> jour d'âge. L'aliment distribué a été préalablement pesé, les refus alimentaires ont été quant à eux, pesés 24h après distribution.

La quantité moyenne d'aliment ingéré a été déterminée par la formule suivante :

$$\text{Quantité moyenne d'aliment ingérée (g)} = \text{quantité distribuée} - \text{quantité refusée}$$

#### II.2.2.2 Le poids vif

Le poids vifs des poulets de chair a été enregistré dès leur réception. Le poids moyens des animaux de chaque loge a été enregistré en début et en fin de chaque phase d'élevage.

#### II.2.2.3 L'indice de consommation

L'indice de consommation correspond au rapport entre la quantité d'aliment ingérée et le poids vif par poulet pour les phases de démarrage et croissance. Il est déterminé comme suit :

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

### II.2.2.4 Le taux de mortalité

Durant toute la période d'élevage, les mortalités ont été enregistrées quotidiennement. Le calcul des taux de mortalité concerne les 3 phases d'élevage, ainsi que le 5<sup>ème</sup> le 7<sup>ème</sup> jour, et le 46<sup>ème</sup> jour d'âge. Le taux de mortalité a été calculé comme suit :

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

### II.2.3 Méthodes de mesures analytiques

#### II.2.3.1 Méthodes de mesures biologiques

##### II.2.3.1.1 Méthodes de mesures de la température rectale

Les prises des températures corporelles ont été effectuées à l'aide de thermomètres à mercure (photo 11), ces derniers ont été introduits à 3 cm de profondeur dans le cloaque et maintenus jusqu'à stabilisation du mercure.

À J5 et J7, les prises de températures ont concerné 20 sujets identifiés et non sexés. Les prises ont été faites avant, pendant le traitement soit à (9, 13 et 17h00), et le lendemain à 10h00 (25h après début d'exposition des poussins à la chaleur.



**Photo 11** : Prise de température rectale

À J46<sup>ème</sup>, 5 poulets non sexés ont été prélevés de chaque loge (15 par traitement), et ont fait l'objet d'une prise de température rectale à 12h00 comme décrit précédemment.

##### II.2.3.1.2 Méthodes de mesures de la morphométrie digestive

À J53<sup>ème</sup>, les poulets sélectionnés pour l'étude de la morphométrie digestive, ont été sacrifiés par saignée puis ont été disposés en position dorsale sur une table à dissection. À l'aide d'une paire de ciseaux, une incision a été pratiquée à partir du bec en rejoignant l'axe médian du bréchet jusqu'à la région cloacale. La peau au niveau abdominal a été écartée. Une incision a été pratiquée au niveau de la paroi abdominale à l'aide d'un bistouri, puis prolongée jusqu'au muscles pectoraux.

Le volet abdominal a été ainsi soulevé, le foie et le cœur ont été isolés.

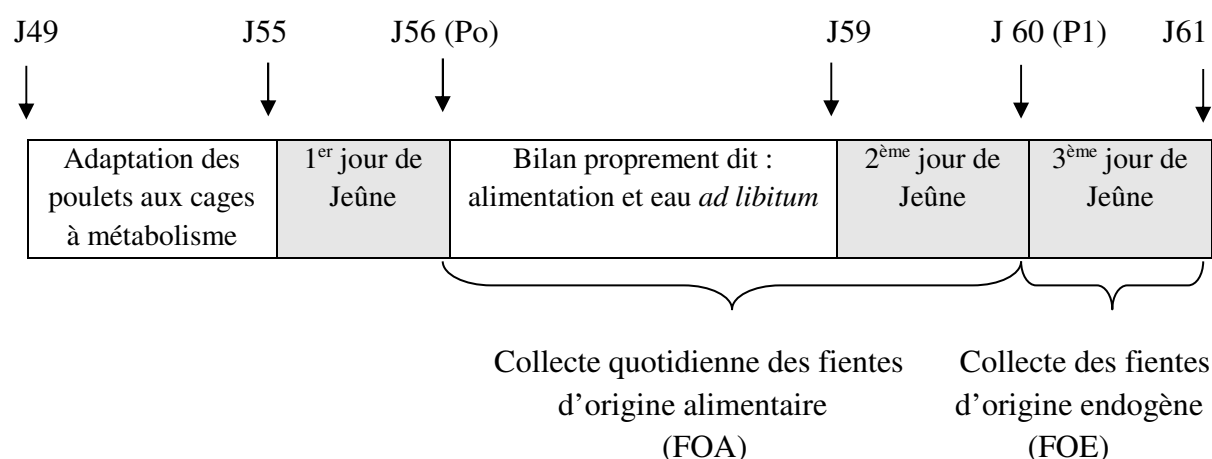
L'œsophage a été sectionné en arrière du pharynx, la masse digestive est progressivement inclinée vers l'arrière, les attaches du gésier et de l'intestin ont été séparées avec des ciseaux courbes jusqu'à arriver à la région rectale en arrière des cæcums.

La masse digestive a été disposée sur un plateau en inox, la rate en a été isolée ainsi que le pancréas. Les différents composants du tube digestif (œsophage, jabot, gésier, duodénum, jéjunum, iléon, cæcums et colon) ont été prélevés après la section de chacune de leurs attaches. Le poids et/ou la longueur des différentes parties du tube digestif ont été mesurés.

### II.2.3.1.3 Méthode de mesures du bilan digestif

Les mesures digestives ont débuté par l'adaptation des poulets sélectionnés aux cages à métabolisme du 49<sup>ème</sup> au 55<sup>ème</sup> jour d'âge. Pendant cette période, l'aliment et l'eau ont été distribués *ad libitum*.

Le jour précédant le bilan proprement dit, 1 jour de jeûne a été pratiqué sur les poulets afin de débarrasser leur tube digestif des résidus alimentaires. Après ce jour les animaux ont été pesés le bilan proprement dit a débuté. Celui-ci a duré 5 jours soit du 56<sup>ème</sup> au 61<sup>ème</sup> jour d'âge. Pendant cette période, l'aliment finition ainsi que l'eau ont été distribués *ad libitum*. La figure ci-dessous illustre le protocole suivi :



Po : Poids des sujets avant le début du bilan digestif.

P1 : Poids des sujets après la fin du bilan digestif.

**Figure 6:** Protocole expérimental du bilan digestif.

Durant le bilan digestif, l'aliment a été distribué à raison de 300g/j/poulet, cette quantité est fractionnée en deux prises, la distribution a été faite toujours à la même heure et dans le même ordre d'alignement des cages.

Au 60<sup>ème</sup> jour d'âge (après le 2<sup>ème</sup> jour de jeûne), les poulets ont été repesés, resoumis à 24h de jeûne.

La méthode employée lors du bilan digestif a été celle de la récolte totale des excréta. Ces derniers ont été récoltés quotidiennement dans des barquettes en aluminium identifiées et pesées (photo 12a). La collecte des excréta se fait à la même heure et dans le même ordre d'alignement de la distribution alimentaire. Ceux d'origine alimentaire ont été récoltés lors des 3 jours du bilan et le 2<sup>ème</sup> jour de jeûne, tandis que ceux d'origine endogène ont été récoltés après le 3<sup>ème</sup> jour de jeûne. L'ensemble des excréta collectés ont été soigneusement débarrassés des débris alimentaires, du duvet et des desquamations à l'aide de pince à dissection (photo 12b). Ils ont été ensuite conservés au réfrigérateur à (+4°C). Les excréta ainsi cumulés lors du bilan digestif ont été séchés dans une étuve ventilée à 70°C pendant 96 heures (photo 12c). Après humidification à l'air ambiant, ils ont été pesés, broyés et conservés dans des flacons hermétiques identifiés.



**Photo 12:** a. Récolte des excréta dans les barquettes en aluminium    b. Nettoyage des excréta    c. Dessiccation des excréta

### II.2.3.2 Méthodes de mesures chimiques

La mesure de la composition chimique de l'aliment «démarrage, croissance et finition» et des fientes a été effectuée en triple. Les échantillons ont été broyés à 0,5 mm de diamètre à l'aide d'un broyeur à lame (photo13). Les différentes mesures effectuées pour l'aliment et pour les fientes ont été rapportées aux taux de matière sèche, celles-ci ont concerné les paramètres suivants :



**Photo 13:** Broyeur à lame.



### II.2.3.2.1 La teneur en matière sèche (MS) de l'aliment et des fientes

La matière sèche a été obtenue selon la méthode préconisée par AFNOR (1985), 5g du produit brut ont été passés à l'étuve pendant 24 heures à  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  jusqu'à obtention d'un poids constant. La teneur en matière sèche a été

calculée par le rapport suivant :

$$\text{MS \%} = \frac{P_2 - C_v}{P_1 - C_v} \times 100 \text{ où :}$$

$P_1$  : Poids du creuset avant séchage (g).

$P_2$  : Poids du creuset après séchage (g).

$C_v$  : Poids du creuset vide (g).

### II.2.3.2.2 La teneur en matières minérales (MM) de l'aliment et des fientes

La teneur en matières minérales d'une substance est conventionnellement le résidu de la substance après incinération. Le produit a été incinéré dans un four à moufle pendant 1h30min à  $200^\circ\text{C}$  et 2h30min à  $500^\circ\text{C}$  jusqu'à obtention de cendres blanches. La teneur en matières minérales a été ainsi calculée :

$$\text{MM (\%MS)} = \frac{P_3 - C_v}{P_2 - C_v} \times 100 \text{ où :}$$

$P_2$  : Poids du creuset après séchage (g).

$P_3$  : Poids du creuset après calcination (g).

$C_v$  : Poids du creuset vide (g).

### II.2.3.2.3 La teneur en protéines brutes (MAT) de l'aliment et des fientes

Elles ont été mesurées par la méthode Kjeldahl. En présence d'un acide concentré, l'azote organique a été transformé en azote minéral. Ce dernier a été déplacé par la soude dans une solution standard de réception. L'azote ainsi recueilli a été titré par un acide ayant une normalité connue. La teneur en azote de notre échantillon a été ainsi calculée :

$$\text{N (g)} = \frac{X \times 280 \times 10^{-6} \times 250}{Y * A} \text{ où :}$$

$N$  : Teneur en azote de l'échantillon.

$X$  : Moyenne de descente de burette (ml).

$Y$  : Poids de l'échantillon de départ.

$A$  : Volume de la prise d'essai.

Les matières azotées totales ont été obtenues en multipliant la quantité d'azote par le coefficient 6,25.

$$\text{MAT (\%MS)} = \text{N (g)} \times 6,25$$

Les protéines fécales quant à elles ont été mesurées par la méthode de TERPSTRA et de HART (1974). L'azote urique des excreta a été solubilisé avec une solution de formaldéhyde en milieu acétique (pH 4,7). Les protéines fécales ont été ensuite précipitées en présence d'une solution d'acétate de plomb, puis ont été quantifiées par la méthode de Kjeldhal.

#### II.2.3.2.4 La teneur en matières grasses (MG) de l'aliment et des fientes

L'extraction de la matière grasse alimentaire a été réalisée selon la méthode SOXHLET avec pour solvant organique l'éther di-éthylique pendant 2 heures en présence d'un catalyseur (sulfate de sodium anhydre). Le séchage des creusets à l'étuve a duré 30 min à 85°C. La teneur en matières grasses totales a été ainsi calculée :

$$\text{MG (\% MS)} = \frac{\text{A}}{\text{P}} \times 100 \quad \text{où :}$$

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

P : Prise d'essai (g).

Pour la matière grasse fécale, les excreta ont subi au préalable une hydrolyse avec de l'acide chlorhydrique. Le contenu a été ensuite filtré sur double papier filtre, puis séché à l'étuve à une température de 105°C pendant 12h.

Le papier filtre a été par la suite placé dans une cartouche en carton poreux, et la matière grasse a été extraite comme précédemment décrit.

#### II.2.3.2.5 La teneur en cellulose brute (CB) de l'aliment et des fientes

La teneur en cellulose brute a été déterminée selon la méthode de WEENDE. L'échantillon a été soumis à une double hydrolyse (une acide et l'autre basique) puis filtré, le résidu a été ensuite incinéré. La teneur en cellulose brute a été déterminée par la formule suivante :

$$\text{CB (\% MS)} = \frac{\text{A} - \text{B}}{\text{P}} \times 100 \quad \text{où :}$$

A : Poids du creuset cellulose après dessiccation (g).

B : Poids des cendres après incinération (g).

P : Poids de l'échantillon de départ (g).

#### II.2.3.2.6 La teneur en NDF, ADF et hémicellulose de l'aliment et des fientes

La teneur en NDF, ADF et celle de l'hémicellulose ont été obtenues selon la méthode de VAN SOEST et WINE (1967).

Le NDF représente l'ensemble de la cellulose, des hémicelluloses, de la lignine et une partie des pectines. Quant à la fraction ADF, elle représente théoriquement la somme des polymères cellulose et lignine.

Le principe de la méthode repose sur une attaque par une solution au détergent neutre (Lauryl sulfate de sodium). Le résidu insoluble obtenu après filtration et lavage a été séché jusqu'à poids constant et correspond à la teneur en NDF. La teneur en NDF a été ainsi calculée :

$$\text{NDF (\% MS)} = \frac{\text{C} - \text{B}}{\text{P}} \times 100 \text{ où :}$$

C : Poids du creuset NDF après dessiccation (g).

B : Poids des cendres après incinération (g).

P : Poids de l'échantillon de départ (g).

Le creuset NDF a été ensuite hydrolysé par la solution au détergent acide (le cetyltriméthyl ammonium bromure CTAB), filtré, lavé et séché. La teneur en ADF a été calculée par le rapport suivant :

$$\text{ADF (\% MS)} = \frac{\text{D} - \text{B}}{\text{P}} \times 100 \text{ où :}$$

D : Poids du creuset ADF après dessiccation (g).

B : Poids des cendres après incinération (g).

P : Poids de l'échantillon de départ (g).

La teneur en hémicellulose a été estimée par différence entre les teneurs en NDF et ADF des échantillons.

### II.2.3.2.7 La teneur en amidon de l'aliment et des fientes

La teneur en amidon a été déterminée par la méthode polarimétrique d'EWERS (1965). La méthode comprend une double détermination. Dans une première étape, l'échantillon est traité à chaud par l'acide chlorhydrique dilué. Après défécation et filtration, le pouvoir rotatoire de la solution obtenue a été mesuré au polarimètre.

Dans la seconde étape, l'échantillon a été extrait par l'éthanol à 40 %. Après acidification du filtrat par l'acide chlorhydrique, défécation et filtration, le pouvoir rotatoire de la solution a été mesuré dans les mêmes conditions que lors de la première détermination.

La teneur en amidon de l'échantillon a été obtenue par le rapport suivant :

$$\text{Amidon (\% MS)} = \frac{(\text{P} - \text{P}') * 2000}{182,7} \text{ où :}$$

P : Pouvoir rotatoire optique total en degrés d'angle.

P' : Pouvoir rotatoire optique en degrés d'angle des substances solubles dans l'éthanol.

### II.2.3.3 Méthodes de mesures des coefficients d'utilisation digestive (CUD)

#### II.2.3.3.1 Méthode de mesure de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique

La digestibilité de la matière sèche correspond à la quantité de matière sèche digérée par l'animal, celle-ci étant rapportée à la quantité de matière sèche ingérée. La digestibilité de la matière sèche (CUD<sub>a</sub>MS) a été calculée selon le rapport suivant :

$$\text{CUD}_{\text{aMS}} (\%) = \frac{\text{Matière sèche ingérée (g)} - \text{Matière sèche excrétée (g)}}{\text{Matière sèche ingérée (g)}} \times 100$$

La digestibilité de la matière organique (CUD<sub>a</sub>MO) a été calculée quant à elle par le rapport suivant :

$$\text{CUD}_{\text{aMO}} (\%) = \frac{\text{Matière organique ingérée (g)} - \text{Matière organique excrétée (g)}}{\text{Matière organique ingérée (g)}} \times 100$$

#### II.2.3.3.2 Méthode de mesure de la digestibilité de la matière azotée totale

La digestibilité des protéines alimentaires a été obtenue par la différence entre la quantité de protéines ingérées et celles fécales, rapportée à la quantité des protéines ingérées. Le calcul de la digestibilité réelle des protéines (CUD<sub>r</sub>P) a été permis par l'équation suivante :

$$\text{CUD}_{\text{rP}} (\%) = \frac{\text{Protéines ingérées (g)} - \text{Protéines fécales (g) (alimentaire - endogène)}}{\text{Protéines ingérées (g)}} \times 100$$

#### II.2.3.3.3 Méthode de mesure de la digestibilité de la matière grasse

La mesure de la digestibilité de la matière grasse est obtenue par la différence entre la quantité de matière grasse ingérée et celle fécale, rapportée à la quantité de matières grasses ingérée. Le calcul de la digestibilité apparente de la matière grasse (CUD<sub>a</sub>MG) a été obtenu selon l'équation suivante :

$$\text{CUD}_{\text{aMG}} (\%) = \frac{\text{Matière grasse ingérée (g)} - \text{Matière grasse excrétée (g)}}{\text{Matière grasse ingérée (g)}} \times 100$$

#### II.2.3.3.4 Méthode de mesure de la digestibilité de l'amidon

La mesure de la digestibilité de l'amidon est déduite par la différence entre la quantité d'amidon ingérée et celle retrouvée dans les excréta, rapportée à la quantité d'amidon ingérée.

Le calcul de la digestibilité apparente de l'amidon (CUD<sub>a</sub>AM) a été obtenu selon l'équation suivante :

$$\text{CUD}_{\text{aAM}} (\%) = \frac{\text{Amidon ingéré (g)} - \text{Amidon excrété (g)}}{\text{Amidon ingéré (g)}} \times 100$$

#### II.2.3.3.5 Méthode de mesure de l'énergie brute et l'énergie métabolisable apparente

Le principe de mesure de l'énergie brute repose sur le calcul de la chaleur dégagée (calories) en présence d'oxygène par un échantillon, après sa combustion dans un calorimètre. Celui utilisé est de type adiabatique (IKA-Werk 500). La mesure de l'élévation de la température produite lors de l'oxydation permet de calculer la quantité d'énergie brute contenue par gramme d'échantillon.

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

$$\text{EM}_a (\text{kcal/kg}) = \frac{\text{EBi} - \text{EBex}}{\text{I}}$$

I : Quantité alimentaire ingérée (kg).

EBi : Energie brute ingérée (kcal).

EBex : Energie brute excrétée (kcal).

#### II.2.3.3.6 Méthode de mesure de la digestibilité de la cellulose brute

La mesure de la digestibilité de la cellulose brute est obtenue par la différence entre la quantité de cellulose brute ingérée et celle excrétée, rapportée à la quantité de cellulose brute ingérée. Le calcul de la digestibilité apparente de la cellulose brute (CUD<sub>a</sub>CB) a été obtenu selon l'équation suivante :

$$\text{CUD}_{\text{aCB}} (\%) = \frac{\text{Cellulose brute ingérée (g)} - \text{Cellulose brute excrétée (g)}}{\text{Cellulose brute ingérée (g)}} \times 100$$

#### II.2.3.3.7 Méthode de mesure de la digestibilité de l'NDF

La mesure de la digestibilité de la l'NDF est obtenue par la différence entre la quantité de l'NDF ingérée et celle excrétée, rapportée à la quantité de l'NDF ingérée. Le calcul de la digestibilité apparente de l'NDF (CUD<sub>a</sub>NDF) a été obtenu selon l'équation suivante :

$$\text{CUD}_{\text{aNDF}} (\%) = \frac{\text{NDF ingérée (g)} - \text{NDF excrétée (g)}}{\text{NDF ingérée (g)}} \times 100$$

### II.2.3.3.8 Méthode de mesure de la digestibilité de l'ADF

La mesure de la digestibilité de la l'ADF est obtenue par la différence entre la quantité de l'ADF ingérée et celle excrétée, rapportée à la quantité de l'ADF ingérée. Le calcul de la digestibilité apparente de l'ADF (CUD<sub>a</sub>ADF) a été obtenu selon l'équation suivante :

$$\text{CUD}_a\text{ADF} (\%) = \frac{\text{ADF ingérée (g)} - \text{ADF excrétée (g)}}{\text{ADF ingérée (g)}} \times 100$$

### II.2.3.3.9 Méthode de mesure de la digestibilité de l'hémicellulose

La mesure de la digestibilité de l'hémicellulose est obtenue par la différence entre la quantité d'hémicellulose ingérée et celle excrétée, rapportée à la quantité d'hémicellulose ingérée. Le calcul de la digestibilité apparente de l'hémicellulose (CUD<sub>a</sub>HEMI) a été obtenu selon l'équation suivante :

$$\text{CUD}_a\text{HEMI} (\%) = \frac{\text{Hémicellulose ingérée (g)} - \text{Hémicellulose excrétée (g)}}{\text{Hémicellulose ingérée (g)}} \times 100$$

### II.2.3.4 Méthodes de calculs statistiques

L'ensemble des valeurs moyennes a été soumis à une analyse de variance, les test de Dunnett et de Newman-Keuls ont été utilisés pour déterminer les différences significatives entre les moyennes des paramètres testés. Le seuil de signification choisi est de 5%. Le support utilisé lors de l'analyse statistique est le logiciel WINKS SDA (Statistical Data Analysis, 6<sup>th</sup> edition) produit en 2007.

*RÉSULTATS*  
*ET*  
*DISCUSSION*

### III. Résultats et Discussion

L'expérience menée s'est déroulée dans des conditions de stress thermique chronique. Nous y avons examiné l'effet de la technique de l'acclimatation précoce ainsi que celui du retrait alimentaire sur les performances zootechniques, sur la morphométrie digestive ainsi que sur la digestibilité des différents nutriments des poulets de chair ayant subi en fin d'élevage un stress thermique aigu.

#### III.1 Paramètres d'ambiance

Les conditions d'ambiance (température ambiante et hygrométrie relative) dans lesquelles s'est déroulée notre expérimentation sont rapportées dans le tableau 14 et sont illustrées par la figure 7.

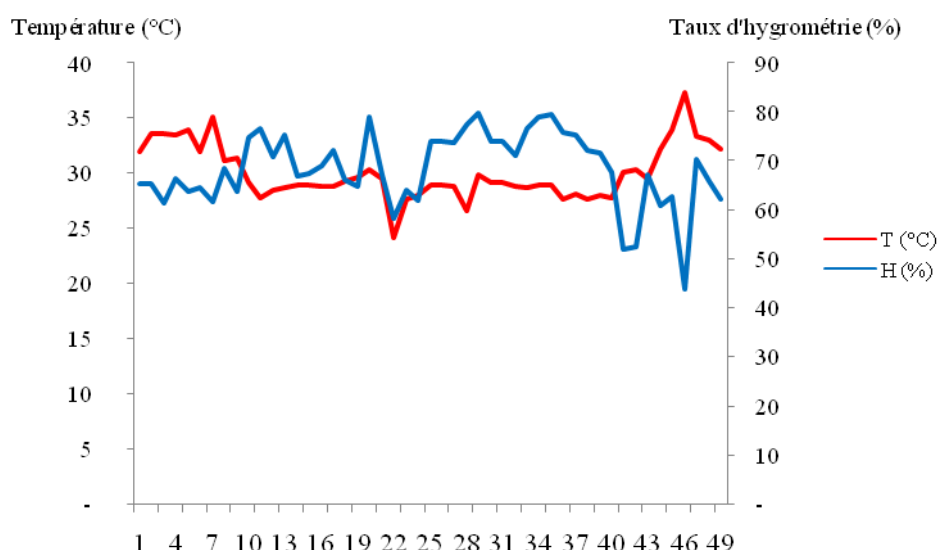
**Tableau 14** : Températures ambiantes et hygrométries relatives moyennes durant l'élevage

Phase d'élevage	Température ambiante (°C)	Hygrométrie relative (%)
Démarrage (J1 – J10)	32,55 ± 1,73	65,50 ± 3,89
Croissance (J11 – J42)	28,63 ± 1,17	70,58 ± 7,20
Finition (J43 – J49)	33,07 ± 2,36	61,82 ± 8,63

Pendant le déroulement de l'expérimentation, les poulets ont été élevés dans des conditions de températures ambiantes moyennes variant d'une phase à l'autre. Les températures pour chacune des 3 phases ont été de 32,55 ; 28,63 et 33,07°C, les hygrométries relatives ont été quant à elles, de 65,50 ; 70,58 et 61,82%. Ces conditions d'ambiance dénotent un état de stress thermique chronique, ces constatations sont appuyées par le guide d'élevage de la souche (ARBOR ACRES, 2007), ce dernier recommande des températures ambiantes moyennes de 31 ; 24,5 et 21°C pour les phases de démarrage, de croissance et de finition respectivement. Quant à l'hygrométrie relative, celle-ci ne doit pas baisser en dessous de la barre des 70%.

Dans nos conditions expérimentales, il apparaît clairement que cette situation de stress ne sera pas sans conséquences sur la consommation alimentaire, le poids vif ainsi que sur les taux de mortalité des animaux.





**Figure 7 :** Evolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative à l'intérieur du bâtiment durant l'expérimentation.

Lors du 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour d'âge, les températures relevées sous éleveuses ainsi que celles des loges des deux traitements sont présentées dans le tableau 15.

**Tableau 15:** Températures sous éleveuses et des loges au 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour d'âge.

Jours Heures de relevés	J5				J7			
	Température sous éleveuse		Température de la loge		Température sous éleveuse		Température de la loge	
	Lot T <sup>-</sup>	Lot T <sup>+</sup>	Lot T <sup>-</sup>	Lot T <sup>+</sup>	Lot T <sup>-</sup>	Lot T <sup>+</sup>	Lot T <sup>-</sup>	Lot T <sup>+</sup>
9h00	35	37	34	33	31	30	30,5	29,5
13h00	37	38	35	33,5	36	36	37,5	35
15h00	35	39	35	33	36	38	38,5	37,5
16h00	35,5	38,5	34	34	36	36	37	37
17h00	36	38	33,5	35	38	38	36	37,5
18h00	37	39	35	36	36	37	36	37,5
25h00	34,5	37	34	35	31,5	39	30	33
Moyenne ± écart type	35,71± 0,99	38,07 ± 0,83	34,35± 0,62	34,21 ± 1,14	34,92± 2,62	36,28 ± 2,98	34,85 ± 3,20	35,28 ± 3,07

L'exposition précoce des poussins à la chaleur s'est effectuée lors de ces deux jours d'élevage (5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup>). L'âge des poussins ainsi que l'intensité de la température lors de cette pratique d'élevage sont similaires à ceux observés par YAHAV et HURWITZ (1996). Ces derniers exposent les poussins à J5 et J7 à une température moyenne de 37±1°C pendant 24h.

Au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, le lot T<sup>+</sup> a subi une température moyenne sous éleveuse de 38,07±0,83°C et de 36,28 ± 2,98°C lors de la deuxième exposition (J7). Le lot T<sup>-</sup> quant à lui est sous une température ambiante moyenne de 35,71±0,99 et 34,92 ± 2,62°C. L'hygrométrie relative

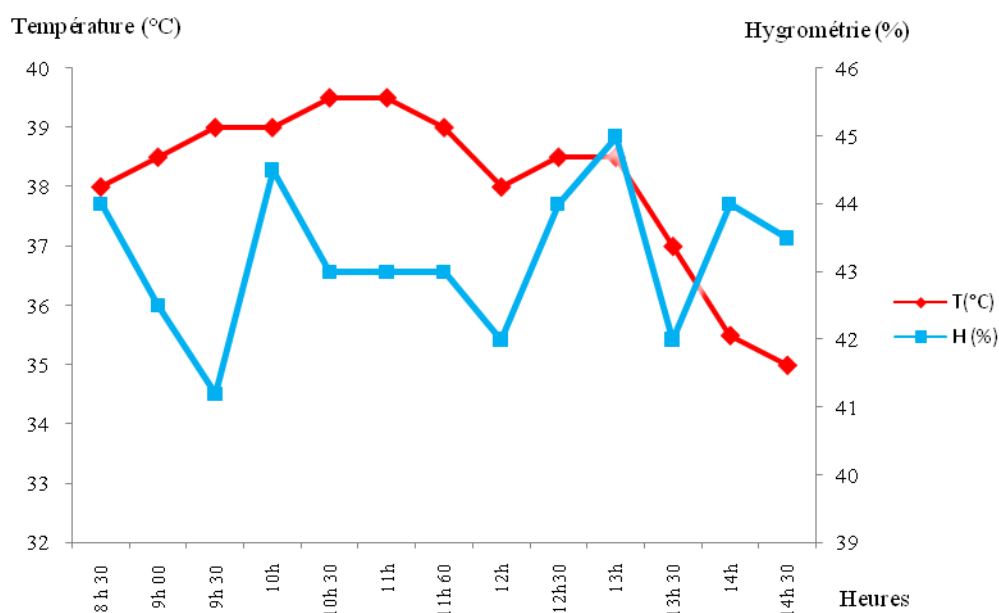
moyenne étant de  $68,05 \pm 2,83$  et de  $61,58 \pm 9,43\%$  respectivement à J5 et J7. Ces taux d'hygrométrie reflètent une augmentation de la température ambiante.

La différence de température ambiante entre les lots T<sup>+</sup> et T<sup>-</sup> à J5 est de  $+2,3^{\circ}\text{C}$  et de  $+1,3^{\circ}\text{C}$  à J7. Dans ces conditions d'ambiance, il apparaît clairement que même les poulets du lot T<sup>-</sup> sont également sous contrainte thermique, ces derniers subissent une température ambiante supérieure d'approximativement  $4^{\circ}\text{C}$  par rapport à la température de thermoneutralité préconisée au démarrage par le guide d'élevage ( $31^{\circ}\text{C}$ ).

Au 46<sup>ème</sup> jour d'âge, le coup de chaleur a été obtenu en élevant la chaleur du local à  $38,08 \pm 1,43^{\circ}\text{C}$ , l'hygrométrie relative étant de  $43,21 \pm 1,1\%$  (tableau 14). Cette dernière est le témoin d'une ambiance sèche provoquée par la température trop élevée. Les conditions de ce traitement (durée et intensité) se rapprochent de celles rapportées à travers les travaux de ARJONA *et al.* (1988) ; YAHAV et HURWITZ (1996) et YAHAV et MAC MURTRY (2001).

**Tableau 16:** Températures ambiantes et hygrométries relatives relevées lors du coup de chaleur (J46).

Heures de relevés	Température ambiante ( $^{\circ}\text{C}$ )	Hygrométrie relative (%)
8 h 30	38	44
9h 00	38,5	42,5
9h 30	39	41,2
10h	39	44,5
10h 30	39,5	43
11h	39,5	43
11h 60	39	43
12h	38	42
12h30	38,5	44
13h	38,5	45
13h 30	37	42
14h	35,5	44
14h 30	35	43,5
<b>Moyenne <math>\pm</math> écart type</b>	<b><math>38,08 \pm 1,43</math></b>	<b><math>43,21 \pm 1,1</math></b>



**Figure 8:** Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative lors du coup de chaleur.

### III.2 Composition chimique de l'aliment distribué durant l'élevage

La composition chimique des différents aliments distribués durant les trois phases de notre expérimentation est rapportée dans le tableau suivant :

**Tableau 17 :** Composition chimique des aliments démarrage, croissance et finition.

Caractéristiques	MS (%)	MM (% MS)	MAT (% MS)	MG (% MS)	CB (% MS)
Aliments					
Aliment démarrage	89,07 ± 0,11	8,46 ± 0,12	18,95 ± 0,77	2,5 ± 0,001	1,95 ± 0,22
Aliment croissance	87,58 ± 0,65	4,64 ± 0,45	18,72 ± 0,65	2,2 ± 0,31	1,98 ± 0,10
Aliment finition	89,53 ± 0,11	5,14 ± 0,006	17,49 ± 0,46	2,5 ± 0,001	2,13 ± 0,28

MS : Matière sèche ; MM : Matière minérale ; MAT : Matière azotée totale ; MG : Matière grasse ; CB : Cellulose brute.

La composition chimique des aliments distribués lors des 3 phases d'élevage montrent des taux moyens en matière sèche et matière minérale compris entre 87,58 - 89,53 % et 4,64 - 8,46 % MS respectivement.

Par ailleurs, les taux de protéines brutes de l'aliment démarrage, croissance et finition sont de l'ordre de 18,95 ; 18,72 et 17,49 % MS respectivement. Ces taux demeurent faibles au vu des recommandations du guide de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2009) qui préconise des taux de 23,5 ; 21,25 et 19% pour les 3 phases d'élevage respectivement.

Il en est de même pour les taux de matière grasse, les aliments distribués renferment des teneurs comprises entre 2,2 et 2,5% MS, alors que le guide d'élevage de la souche (ARBOR

ACRES, 2007) recommande des taux compris entre 5 et 7%. La teneur en cellulose brute des aliments est quant à elle comprise entre 1,95 et 2,13% selon la phase d'élevage.

Il apparaît clairement que les aliments utilisés lors de notre expérimentation sont de faible quantité nutritionnelle, ce qui ne sera pas sans conséquences sur l'utilisation digestive et métabolique des nutriments qui se répercuteront sur les performances zootechniques ultérieures des poulets.

### III.3 Performances zootechniques

#### III.3.1 Ingéré alimentaire

Les quantités moyennes d'aliments ingérés par poulet durant l'expérimentation pour chaque phase d'élevage sont regroupées dans le tableau 18.

**Tableau 18** : Impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur la quantité ingérée moyenne par sujet lors des phases de croissance et de finition (g/sujet/j)

Phase	Traitements			
		T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
Croissance	J11-J 42	98,33±25,92 <sup>a</sup>	92,68±22,45 <sup>a</sup>	-
Finition	Globale (J43-J48)	136,92±17,58 <sup>a</sup>	130,95±21,96 <sup>a</sup>	129,62±19,39 <sup>a</sup>
	J43-J45	130,93±19,83 <sup>a</sup>	134,46±19,56 <sup>a</sup>	-
	J46	131,28±4,14 <sup>a</sup>	111,46±25,05 <sup>a</sup>	128,95±19,75 <sup>a</sup>
	J47-J48	144,57±14,32 <sup>a</sup>	135,43±22,40 <sup>a</sup>	141,89±8,49 <sup>a</sup>

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% (p<0,05)

La quantité moyenne d'aliment ingéré par les poulets des lots T<sup>-</sup> et T<sup>+</sup> en phase de croissance est comparable (p<0,05) : 98,33±25,92 et 92,68±22,45g/s/j respectivement pour les lots T<sup>-</sup> et T<sup>+</sup>. Ces quantités sont inférieures à celles rapportées par le guide d'élevage de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) et qui sont en moyenne de 112g/s/j en phase de croissance.

En phase de finition (J43-J48), l'ingéré moyen des poulets des lots T<sup>+</sup> et T<sup>-</sup> reste comparable (p<0,05) et faible comparé aux normes du guide de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) : 156,45g/sujet/j. Cette baisse de l'ingestion pourrait s'expliquer par nos conditions d'ambiance du local (température et humidité relative), compte tenu que TEMIM (2000) indique qu'au delà de 30°C, la réduction de la consommation alimentaire des poulets de chair atteint 2,2% par degré Celsius d'élévation de la température ambiante.

Nos résultats montrent que l'exposition précoce des poussins à la chaleur n'a pas eu d'effet significatif sur l'ingéré alimentaire contrairement à ceux de CAHANER et LEENSTRA, (1992); WAIBEL et MAC LEOD, (1995); AÏN BAZIZ *et al.*, (1996); YALCIN *et al.*, (1997) et SETTER *et al.*, (1999) qui ont observé une différence significative de la consommation alimentaire en phase de finition. Nos résultats suggèrent que les poulets du lot T<sup>-</sup> ont eux aussi acquis une thermorésistance à la chaleur.

Le retrait alimentaire a entraîné une diminution logique de l'ingéré alimentaire sans que cet effet soit significatif. Ces observations sont en accord avec ceux de SMITH et TEETER (1988) qui rapportent que la consommation alimentaire est réduite par la pratique de la restriction alimentaire.

### III.3.2 Poids vif

Les valeurs moyennes du poids vif des poulets sont rapportées dans le tableau 19. Il apparaît que les poids vifs des poulets des 2 lots en phase de démarrage sont comparables :  $146,53 \pm 19,15$ g/s ( $T^-$ ) et  $145,11 \pm 21,59$ g/s ( $T^+$ ). Les poids vifs observés pour cette période sont nettement inférieurs par rapport aux normes du guide de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) qui indique 276g.

Ces diminutions de poids seraient probablement liées d'une part à la superposition de l'effet température et hygrométrie relative tel que rapporté par les travaux de YAHAV (2000) et MAC DOUGAL et MAC QUINSTON (1980) et d'autre part, à la qualité médiocre de l'aliment et à la réduction de l'ingestion alimentaire observée lors de l'essai.

En phase de croissance et de finition, la même tendance est observée. Les poulets du lot  $T^-$  ont un poids vif de  $1880,70 \pm 279,95$ g et  $2108,36 \pm 306,10$ g respectivement pour les 2 phases. Ces poids demeurent inférieurs aux normes du guide (2637 et 3152g pour les périodes de croissance et de finition).

**Tableau 19:** Impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur le poids vif (g).

Traitement		$T^-$	$T^+$	$T_R$
Phase d'élevage				
Démarrage		$146,53 \pm 19,15^a$	$145,11 \pm 21,59^a$	-
Croissance		$1880,70 \pm 279,95^a$	$1838,32 \pm 257,38^a$	-
Finition	Globale	$2108,36 \pm 306,10^a$	$1971,17 \pm 298,38^a$	$2051,2 \pm 289,08^a$
	♀	$1919,56 \pm 198,2^a$	$1837,15 \pm 180,93^a$	$1861,18 \pm 142,319^a$
	♂	$2358,06 \pm 237,11^a$	$2319,6 \pm 260,51^a$	$2191,55 \pm 290,52^a$

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ )

Le traitement de l'acclimatation précoce n'a pas eu d'effet significatif sur le poids vif des poulets lors des 3 phases d'élevage. Ces observations concordent avec les travaux récents de TEMIM *et al.* (2009) qui ne notent pas de différences significatives du poids vif entre des poulets acclimatés au 5<sup>ème</sup> jour d'âge et ceux témoins ( $239 \pm 14$  et  $230 \pm 13$ g/s) en phase de démarrage. En phase de croissance, ces auteurs rapportent les mêmes constatations qu'en phase de démarrage, ces dernières étant en accord avec nos résultats.

Par contre, en phase de finition, les poulets du lot  $T^-$ , ont un poids vif supérieur mais non significatif par rapport à celui des oiseaux du lot  $T^+$  ( $2108,36 \pm 306,10$  contre  $1971,17 \pm 298,38$ g/s) en considérant les mâles et les femelles ensemble, il en est de même pour les femelles ( $1919,56 \pm 198,2$  contre  $1837,15 \pm 180,93$ g/s) et pour les mâles ( $2358,06 \pm 237,11$  contre  $2319,6 \pm 260,51$ g/s). Ces résultats sont en opposition avec les résultats des travaux de TEMIM *et al.* (2009) qui rapportent d'une part un effet significatif de l'acclimatation sur le

poids vif (+5%) des poulets, et d'autre part une amélioration globale du poids vif, attribué à une meilleure réponse chez les femelles.

La tendance des résultats que nous avons obtenu pourrait s'expliquer par l'acquisition des poulets T<sup>-</sup> d'une thermotolérance suite à l'exposition à de hautes températures ambiantes.

### III.3.3 Indice de consommation

Les indices de consommation moyens calculés pour les phases de croissance et de finition sont rapportés dans le tableau 20.

**Tableau 20:** Impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur les indices de consommation moyens en phase de croissance et de finition.

Indice de consommation	Traitements		
	T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
Phase			
Croissance	1,63 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,58 ± 0,06 <sup>a</sup>	-
Finition	2,04 ± 0,16 <sup>a</sup>	1,81 ± 0,31 <sup>a</sup>	1,76 ± 0,28 <sup>a</sup>

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ ).

En phase de croissance, l'indice de consommation des poulets T<sup>-</sup> (1,63) se rapproche de celui signalé par le guide d'élevage de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) et qui est de 1,58. Par ailleurs, ils sont comparables entre les lots (T<sup>+</sup> et T<sup>-</sup>), tel que déjà relaté par TEMIM *et al.* (2009) qui indiquent que l'indice de consommation n'est pas significativement différent chez les poulets acclimatés et ceux témoins en phase de croissance. En revanche, en phase de finition, nos résultats s'opposent à ceux de TEMIM *et al.* (2009) qui rapportent une différence significative en phase de finition, puisque les indices de consommation sont encore comparables pour les lots T<sup>+</sup> et T<sup>-</sup> (1,81 vs 2,04).

De plus, nous observons une dégradation de l'indice de consommation, celui-ci est de 2,04 pour les sujets témoins tandis que le guide rapporte un indice de 1,64. L'évolution de ce paramètre est de même type que celle rapportée par GERAERT *et al.* (1996) qui signalent qu'en conditions chaudes, l'ingéré alimentaire est réduit et que l'indice de consommation est altéré en période de finition.

Les traitements de l'acclimatation précoce ainsi que celui du retrait alimentaire améliorent légèrement l'indice de consommation sans que l'effet ne soit significatif.

### III.3.4 Taux de mortalité

Le tableau 21 regroupe les différents taux de mortalités mesurés durant les différentes phases d'élevage.

**Tableau 21** : Taux de mortalité enregistré durant les phases d'élevage (%).

Phases d'élevage		Traitements		
		T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
Démarrage	J1-J10	4,15 <sup>a</sup>	6,15 <sup>a</sup>	-
	Traitement d'acclimatation (J5 et J7)	0,96±1,36 <sup>a</sup>	0,80±0,01 <sup>a</sup>	-
Croissance	J11-J42	4,67±3,28 <sup>a</sup>	5,20±9,02 <sup>a</sup>	-
Finition	J43-J48	22,94±13,79 <sup>a</sup>	25,76±20,00 <sup>a</sup>	17,37±8,53 <sup>a</sup>
	♀	14,16±12,26 <sup>a</sup>	9,76±9,40 <sup>a</sup>	20,79±9,52 <sup>a</sup>
	♂	30,52±11,16 <sup>a</sup>	41,77±11,98 <sup>a</sup>	13,76±7,21 <sup>a</sup>
	J43-J45	0	1,04±1,80 <sup>a</sup>	1,04±1,80 <sup>a</sup>
	J46 (coup de chaleur)	16,46±6,14 <sup>a</sup>	17,49±14,11 <sup>a</sup>	13,78±10,80 <sup>a</sup>
	J47-J48	6,46±2,11 <sup>a</sup>	4,06±3,56 <sup>a</sup>	3,96±4,18 <sup>a</sup>

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ )

Pour la période de démarrage (J1-J10), les taux de mortalité calculés ont été de 4,15% et 6,15% pour le lot T<sup>-</sup> et T<sup>+</sup> respectivement. Nos observations ont permis de constater que les mortalités ont concerné les sujets les plus faibles et vulnérables, ces résultats sont également rapportés par De BASILIO *et al.* (2001a).

Au cours du traitement d'exposition à la chaleur, les poussins conditionnés par la chaleur (lot T<sup>+</sup>) ont présenté un taux de mortalité de 0,80±0,01 contre 0,96±1,36% pour ceux du lot T<sup>-</sup> (figure 9). Ces différences ne sont pas significatives (figure 9) telles que relatées par YAHAV et HURWITZ (1996) et YAHAV *et al.* (1997). Les résultats de De BASILIO *et al.* (2001b) révèlent quant à eux une mortalité élevée induite par le traitement d'acclimatation.

Pour la période de croissance (J11-J42), nous observons un taux de mortalité comparable entre les 2 lots de poulets : 5,20±9,02% pour le lot T<sup>+</sup> et 4,67±3,28% pour le lot T<sup>-</sup>. Ceci traduit que dans nos conditions, le traitement d'acclimatation précoce n'a pas permis d'améliorer significativement la survie des poulets acclimatés soumis au stress thermique chronique. Ces résultats corroborent les conclusions rapportées antérieurement par plusieurs auteurs TEMIM *et al.* (2009) et De BASILIO *et al.* (2001b) ; ces derniers expliquent la résistance des poulets témoins comparés aux acclimatés par le fait d'une exposition quotidienne, courte mais répétée à des pics de température ambiante excédant les 30°C contribuerait à l'acquisition d'une thermotolérance chez les poulets témoins.

En période de finition (J43-J48), le lot T<sup>-</sup> a accusé le plus haut taux de mortalité, tandis que le lot T<sub>R</sub> a enregistré le moins de mortalité, quoique sur le plan statistique, les différences ne pas significatives. En considérant les 2 sexes, nous avons enregistré moins de mortalité de mâles dans le lot T<sup>-</sup> sans toutefois que l'effet ne soit significatif. La différence en termes de proportion est de -36,9 et +54,9% comparée respectivement aux lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>. Pour les femelles, une différence non significative de -12,3% pour le lot T<sup>+</sup> et +24,3% pour les T<sub>R</sub> par rapport aux T<sup>-</sup>.

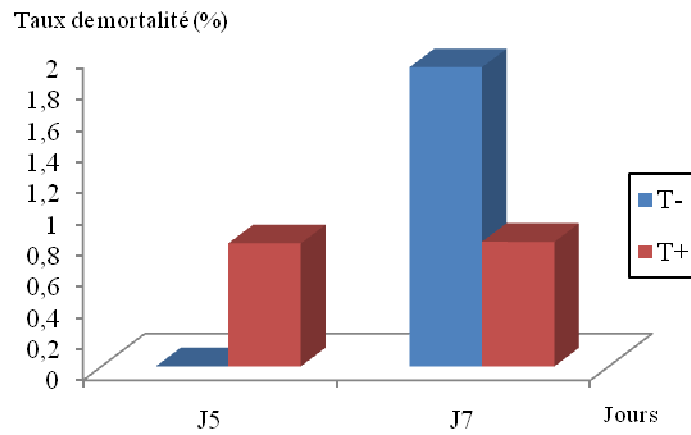
Au vu de nos résultats, il est intéressant de remarquer que les femelles issues du lot T<sup>+</sup> semblent résister mieux à la chaleur. Par contre, les mâles du lot T<sub>R</sub> semblent quant à eux, être plus résistants au stress thermique aigu (figure 10).

Lors du coup de chaleur (J46), les taux de mortalité enregistrés ont été de 16,46±6,14 et 17,49±14,11% respectivement pour les lots T<sup>-</sup> et T<sup>+</sup>. En revanche, le taux de mortalité des poulets du lot T<sub>R</sub> 13,78±10,80%. La similitude des taux de mortalité entre les poulets du lot T<sup>-</sup> et T<sup>+</sup> peuvent être attribués à un possible conditionnement à la chaleur des poulets témoins. Les poulets du lot retrait montrent quant à eux des taux de mortalité relativement bas sans que l'effet ne soit significatif (p<0,05). Cette observation est à mettre en liaison avec la diminution de la charge thermique sur ce lot de poulets, provoqué par la privation de l'aliment, d'où leur meilleure résistance dans ces conditions d'ambiance.

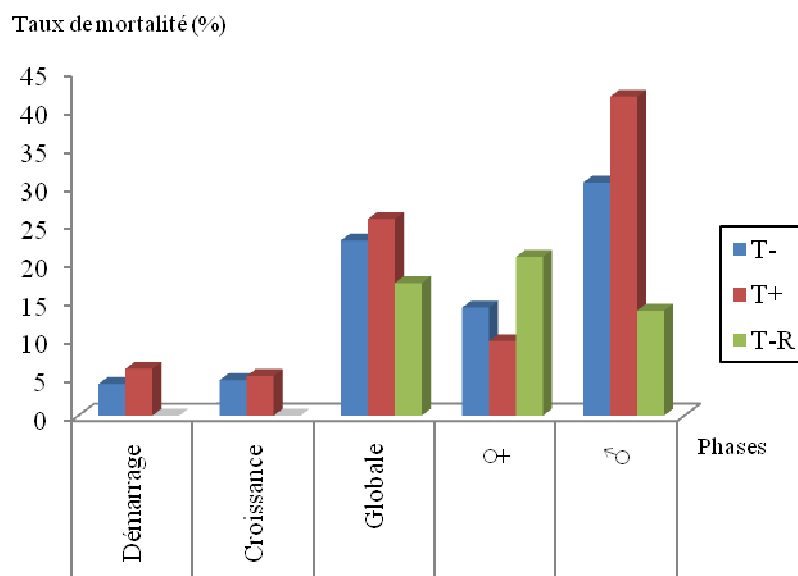
Dans notre essai, nous n'avons pas observé un effet significatif du traitement de l'acclimatation précoce sur le taux de mortalité en phase de finition, alors que de nombreux auteurs rapportent des réductions significatives du taux de mortalité pendant un coup de chaleur appliqué en général entre la 5<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> semaine de vie des poulets De BASILIO et PICARD (2002); ARJONA *et al.* (1988); BOUGON *et al.* (1996); De BASILIO *et al.* (2001b) et TEMIM *et al.* (2009). Nos résultats s'alignent plutôt sur ceux de De BASILIO et PICARD (2002) qui n'observent pas de différence significative des taux de mortalité lors du coup de chaleur, et expliquent ce résultat par le faible nombre de poulets utilisés. D'autre part, les variations naturelles de la température pourraient conférer aux poulets témoins une thermorésistance comparable à celle des poulets acclimatés au 5<sup>ème</sup> jour d'âge.

La pratique du retrait alimentaire lors du coup de chaleur (J46) n'a pas permis également de réduire significativement le taux de mortalité, tel que indiqué par SMITH (1992); ZULKIFLI *et al.* (2000); RINCON et LEESON (2002). La durée de la restriction alimentaire serait une des causes de ce résultat observé puisque MAHMOOD *et al.* (2005) observent qu'une restriction alimentaire de 10 heures par rapport à des restrictions de 6 et 8 heures pendant les heures les plus chaudes de la journée est plus apte à lutter contre les coups de chaleur survenant en fin d'élevage.

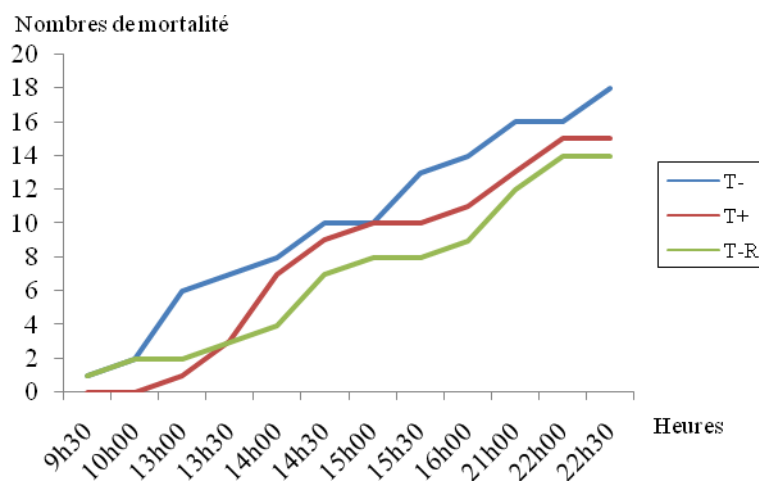




**Figure 9:** Taux de mortalité lors de l'acclimatation précoce.



**Figure 10:** Taux de mortalité durant la période d'élevage.



**Figure 11:** Évolution du taux de mortalité lors du coup de chaleur.

### III.4 Mesures biologiques

#### III.4.1 Températures rectales

Les différentes mesures de températures rectales lors du traitement de l'acclimatation précoce (J5 et J7) et celui du coup de chaleur (J46) sont rapportées dans le tableau 22 et illustrées dans les figures 12,13 et 14.

La température rectale juste avant l'élévation de la température ambiante pour le traitement de l'acclimatation précoce lors du 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour d'âge chez l'ensemble des poulets était relativement élevée dépassant les 40°C. Ces dernières sont généralement incluses dans un intervalle de 38 à 39°C à thermoneutralité (AMAND *et al.*, 2004).

**Tableau 22:** Impact de l'acclimatation précoce sur la température rectale lors du 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour d'âge.

Traitements Heures	T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>
	<b>J5</b>	
9h00	40,52±0,83 <sup>a</sup>	41,53±0,34 <sup>b</sup>
12h30	41,07±0,32 <sup>a</sup>	41,43±0,42 <sup>b</sup>
17h00	41,47±0,28 <sup>a</sup>	41,76±0,34 <sup>b</sup>
25h00	41,27±0,41 <sup>a</sup>	40,77±0,64 <sup>b</sup>
<b>J7</b>		
9h00	41,67±0,33 <sup>a</sup>	41,69±0,26 <sup>a</sup>
12h30	41,92±0,38 <sup>a</sup>	42,02±0,32 <sup>a</sup>
17h00	41,89±0,41 <sup>a</sup>	42,10±0,24 <sup>a</sup>
25h00	40,96±0,31 <sup>a</sup>	41,58±0,41 <sup>b</sup>

a,b sur une même ligne, les valeurs moyennes affectées de lettre différentes, sont statistiquement différents au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ ).

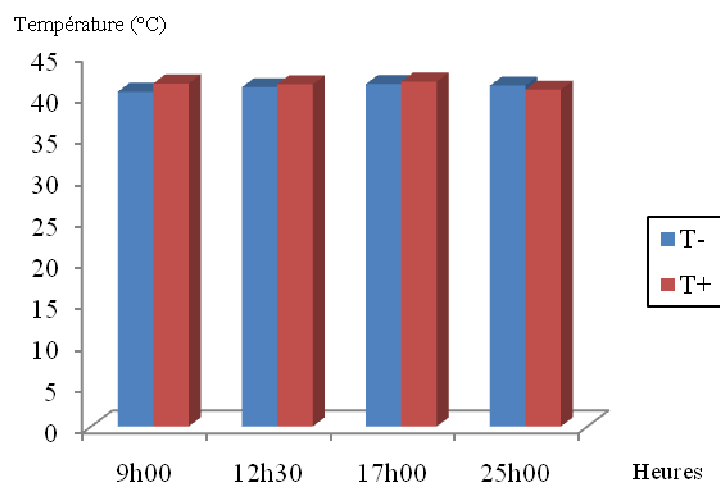
Pendant le déroulement de l'acclimatation, les poulets du lot T<sup>-</sup> présentent une température rectale moyenne de 41,07±0,32°C contre 41,43±0,42°C pour le lot T<sup>+</sup>, soit une différence significative de -0,36°C. Cette différence est non significative au 7<sup>ème</sup> jour d'âge, elle est de -0,1°C. Ce résultat serait lié à la moindre intensité de la température d'exposition des poussins du lot T<sup>+</sup> par rapport au lot T<sup>-</sup>.

À la 25<sup>ème</sup> heure après le début de l'exposition, la température moyenne rectale des poussins du lot T<sup>+</sup> est significativement moins élevée que celle des poussins du lot T<sup>-</sup> (-0,5°C). La tendance est inversée au 7<sup>ème</sup> jour et à la même heure (+0,89).

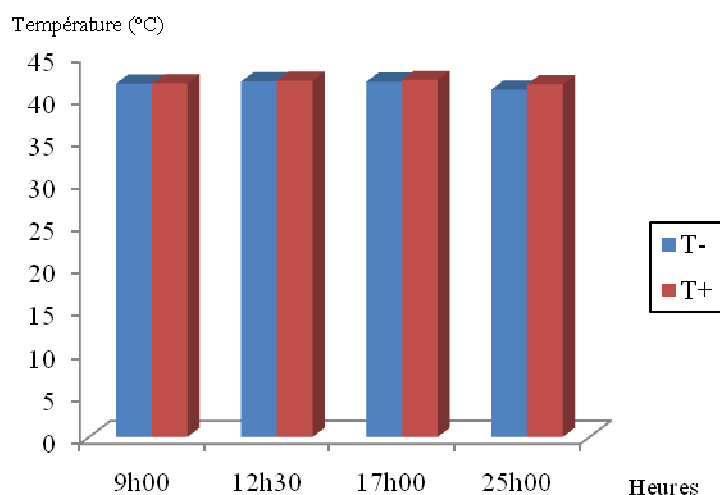
Nos résultats font apparaître que l'exposition à la chaleur des poussins, provoque une élévation de la température rectale des poussins. Ces conclusions sont en accord avec les données de YAHAV *et al.* (1997); YAHAV et HURWITZ (1996) et De BASILIO *et al.* (2001b) qui révèlent qu'un stress thermique initial au 5<sup>ème</sup> jour d'âge, avec une exposition à 36°C pendant 24 heures provoque une élévation de la température corporelle de 1°C.

Au 46<sup>ème</sup> jour d'âge (coup de chaleur), nous observons que les températures rectales relevées chez les poulets du lot T<sup>-</sup> sont, quoique non significatives, supérieures en termes de valeur absolue à celles relevées chez les lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>. En effet, la différence est de l'ordre de -1,5°C et de -1,22°C pour les poulets acclimatés et ceux du retrait respectivement.

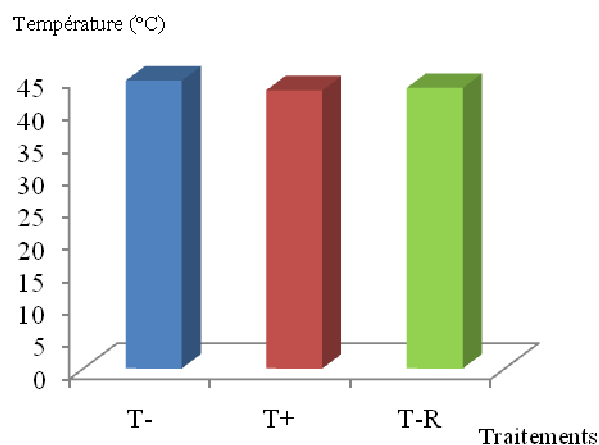
Dans nos conditions d'essai, l'acclimatation précoce et la restriction alimentaire ont permis de réduire la température corporelle des poulets soumis à un stress thermique aigu de 38,08±1,43°C. Ces observations abondent dans le sens des résultats des travaux de De BASILIO *et al.* (2003) qui rapportent que le conditionnement thermique en début d'âge des poussins réduit la température corporelle des poulets en phase de finition. Il en est de même lorsque la restriction d'aliment est pratiquée (LI *et al.*, 1992; WIERNUSZ et TEETER, 1996 et KOH et MAC LEOD, 1999).



**Figure 12 :** Températures rectales mesurée au 5<sup>ème</sup> jour d'âge chez les poussins des lots T<sup>+</sup> et T<sup>-</sup>.



**Figure 13 :** Températures rectales mesurée au 7<sup>ème</sup> jour d'âge chez les poussins des lots T<sup>+</sup> et T<sup>-</sup>.



**Figure14** : Températures rectales des poussins des 3 lots lors du coup de chaleur (J46)

### III.4.2 Morphométrie digestive

Les mesures morphométriques (longueurs et poids relatifs des différents compartiments du tractus digestif) sont regroupées dans les tableaux 23 et 24.

Nos résultats indiquent que la longueur ainsi que le poids relatif du duodénum est plus élevé chez les poulets issus du traitement du retrait alimentaire, cet effet n'étant pas significatif. La même tendance est observée pour la longueur et le poids relatif du jéjunum. Les longueurs moyennes ont été de  $27,02 \pm 3,06$  et  $68,43 \pm 11,03$  cm et les poids relatifs de  $0,41 \pm 0,12$  et  $0,72 \pm 0,26$  g respectivement pour le duodénum et le jéjunum. Il est à signaler aussi que les poulets issus du traitement de l'acclimatation précoce ont eu les longueurs les plus faibles de ces 2 compartiments. Les différences sont en termes de proportion, de -2,7 et -4,8% comparativement au lot T<sup>-</sup> sans que l'effet ne soit significatif. Cependant, les longueurs moyennes de ces 2 compartiments demeurent relativement faibles par rapport à des poulets élevés à thermoneutralité (35 et 120 cm respectivement pour le duodénum et le jéjunum).

Les poulets du lot T<sup>-</sup> témoignent de cette altération de ces 2 compartiments causés par la chaleur ( $26,59 \pm 3,07$  et  $61,93 \pm 6,15$  cm respectivement pour le duodénum et jéjunum). En effet, nos conditions d'ambiance dénotent une situation de stress thermique chronique, celle-ci contribuant à des modifications du tractus digestif. Plusieurs auteurs dont UNI *et al.* (1998) indiquent que le volume des villosités au niveau jéjunum est réduit, dans le même ordre d'idée, MITCHELL et CARLISLE (1992) indiquent qu'en conditions de stress thermique, le poids sec (g) du jéjunum est réduit chez les poulets âgés de 2 semaines, cette dépréciation est reflétée par une diminution de 19% de la taille des villosités par unité de longueur du jéjunum, il en est de même pour le poids des villosités, la réduction étant de 26 et 31% respectivement pour le poids humide et le poids sec. Dans une autre étude, GARRIGA *et al.* (2005) indiquent que le poids et la longueur du jéjunum des poulets de chair âgés de 2 semaines sont réduits sous la contrainte thermique (27 et 4% respectivement).

**Tableau 23** : Longueur absolue (cm) des différentes portions intestinales.

Longueur (cm)	Traitements			
		T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
Duodénum	Globale	26,59±3,07 <sup>a</sup>	25,90±3,79 <sup>a</sup>	27,02±3,06 <sup>a</sup>
	♀	26,28±2,19 <sup>a</sup>	24,40±3,29 <sup>a</sup>	25,48±2,17 <sup>a</sup>
	♂	26,90±3,96 <sup>a</sup>	27,40±3,91 <sup>a</sup>	28,55±3,19 <sup>a</sup>
Jéjunum	Globale	61,93±6,15 <sup>a</sup>	59,08±15,58 <sup>a</sup>	68,43±11,03 <sup>a</sup>
	♀	63,72±4,95 <sup>a</sup>	63,03±21,96 <sup>a</sup>	63,42±13,32 <sup>a</sup>
	♂	60,13±7,14 <sup>a</sup>	55,13±3,72 <sup>a</sup>	73,43±5,51 <sup>a</sup>
Iléon	Globale	65,98±7,01 <sup>a</sup>	58,90±8,51 <sup>a</sup>	64,52±6,09 <sup>a</sup>
	♀	62,05±6,14 <sup>a</sup>	54,28±6,51 <sup>a</sup>	60,33±3,25 <sup>a</sup>
	♂	69,92±5,77 <sup>a</sup>	63,52±8,11 <sup>a</sup>	68,70±5,38 <sup>a</sup>
Colon	Globale	8,40±2,61 <sup>a</sup>	8,47±3,69 <sup>a</sup>	10,70±2,81 <sup>a</sup>
	♀	9,80±2,29 <sup>a</sup>	10,15±4,75 <sup>a</sup>	9,45±2,24 <sup>a</sup>
	♂	7,00±2,25 <sup>a</sup>	8,78±2,50 <sup>a</sup>	11,95±2,93 <sup>a</sup>
Longueur totale de l'intestin	Globale	199,33±21,85 <sup>a</sup>	190,17±19 <sup>a</sup>	193,91±22,78 <sup>a</sup>
	♀	201,78±18,87 <sup>a</sup>	193,07±19,02 <sup>a</sup>	182,58±19,48 <sup>a</sup>
	♂	196,87±26,07 <sup>a</sup>	187,27±20,30 <sup>a</sup>	205,23±21,31 <sup>a</sup>

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% (p<0,05).

**Tableau 24** : Poids relatif (%) des différentes portions intestinales.

Poids relatif (g/g PV)	Traitements			
		T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
Duodénum	Global	0,35±0,11 <sup>a</sup>	0,38±0,15 <sup>a</sup>	0,41±0,12 <sup>a</sup>
	♀	0,33±0,07 <sup>a</sup>	0,43±0,13 <sup>a</sup>	0,37±0,13 <sup>a</sup>
	♂	0,38±0,14 <sup>a</sup>	0,34±0,17 <sup>a</sup>	0,45±0,11 <sup>a</sup>
Jéjunum	Global	0,66±0,10 <sup>a</sup>	0,69±0,18 <sup>a</sup>	0,72±0,26 <sup>a</sup>
	♀	0,68±0,06 <sup>a</sup>	0,76±0,18 <sup>a</sup>	0,81±0,33 <sup>a</sup>
	♂	0,65±0,13 <sup>a</sup>	0,62±0,17 <sup>a</sup>	0,64±0,16 <sup>a</sup>
Iléon	Global	0,57±0,10 <sup>a</sup>	0,66±0,13 <sup>a</sup>	0,52±0,10 <sup>a</sup>
	♀	0,55±0,09 <sup>a</sup>	0,68±0,14 <sup>a</sup>	0,51±0,06 <sup>a</sup>
	♂	0,59±0,12 <sup>a</sup>	0,64±0,13 <sup>a</sup>	0,52±0,13 <sup>a</sup>
Cæca droit	Global	0,14±0,04 <sup>a</sup>	0,14±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,02 <sup>a</sup>
	♀	0,15±0,03 <sup>a</sup>	0,14±0,03 <sup>a</sup>	0,13±0,01 <sup>a</sup>
	♂	0,13±0,05 <sup>a</sup>	0,15±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,02 <sup>a</sup>
Cæca gauche	Global	0,13±0,03 <sup>a</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,12±0,03 <sup>a</sup>
	♀	0,14±0,01 <sup>a</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>	0,13±0,02 <sup>a</sup>
	♂	0,13±0,04 <sup>a</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,12±0,03 <sup>a</sup>
Colon	Global	0,11±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,06 <sup>a</sup>	0,13±0,04 <sup>a</sup>
	♀	0,12±0,03 <sup>a</sup>	0,13±0,09 <sup>a</sup>	0,14±0,05 <sup>a</sup>
	♂	0,10±0,04 <sup>a</sup>	0,10±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,03 <sup>a</sup>

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% (p<0,05)

D'autres auteurs relient les altérations au niveau du jéjunum par une modification du profil hormonal. En effet, la baisse des teneurs en hormones thyroïdiennes T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> est observée en conditions de stress thermique, celle-ci étant connue pour être impliquée dans la stimulation de la prolifération des tissus intestinaux (UNI *et al.*, 2001).

Quant à la longueur de l'iléon, elle se rapproche entre les poulets du lot T<sup>-</sup> et T<sub>R</sub>, tandis qu'elle est relativement réduite mais non significativement ( $p < 0,05$ ) pour les poulets acclimatés. Les longueurs mesurées demeurent faibles, elles ont été de  $65,98 \pm 7,01$  ;  $58,90 \pm 8,51$  ; et  $64,52 \pm 6,09$  cm respectivement pour les lots T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>, alors qu'elles se situent en moyenne à 80cm chez les poulets maintenus à thermoneutralité (BONNET, 1995). En revanche, le poids relatif de ce compartiment est légèrement en faveur des poulets du lot T<sup>+</sup> sans que l'effet ne soit significatif alors que les poulets du T<sup>-</sup> et T<sub>R</sub> ont des poids quasiment comparables ( $p < 0,05$ ). La réduction du poids et de la taille suggère selon GARRIGA *et al.* (2005) une altération du processus d'absorption des nutriments des poulets de chair soumis à une contrainte thermique.

La longueur absolue ainsi que le poids relatif du colon, n'indiquent pas que l'acclimatation précoce et le retrait alimentaire aient eu un effet significatif sur ces deux paramètres. La même tendance est observée pour la longueur des cæcums (droit et gauche) qui, selon SAVORY, (1986) est réduite en condition de stress thermique. Toutefois, les longueurs mesurées lors de notre essai sont relativement réduites par rapport à celles des poulets élevés en conditions optimales (40cm en moyenne selon BONNET, 1995).

Le tableau 25 représente le poids relatif exprimé en (%) du jabot ainsi que celui du gésier vide.

**Tableau 25** : Poids relatifs (%) du jabot et du gésier vide.

Poids organe digestif	Traitements			
		T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
Jabot vide	Global	0,22±0,05 <sup>a</sup>	0,22±0,06 <sup>a</sup>	0,28±0,06 <sup>a</sup>
	♀	0,23±0,04 <sup>a</sup>	0,23±0,06 <sup>a</sup>	0,28±0,08 <sup>a</sup>
	♂	0,22±0,06 <sup>a</sup>	0,20±0,06 <sup>a</sup>	0,28±0,04 <sup>a</sup>
Gésier vide	Global	1,36±0,21 <sup>a</sup>	1,61±0,24 <sup>a</sup>	1,45±0,42 <sup>a</sup>
	♀	1,42±0,25 <sup>a</sup>	1,64±0,18 <sup>a</sup>	1,39±0,58 <sup>a</sup>
	♂	1,31±0,16 <sup>a</sup>	1,58±0,30 <sup>a</sup>	1,52±0,23 <sup>a</sup>

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ )

Le poids relatif du jabot est relativement élevé mais non significatif ( $p < 0,05$ ) chez les poulets ayant subi le retrait alimentaire, alors que les poulets T<sup>-</sup> et T<sup>+</sup> ont des poids comparables.

Quant au poids du gésier, se sont les poulets T<sup>+</sup> qui ont présenté les poids les plus élevés, les poulets des lots T<sup>-</sup> et T<sub>R</sub> ont des poids relativement semblables, nous imputons cette dépréciation du poids à la quantité ingérée d'aliments. En effet, SAVORY (1986), indiquent

que les poulets élevés à 32°C comparés à ceux élevés à 20°C ont un proventricule et un gésier de plus petite taille, cet auteur met en relation cette dépression avec la diminution de l'ingéré alimentaire en conditions de contraintes thermiques. Ces mêmes observations sont rapportées par BONNET, (1995) qui rapporte qu'en conditions chaudes d'élevage (32°C), le poids du proventricule et celui du gésier sont réduits respectivement de -39 et -47%.

Ces altérations morphologiques du tractus digestif observées dans de telles conditions d'ambiance peuvent être mises en relation avec la diminution du flux sanguin au niveau du gésier (BONNET, 1995) ce qui conduit à une réduction des activités de la dégradation physique de l'aliment intervenant principalement dans cet organe.

À la lumière de nos résultats, il semble que les longueurs (en valeur absolue) du duodénum, du jéjunum, d'iléon, du cæcum et du colon des poulets menés dans nos conditions expérimentales, sont réduites lorsque nous les comparons à celles de poulets élevés à thermoneutralité. L'effet du stress thermique chronique n'est donc pas sans conséquence sur les caractéristiques morphologiques du tractus digestif tel que rapporté précédemment par plusieurs auteurs dont MITCHELL et CARLISLE (1992); BONNET (1995) et GARRIGA *et al.* (2005).

Tel que menés dans notre étude, le traitement d'acclimatation précoce ainsi que celui du retrait alimentaire n'ont pas eu un effet significatif sur la morphométrie des poulets. La similitude des résultats entre les poulets T<sup>-</sup> et ceux du lot T<sup>+</sup> sont en faveur d'une thermorésistance acquise par les poulets du lot T<sup>-</sup>.

### III.5 Bilan digestif

Le tableau 26 regroupe les données relatives des coefficients d'utilisation digestive de la MS, MO, MG, MAT et de l'amidon calculés sur les poulets du lot T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>.

Les résultats du bilan digestif montrent que la digestibilité de la matière sèche mesurée sur les poulets des lots T<sup>-</sup> et T<sup>+</sup> est comparable. Elle est respectivement de 76,99±4,64 et 76,79±2,92%. Elle est légèrement plus faible chez les poulets du lot T<sub>R</sub> sans que l'effet du retrait alimentaire ne soit significatif. Les conditions de stress thermique n'auraient pas eu donc d'effet néfaste sur la digestibilité de la matière sèche. Cette observation est confortée par BONNET (1995) qui rapporte une digestibilité de la matière sèche excédant les 71% sous contrainte thermique. La même tendance est observée pour la digestibilité de la matière organique dont les grandeurs sont comparables entre les différents lots et quelque soit le sexe de l'oiseau (75,73±5,51% pour le lot T<sup>-</sup> ; 77,00±3,71% pour le lot T<sup>+</sup> et 76,81±1,89% pour le lot T<sub>R</sub>).

**Tableau 26 :** Valeurs de la digestibilité de la matière sèche, matière organique, matière grasse, matières azotées totales et de l'amidon de l'aliment distribué aux 3 lots de poulets.

Bilan digestif		Traitements		
		T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
MS	Globale	76,99±4,64 <sup>a</sup>	76,79±2,92 <sup>a</sup>	73,79±3,09 <sup>a</sup>
	♀	79,66±3,14 <sup>a</sup>	78,48±2,12 <sup>a</sup>	72,36±1,48 <sup>a</sup>
	♂	74,32±4,75 <sup>a</sup>	75,11±2,88 <sup>a</sup>	75,22±3,94 <sup>a</sup>
MO	Globale	75,73±5,51 <sup>a</sup>	77,00±3,71 <sup>a</sup>	76,81±1,89 <sup>a</sup>
	♀	75,05±0,64 <sup>a</sup>	77,88±1,09 <sup>a</sup>	77,74±2,53 <sup>a</sup>
	♂	76,40±8,61 <sup>a</sup>	76,12±5,56 <sup>a</sup>	75,99±0,40 <sup>a</sup>
MG	Globale	54,28±7,67 <sup>a</sup>	42,80±10,54 <sup>a</sup>	42,64±7,57 <sup>a</sup>
	♀	53,07±9,73 <sup>a</sup>	42,86±12,28 <sup>a</sup>	41,49±9,30 <sup>a</sup>
	♂	55,50±6,93 <sup>a</sup>	42,75±11,26 <sup>a</sup>	43,79±7,26 <sup>a</sup>
MAT	Globale	80,35±8,19 <sup>a</sup>	75,25±6,69 <sup>a</sup>	73,80±12,25 <sup>a</sup>
	♀	84,76±6,25 <sup>a</sup>	72,31±18,31 <sup>a</sup>	75,11±16,58 <sup>a</sup>
	♂	77,15±9,06 <sup>a</sup>	77,21±2,46 <sup>a</sup>	72,48±9,77 <sup>a</sup>
Amidon	Globale	53,54±1,99 <sup>a</sup>	55,55±1,77 <sup>a</sup>	48,24±6,14 <sup>a</sup>
	♀	53,37±2,03 <sup>a</sup>	54,50±0,41 <sup>a</sup>	47,54±5,78 <sup>a</sup>
	♂	53,72±2,39 <sup>a</sup>	56,60±2,09 <sup>a</sup>	48,95±7,70 <sup>a</sup>

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ )

La digestibilité de la matière grasse de l'aliment est de 42,80±10,54 et de 42,64±7,57% respectivement pour les lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>, par contre, elle est relativement élevée chez les poulets du lot T<sup>-</sup> (54,28±7,67%) sans que l'effet ne soit significatif. Cette dépréciation pourrait être attribuée aux conditions d'ambiance (température et hygrométrie) tel que rapporté par la littérature spécialisée. GERAERT *et al.* (1997) attribuent la diminution de la digestibilité de la matière grasse à une diminution de la sécrétion de sels biliaires en conditions de stress thermique (32°C).

La digestibilité de la matière azotée totale suit la même tendance que celle de la matière grasse : 80,35±8,19 ; 75,25±6,69 et 73,80±12,25% respectivement pour les lots T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>. Les poulets du lot T<sup>-</sup> présentent des digestibilités relativement élevées sans que l'effet ne soit significatif. Ces diminutions pourraient être attribuées à une mauvaise digestibilité de quelques acides aminés essentiels. Ces suppositions confortent les conclusions de BONNET (1995) qui indique qu'en conditions de stress thermique, l'altération de la digestibilité de la thréonine, de l'isoleucine et de la méthionine est la plus significativement élevée.

Nous remarquons aussi chez les sujets femelles, une réduction de la digestibilité des protéines pour les lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub> (72,31±18,31 et 75,11±16,58%) comparée au lot T<sup>-</sup> (84,76±6,25%) sans que l'effet ne soit significatif.

L'exposition des poulets à la chaleur à âge précoce et la réduction de leur ingéré alimentaire, n'améliorent pas le CUD des protéines des poulets élevés en conditions chaudes. L'exposition à un stress thermique de type chronique serait probablement à l'origine de la diminution des activités enzymatiques ainsi qu'à la chute de l'absorption des nutriments tel que rapporté par MITCHELL et CARLISLE (1992). De plus, une grande consommation d'eau sous contraintes



thermique pourrait modifier l'activité de la pepsine conduisant à son inhibition tel que rapporté par WOLFENSON *et al.* (1981).

La digestibilité de l'amidon est de :  $53,54 \pm 1,99$  ;  $55,55 \pm 1,77$  et  $48,24 \pm 6,14\%$  respectivement pour les lots T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>. Celle-ci paraît légèrement améliorée par le traitement de l'acclimatation précoce, en revanche, le traitement du retrait alimentaire déprécie légèrement la digestibilité de l'amidon. Ces effets demeurent statistiquement non significatifs ( $p < 0,05$ ), les digestibilités moyennes des 3 traitements restent faibles, l'origine de l'amidon (BONNET *et al.*, 1997) ainsi que la viscosité du régime (BONNET, 1995) pourraient être à l'origine de cette différence.

Les digestibilités moyennes comparables de l'amidon pour les 3 traitements pourraient s'expliquer par une constance de l'activité enzymatique de la maltase et de l'amylase tel que rapporté par GARRIGA *et al.* (2005). DIBNER *et al.* (1992) ; MITCHELL et CARLISLE, (1992) confortent cette hypothèse à travers les résultats de mesures faites *in vitro* qui montrent une forte absorption du galactose et du glucose par la membrane intestinale, ce qui expliquerait une non altération de la digestibilité de l'amidon sous contrainte thermique.

L'énergie métabolisable apparente de l'aliment paraît très légèrement diminuée (tableau 27) chez les poulets du lot T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>, elle est respectivement pour ces 2 lots de  $2655,88 \pm 98,45$  et  $2551,36 \pm 104,48$  kcal/kgMS contre  $2683,09 \pm 166,30$  kcal/kgMS chez le lot T<sup>-</sup> sans que l'effet ne soit significatif. Comparé au lot T<sup>-</sup> la différence est de -1 et -5,2% respectivement pour les poulets acclimatés et ceux du retrait alimentaire. La même tendance est observée chez les femelles avec des différences de -2,5 et -10,5%. En revanche, chez les mâles la tendance est inversée, l'énergie métabolisable apparente est quasi similaire entre les 3 traitements.

Cette similitude de résultats est rapportée par FILHO *et al.* (2007) qui indiquent que l'énergie métabolisable des aliments n'est pas significativement modifiée au chaud.

Le traitement de l'acclimatation précoce ainsi que celui du retrait alimentaire ont provoqué une légère diminution de l'énergie métabolisable liée sans doute tel que déjà rapporté par BONNET, (1995), par la diminution de la digestibilité de la matière azotée totale et celle de la matière grasse.

**Tableau 27:** Valeur de l'énergie métabolisable apparente (kcal/kg MS) de l'aliment distribué aux 3 lots de poulets.

Énergie métabolisable	Traitements		
	T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
Globale	$2683,09 \pm 166,30^a$	$2655,88 \pm 98,45^a$	$2551,36 \pm 104,48^a$
♀	$2776,45 \pm 128,05^a$	$2709,29 \pm 83,25^a$	$2512,63 \pm 59,05^a$
♂	$2589,72 \pm 163,07^a$	$2602 \pm 93,50^a$	$2590,08 \pm 138,94^a$

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ )

Quant à la digestibilité de la cellulose brute, elle est de :  $43,11 \pm 8,77$  ;  $32,83 \pm 5,46$  et  $36,28 \pm 10,80\%$  respectivement pour les lots T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>, toutefois, cet effet n'est pas statistiquement significatif ( $p < 0,05$ ) entre les 3 lots.

La même tendance est observée pour la digestibilité de l'ADF et l'NDF, celle-ci étant pour l'ADF respectivement de :  $36,25 \pm 3,60$  ;  $31,77 \pm 1,60$  ;  $33,82 \pm 3,20\%$  pour les lots T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub> et pour l'NDF de :  $32,52 \pm 4,34$  ;  $28,90 \pm 1,18$  et  $30,00 \pm 3,05\%$ .

Pour la digestibilité de l'hémicellulose, le retrait alimentaire paraît améliorer légèrement celle-ci, elle est de :  $31,24 \pm 4,75$  ;  $30,44 \pm 3,42$  et  $32,68 \pm 2,47\%$  respectivement pour les lots T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>.

À la lumière de ces résultats, la digestibilité apparente concernant les composés pariétaux de l'aliment (tableau 28) nous indique que le traitement de l'acclimatation précoce ainsi que celui du retrait alimentaire déprécie surtout la digestibilité de la cellulose brute. Celle de l'ADF et de l'NDF paraît moins affectée. En revanche, la digestibilité de l'hémicellulose semble être améliorée par un retrait alimentaire pratiqué en période de finition, sur le plan nutritionnel ce résultat n'a pas d'intérêt.

**Tableau 28 :** Valeurs de la digestibilité des composés pariétaux de l'aliment distribué aux 3 lots de poulets.

Bilan digestif	Traitements			
		T <sup>-</sup>	T <sup>+</sup>	T <sub>R</sub>
CB	Globale	$43,11 \pm 8,77^a$	$32,83 \pm 5,46^a$	$36,28 \pm 10,80^a$
	♀	$46,95 \pm 11,17^a$	$35,80 \pm 5,86^a$	$41,45 \pm 13,26^a$
	♂	$39,28 \pm 4,87^a$	$29,86 \pm 3,71^a$	$31,11 \pm 5,96^a$
ADF	Globale	$36,25 \pm 3,60^a$	$31,77 \pm 1,60^a$	$33,82 \pm 3,20^a$
	♀	$38,25 \pm 0,73^a$	$32,14 \pm 2,25^a$	$33,92 \pm 1,82^a$
	♂	$34,26 \pm 4,46^a$	$31,41 \pm 0,96^a$	$33,68 \pm 4,73^a$
NDF	Globale	$32,52 \pm 4,34^a$	$28,90 \pm 1,18^a$	$30,00 \pm 3,05^a$
	♀	$36,06 \pm 0,91^a$	$28,03 \pm 1,09^a$	$29,77 \pm 0,91^a$
	♂	$28,99 \pm 2,98^a$	$29,77 \pm 0,15^a$	$30,34 \pm 4,71^a$
Hémicellulose	Globale	$31,24 \pm 4,75^a$	$30,44 \pm 3,42^a$	$32,68 \pm 2,47^a$
	♀	$32,33 \pm 7,15^a$	$30,33 \pm 5,40^a$	$34,26 \pm 2,42^a$
	♂	$30,15 \pm 1,31^a$	$30,55 \pm 0,29^a$	$31,10 \pm 2,93^a$

a, sur une même ligne, les valeurs accompagnées d'une même lettre sont comparables au seuil de probabilité de 5% ( $p < 0,05$ )

## *Discussion générale*

À la lumière de nos résultats, il apparaît que l'exposition des poussins à la chaleur à un âge précoce ainsi que le retrait alimentaire durant le coup de chaleur contribuent à la diminution de l'ingestion alimentaire : -6% en phase de croissance pour les 2 lots expérimentaux et -4,8 et -5,6% respectivement pour les lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub> en phase de finition. Il en est de même pour le poids vif avec des diminutions estimées à -2,2% en phase de croissance, -6,5 et -2,8% respectivement pour les lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub> en phase de finition. En revanche, l'indice de consommation est légèrement amélioré chez les poulets du lot T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub> (1,81 et 1,76 contre 2,04 chez les poulets témoins).

Toutefois, le taux de mortalité a été légèrement réduit chez les poulets du lot T<sup>-</sup> sans que l'effet ne soit significatif. Ce résultat peut traduire une probable acquisition d'une thermorésistance lors du déroulement de l'élevage avec des expositions quotidiennes et répétées à de hautes températures telles que observées lors de notre expérimentation.

Cette hypothèse pourrait favoriser un élargissement de la zone de neutralité thermique des poulets du lot T<sup>-</sup> d'où un meilleur comportement et une meilleure résistance à la chaleur de ces derniers.

Au niveau du tractus digestif, les résultats obtenus suivent la même tendance que ceux des performances zootechniques. L'exposition des poussins à la chaleur à jeune âge et le retrait alimentaire pratiqué en fin d'élevage ont contribué à une altération légère tant au niveau du poids que de la longueur des différents compartiments du tractus digestif. Ces altérations provoquées par les contraintes thermiques seraient en relation avec la diminution du temps de transit provoqué par une diminution relative de la longueur du tube digestif réduisant ainsi la durée du processus digestif tel que rapporté par BONNET (1995).

Quant à l'utilisation digestive des nutriments. Les poulets du lot T<sup>-</sup>, de part leur éventuelle acclimatation à la chaleur durant le déroulement de notre essai, semblent avoir de meilleures utilisations digestives par rapport aux poulets du lot T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>. Celles-ci sont supérieures de (+21 et +21% pour la matière grasse, +6,3 et +8% pour les protéines brutes et de -3,7 et +9,9% pour l'amidon) respectivement pour les lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub> comparé au lot T<sup>-</sup>. Cette altération de la digestibilité observée en conditions de stress thermique peut être comme relatée par la bibliographie, la résultante d'une diminution du poids du pancréas révélant une baisse de la synthèse enzymatique, et par conséquent, des dégradations enzymatiques dans la lumière intestinale. La moindre digestibilité serait également en rapport avec l'augmentation de l'humidité du contenu digestif, cette dernière diluerait les enzymes secrétées dans le tube digestif limitant ainsi l'action des attaques enzymatiques.

Enfin, une réorientation du sang vers la périphérie en vue d'augmenter les échanges thermiques avec le milieu, pourrait limiter le passage des nutriments dans le sang, confortant ainsi l'alternation de la digestibilité des nutriments.

Toutefois, il est à signaler que nous restons prudents quant à la lecture de ces résultats, le traitement de l'acclimatation précoce s'étant déroulé dans le même bâtiment abritant les poulets témoins, ce qui pourrait modifier la réponse des poulets aux conditions d'ambiance de notre expérimentation.

## *CONCLUSION*

## *Conclusion générale*

Notre travail a permis de recueillir des informations relatives à l'impact des techniques d'acclimatation précoce et du retrait alimentaire chez le poulet de chair élevé en conditions ambiantes proches de celles rencontrées sur le terrain en saison estivale.

Les conditions de réalisation de l'acclimatation n'étant pas correctement réunies (absence d'un deuxième local pour exposer à température élevée les poussins au 5<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jour d'âge), nous n'avons pu observer de façon significative les bénéfices de cette technique.

Néanmoins, le jour du coup de chaleur (J46), les poulets ayant été acclimatés ont montré une tendance à une meilleure thermotolérance reflétée par de moins fortes mortalités liées aux températures rectales plus faibles que celles des sujets témoins.

Le retrait de l'aliment dans les conditions que nous avons observées (6 heures durant le choc thermique) n'a eu d'effet escompté sur le taux de mortalité des poulets.

Quoique de façon non significative, il apparaît que les conditions d'ambiance observées en cours d'élevage (stress thermique chronique) aient entraîné une réduction de la longueur des différentes portions intestinales mesurées.

Dans nos conditions expérimentales, la digestibilité des nutriments n'a pas été modifiée. Toutefois, la réduction relative des mensurations des sites de la digestion enzymatique et d'absorption des nutriments, auxquels se greffent la qualité médiocre de l'aliment et l'effet de la chaleur en cours d'élevage, expliquent les mauvaises performances technico-économiques observées.

La mesure des performances zootechniques des poulets de chair ainsi que celles de la morphométrie des organes digestifs et de la digestibilité des nutriments méritent d'être réalisées de nouveau, mais en conditions plus rigoureuses d'application de la technique d'acclimatation.

Quant à l'impact de la restriction alimentaire sur les performances zootechniques des poulets de chair élevés en conditions chaudes et soumis à un choc thermique en fin d'élevage, il devra être mesuré après retrait de l'aliment sur une durée plus longue.

*RÉFÉRENCES*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

## *Références bibliographiques*

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

**AFNOR, 1985.** Norme V18-100. Pages 89–93 *in*: Recueil de normes françaises. Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. Deuxième édition. Association Française de Normalisation, Paris, France.

**AHMAD T., KHALID T., MUSHTAQ T., MIRZA M.A., NADEEM A., BABAR M.E., et AHMAD G., 2008.** Effect of potassium chloride supplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. *Poultry Science*. 87: 1276-1280.

**AHMED S.M.N., 2005.** Studies on the thermoregulation of local chickens. Mémoire de magister. Department of Animal Production Faculty of Agriculture Al-Azhar University. 133 pages.

**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 P.A., PADILHA J.C.F., et GUILLAUMIN S., 1996.** Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poultry Science*. 75: 505–513.

**AÏN BAZIZ H., DAHMANI Y., BEDRANI L., MOKRANI N., BOUDINA H., et TEMIM S., 2010.** Effet de la complémentation de l'eau de boisson en chlorure de potassium, bicarbonate de sodium et vinaigre sur les performances de croissance, la qualité de la carcasse et la température corporelle du poulet de chair soumis à une température ambiante élevée. *Livestock Research for Rural Development*. 22: 21.

**AÏT-BOULAHCEN A., GARLICH J.D., et EDENS F.W., 1995.** Potassium chloride improves the thermotolerance of chickens exposed to acute heat stress. *Poultry Science*. 74: 75–87.

**AÏT-BOULAHCEN A., 2005.** Les bonnes pratiques en production avicole. Volaille de Tunisie. *Revue Scientifique et technique du secteur avicole en Tunisie*. 3.

**ALLAB A., et BELHOUS S., 2009.** Diagnostic et perspectives d'amélioration de l'aviculture en Algérie : cas de l'élevage de poulet de chair dans la wilaya de Jijel. Ingéniorat en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach (Alger). 83 pages.



**ALLAGUI E., CHAKROUN C., et AMOR R., 2004.** L'approche thématique de la lutte contre les coups de chaleur. Volaille de Tunisie. Revue Scientifique et Technique du Secteur Avicole en Tunisie. 33-39.

**ALLAGUI M.S., HFAIEDH N., CROUTE F., GUERMAZI F., VINCENT C., SOLEILHAVOUP J.P., et EL FEKI A., 2005.** Side effects of low serum lithium concentrations on renal, thyroid, and sexual functions in male and female rats. Comptes Rendus Biologies. 328 (10-11): 900-911.

**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.

**ANONYME., 1997.** Gestion technique des bâtiments avicoles. Sciences et Techniques Avicoles. Hors série. [http://www.itavi.asso.fr/publications/revues/sommHS\\_97.php](http://www.itavi.asso.fr/publications/revues/sommHS_97.php)

**AOYAGI Y., TASAKI I., OKUMURA J.I. et MURAMATSU T., 1988.** Effect of low ambient temperature on protein turnover and heat production in chicks. Comparative Biochemistry and Physiology. 89: 433-436.

**ARBOR ACRES, 2007.** Breeder management guide.

**ARBOR ACRES PLUS, 2007.** Broiler performance objectives.

**ARBOR ACRES PLUS, 2009.** Broiler nutrition specification.

**ARJONA A., DENBOW D., et WEAVER W., 1988.** Effect of heat stress early in life on mortality of broilers exposed to high environmental temperatures just prior to marketing. Poultry Science. 67: 226-231.

**ARJONA A.A., DENBOW D.M., et WEAVER W.D., 1990.** Neonatally-induced thermotolerance: Physiological responses. Comparative Biochemistry and Physiology. 95: 393-399.

**AYOUB H., 1989.** Role of single gene effects on poultry production in developing countries. First French-Egyptian Symposium on Poultry Sciences and Development.

**AZEROUL E., 2009.** Aviculture au Maroc. Institut Royal des Techniques Spécialisées en Elevage Fourat-Kenitra (Maroc). <http://www.aviculturemaroc.com/elevage.html>

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

**BALNAVE D., et MUHEEREZA S.K., 1997.** Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate. *Poultry Science*. 76: 588-593.

**BANERJEE A.K., BORDAS A., et MÉRAT P., 1982.** Sex linked dwarf (*dw*) gene in White Leghorn laying hens under normal or hot temperature. *Annales de Génétique et de Sélection Animale*. 14: 135-160.

**BEDRANI L., 2009.** Impact de la technique d'acclimatation précoce sur la croissance et l'état sanitaire du poulet de chair élevée en ambiance chaude. Magister en Sciences Vétérinaires, Ecole National Vétérinaire, El Harrach (Alger). 91 pages.

**BÉGOS P., 2004.** La volaille régule difficilement les fortes températures. *Actualités Agricoles*. Paysan Breton en Bretagne. [www.paysan-breton.fr](http://www.paysan-breton.fr)

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

**BISIMWA C., 2004.** Troupeaux et cultures des tropiques : les principales races en aviculture, choix d'un site pour l'élevage de volaille, la conduite de l'alimentation du poulet de chair en climat chaud. Le centre agronomique et vétérinaire tropical de Kinshasa. 1(2): 4-36.

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

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

**BORGES S. A., FISCHER DA SILVA A.V., MAJORKA A., HOOGE D.M., et CUMMINGS K.R., 2004.** Physiological responses of broilers chickens to heat stress and Dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poultry Science*. 83: 1551-1558.

**BOUDOUMA D., 2008.** Valorisation du son de blé en alimentation des volailles. Thèse de Doctorat d'état, Institut National Agronomique, Alger. 163 pages.

**BOUGON M., LE MENEZ M., BALAINE L., et LAUNAY M., 1996.** Influence d'un stress thermique à 5 jours et d'une mise à jeun des poulets lors d'un coup de chaleur à 37 jours sur la mortalité. *Sciences et Techniques Avicoles*. 14: 4-11.

**BOUZOUAIA M., 2005.** Technique d'élevage des volailles en climat chaud. Volaille de Tunisie. Revue Scientifique et technique du secteur avicole en Tunisie. 3.

**BRAY G.A., et YORK D.A., 1979.** Hypothalamic and genetic obesity in experimental animals: an autonomic and endocrine hypothesis. Physiology Reviews. 59: 719-809.

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

**CERNIGILIA G.J., HERBERT J.A., et WATTS A.B., 1983.** The effect of constant ambient temperature and ration on the performance of sexed broilers. Poultry Science. 62 (5): 746-754.

**CHAKROUN C., 2004.** Les effets de la chaleur en aviculture. Volaille de Tunisie revue scientifique, technique du secteur avicole en Tunisie. 33.

**CHWALIBOG A., et THORBEEK G., 1989.** Fasting heat production in chickens. Arch. Geflugelk. 53: 54-57.

**COQUERELLE G., 2000.** Les poules : principaux gènes affectant la structure, la longueur, ou la répartition des plumes. INRA édition. 95-110.

**DAHMAN A., et ZAOUI G., 2008.** Diagnostic et perspectives d'amélioration de l'aviculture en Algérie : cas de l'élevage de poulet de chair dans la wilaya de Mascara. Ingéniorat en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach (Alger). 72 pages.

**DAI N.V., et BESSEI W., 2007.** Potassium chloride supplementation in drinking water of laying hens as a means to maintain high productivity under high ambient temperature. Conference on International Agricultural Research for Development. University of Kassel-Witzenhausen and University of Gottingen.

**De BASILIO V., 1999.** L'acclimatation précoce et l'alimentation alternée augmentent la résistance des poulets de chair mâles soumis à un stress thermique. Mémoire DEA, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Rennes, France. 23 pages.

**De BASILIO V., OLIVEROS I., VILARIÑO M., DIAZ J., LEON A., et PICARD M., 2001a.** Intérêt de l'acclimatation précoce dans les conditions de production des poulets de chair au Venezuela. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. 56: 159-167.

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

**De BASILIO V., VILARIÑO M., LEON A., et PICARD M., 2001c.** 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: 60-68.

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

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

**DEEB, N., et CAHANER A., 1999.** The effects of Naked Neck genotypes, ambient temperature, and feeding status and their interactions on body temperature and performance of broilers. *Poultry Science*. 78: 1341–1346.

**DIBNER J.J., ARWELL C.A., et IVEY F.J., 1992.** Effect of heat stress on 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and DL-Methionin absorption measured in vitro. *Poultry Science*. 71: 1900-10.

**EL HUSSEINY O., et CREIGER C.R., 1980.** The effect of ambient temperature on carcass energy gain in chickens. *Poultry Science*. 59: 2307-2311

**ERNST W.E., KINDT S., NAIR K. P. R., et TÖRRING T., 1984.** Determination of the ground-state dipole moment of CaCl from molecular-beam laser-microwave double-resonance measurements. *Physical Review*. 29: 1158–1163.

**FATHY ABD-EL TWAB A.E.H., 2006.** Study of some anti-heat stress procedures in broilers. These de magister. Agricultural Science Animal Production (Poultry Physiology) Department of Animal Production Faculty of Agriculture Al-Azhar University. 47 pages.

**FILHO FARIA E., CAMPOS D.M.B., ALFONSO-TORRES K.A., VIEIRA B.S., ROSA P.S., VAZ A.M., MARCOS MACARI M., et FURLAN R.L., 2007.** Protein levels for heat-exposed broilers: performance, nutrients digestibility, and energy and protein metabolism. *International Journal of Poultry Science*. 6 (3): 187-194.

**FRAICHARD A., CHASSANDE O., PLATEROTI M., ROUX J.P., TROUILLAS J., DEHAY C., LEGRAND C., GAUTHIER K., KEDINGER M., MALAVAL L., ROUSSET B., et SAMARUT J., 1997.** The T3R  $\alpha$  gene encoding a thyroid hormone receptor is essential for postnatal development and thyroid hormone production. *Molecular Biology of Disease*. 16: 4412.

**FRANCIS C.A., MAC LEOD M.G., et ANDERSON J.E.M., 1991.** Alleviation of acute stress by food withdrawal or darkness. *British Poultry Science*. 32 : 219-225.

**GANONG W.F., et JOBIN M., 2005.** Adapté de *Physiologie Médicale*. Edition De Boeck. Collection Sciences médicales. 849 pages.

**GAROSI L., MAC CONNELL J.F., PLATT S.R., BARONE G., BARON J.C., DE LAHUNTA A., et SCHATZBERG S.J., 2006.** Clinical and topographic magnetic resonance characteristics of suspected brain infarction in 40 dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 20 (38): 311-321.

**GARRIGA C., HUNTER R.R., PLANAS J.M., MITCHELL M.A., et MORETO M., 2005.** Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. *Animal Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 290: 195-201.

**GERAERT P.A., 1991.** Métabolisme énergétique du poulet de chair en climat chaud. *INRA Production Animale*. 4(3): 257-267.

**GERAERT P.A., GUILLAUMIN S., et LECLERCQ B., 1993.** Are genetical lean broiler more resistant to the hot climate. *British Poultry Science*. 34: 643–653.

**GERAERT P.A., PADILHA J.C.F., et GUILLAUMIN S., 1996.** Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. *British Journal of Nutrition*. 75: 195–204.

**GERAERT P.A., BONNET S., LESSIRE M., CARRE B., et GUILLAUMIN S., 1997.** Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poultry Science*. 76: 857-863.

**GHISLAINE R., 2002.** Jamais sans leur eau. *Bulletin des agriculteurs*. Juin 2002.  
[http:// www.lebulletin.com/magazine/sommaire/show\\_magazine](http://www.lebulletin.com/magazine/sommaire/show_magazine)

**GILLES R., 2006.** *Physiologie animale*. Edition De Boeck Université. 675 pages.

**GUIBERT J.M., 2005.** Alimentation des pondeuses en climat chaud. *Revue Scientifique, Technique et Economique du Secteur Avicole en Tunisie*. 35.

**HASSAN A.M., MAY ABDELAZEEM H., et REDDY P.G., 2009.** Effect of some water supplements on the performance and immune system of chronically heat-stressed broiler chicks. *International Journal of Poultry Science*. 8(5): 432-436.

**HAYASHI K., KANEDA S., OTSUKA A., et TOMITA Y., 1992.** Effects of ambient temperature and thyroxine on protein turnover and oxygen consumption in chicken skeletal muscle. *Nineteenth World's Poultry Congress Mulder*. 2: 93-96.

**HAYASHI I., OYAMA T., et MORIKAWA K., 2001.** Structural and functional studies of MinD ATPase: implications for the molecular recognition of the bacterial cell division apparatus. *Journal of the European Molecular Biology Organization*. 20: 1819–1828.

**HENKEN A.M., GROOTE SCHAARSBERG A.M., et NIEUWLAND M.G., 1982.** The effect of environmental temperature on immune response and metabolism of the young chicken. 3. Effect of environmental temperature on the humoral immune response following injection of sheep red blood cells. *Poultry Science*. 62: 51-58.

**HILLMAN P.E., SCOTT N.R., et VAN TIENHOVEN A., 1985.** Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. *Stress physiology in Livestock*. 3: 1-71.

**HOWLIDER M.A.R., et ROSE S.P., 1987.** Temperature and the growth of broilers. *World's Poultry Science Journal*. 43: 228-237.

**HOWLIDER M.A.R., et ROSE S.P., 1989.** Rearing temperature and the meat yield of broilers. *British Poultry Science*. 30: 61-67.

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

**KIDD M.T., BARBER S.J., VIRDEN W.S., DOSIER W.A., CHAMBLEE D.W., et WIERNUSZ C.G., 2003.** Threonine response of Cobb male finishing broiler in differing environmental conditions. *The Journal of Applied Poultry Research*. 12: 115-123.

**KNIGHT C.D., WUELLING C.W., ATWELL C.A., et DIBNER J.J., 1994.** Effect of intermittent periods of high environmental temperature on broiler performance responses to sources of methionine activity. *Poultry Science*. 73: 627-639.

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

**LAMBERT G.P., GISOLFI C.V., BERGS D.G., MOSELEY P.L., CHARLEY L.W., et KREGEL K.C., 2002.** Selected contribution : hyperthermia-induced intestinal permeability and the role of oxidative nitrosative stress. *Journal of Applied Physiology*. 92 : 1750-1761.

**LARBIER M., et LECLERCQ B., 1992.** Nutrition et alimentation des volailles, INRA Edition, Paris. 355 pages.

**LETERRIER C., COLINA Y., COLLIN A., BASTIANELLI D., CONSTANTIN P., et De BASILIO V., 2009.** Effets d'élévation tardive de la température ambiante sur la température corporelle et l'hyperventilation chez le poulet. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole.

**LI Y., ITO T., NISHIBORI M., et YAMAMOTO S., 1992.** Effects of environmental temperature on heat production associated with food intake and on abdominal temperature in laying hens. *British Poultry Science*. 33: 113-122.

**LIEW P.K., ZULKIFLI I., HAIR-BEJO M., OMAR A.R., et ISRAF D.A., 2003.** Effects of early age feed restriction and heat conditioning on heat shock protein 70 expression, resistance to infectious bursal disease, and growth in male broiler chickens subjected to heat stress. *Poultry Science*. 82: 1879-1885.

**LIN H., JIAO H.C., BUYSE J., et DECUYPERE E., 2006.** Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science*. 62: 71-85.

**LOZANO C., De BASILIO V., OLIVEROS I., ALVAREZ R., COLINA I., BASTIANELLI D., YAHAV S., et PICARD M., 2006.** Is sequential feeding a suitable technique to compensate for the negative effects of tropical climate in finishing broilers? *Animal Research*. 55: 71-76.

**MAC DOUGAL L.R., et MAC QUINSTON T.E., 1980.** Mortality in heat stress in broiler chickens influenced by anticoccidial drugs. *Poultry Science*. 39: 2421-2425.

**MAC LEAN J., SAVORY C., et SPARKS N., 2002.** Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density, as indicated by performance, health and behaviour. *Animal welfare*. 11: 55-73.

**MAHMOUD K.Z., BECK M.M., SCHEIDELER S.E., FORMAN M.F., ANDERSON K.P., et KACHMAN S.D., 1996.** Acute high environmental temperature and calcium-estrogen relationship in the hen. *Poultry Science*. 75: 1555-1562.

**MAHMOOD S., HASAN S., AHMED F., ASHRAF M., ALAM M., et MUZAFFAR A., 2005.** Influence of feed withdrawal for different durations on the performance of broilers in summer. *International Journal of Agriculture and Biologie*. 7 (6): 975-978.

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

**MAY J., 1995.** Ability of broilers to resist heat following neonatal exposure to high environmental temperature. *Poultry Science*. 74: 1905-1907.

**MBAJIORGU C.A., NG'AMBI D., et NORRIS D., 2007.** Effect of time of initiation of feeding after hatching and influence of dietary ascorbic acid supplementation on productivity, mortality and carcass characteristics of Ross 308 broiler chickens in South Africa. *International Journal of Poultry Science*. 6 (8): 583-591.

**MELTZER A., 1987.** Acclimatization to ambient temperature and its nutritional consequences. *World Poultry Science Journal*. 43: 33-34.

**MÉRAT P., 1986.** Potential usefulness of the Na (naked-neck) gene in poultry production. *World's Poultry Science*. 42: 124-142.

**MERLOT E., 2004.** Conséquence du stress sur la fonction immunitaire chez les animaux d'élevage, *INRA Production Animale*. 17 (4): 255-264.

**MITCHELL M.A., et GODDARD C., 1990.** Some endocrine responses during heat stress induced depression of growth in young domestic fowls. *Proceedings of the Nutrition Society*. 49: 129.

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

**MÔREKI J.C., 2008.** Feeding strategies in poultry in hot climates. *Poultry Today*. 0601.

**NASEEM M.T., SHAMOON NASSEEM M., YOUNIS ZAFAR IQBAL CH., AAMIR GHAFOOR A.A., et 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.

**N'DRI A.L., 2006.** Etude des interactions entre génotype et environnement chez le poulet de chair et la poule pondeuse. Thèse de doctorat. Département des sciences animales. Institut National Agronomique paris-grignon. 225 pages.

**NORMAND J., 2007.** Conduite d'élevage et alimentation des volailles. *Afrique Agriculture*. 357.



**ÖZKAN S., AKBAS Y., ALTAN O., ALTAN A., AYHAN V., et ÖZKAN K., 2003.** The effect of short-term fasting on performance traits and rectal temperature of broilers during the summer season. *British Poultry Science*. 44: 88-95.

**PADILHA J.F.C., 1995.** Influence de la chaleur sur le métabolisme énergétique et sa régulation chez les poulets en croissance. Thèse de Doctorat de l'Université de Tours. 205 pages.

**PILARDEAU P., 1995.** Biochimie et nutrition des activités physiques et sportives. Tome 2 Masson, Abrégés, Paris. 571 pages.

**PITON I., 2004.** Canicule et reproduction chez la vache laitière. Résultats à partir d'une enquête dans des élevages du Rhône. Thèse de Doctorat en Sciences Vétérinaires. Université de Lyon. 208 pages.

**PURON D., et RAUL SANTAMARIA S.J.C., 1997.** Sodium bicarbonated and broiler performance at high stocking densities in a tropical environment. *Journal Applied Poultry Research*. 6: 433-448.

**PUTHPONGSIRIPORN U., SCHEIDELER S.E., SELL J.L., et BECK M.M., 2001.** Effects of vitamin E and C supplementation on performance, in vitro lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poultry Science*. 80 (8): 1190-1200.

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

**RINCON, M.U., et LEESON D.S., 2002.** Quantitative and qualitative feed restriction on growth characteristics of male broiler chickens. *Poultry Science*. 81: 679-88.

**ROUSSAN D.A., KHWALDEH G.Y., HADDAD R.R., SHAHEEN I.A., SALAMEH G., et AL RIFAI R., 2008.** Effect of ascorbic acid, acetylsalicylic acid, sodium bicarbonate, and potassium chloride supplementation in water on the performance of broiler chickens exposed to heat stress. *Journal Applied Poultry Research*. 17: 141-144.

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

**SCHEPKENS E., 2005.** Chronique vétérinaire. Les examens complémentaires. Autopsie, prélèvements. *Revue Coin du véto*. Numéro 116.  
[http://www.colombophiliefr.com/Veto/art\\_schepkens/sch\\_mar05.htm](http://www.colombophiliefr.com/Veto/art_schepkens/sch_mar05.htm)

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

**SMITH M.O., et TEETER RG., 1988.** Effects of potassium chloride and fasting on broiler performance during summer. *Animal Science Research Report*. 18: 255-258.

**SMITH M.O., 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.

**SONAIYA E.B., 1988.** Fatty acid composition of broiler abdominal fat as influenced by temperature, diet, age and sex. *British Poultry Science*. 29: 589-595.

**SOUTYRINE A.G., SMITH M.O., et SIVANADIA B., 1998.** Feed withdrawal, potassium, chloride and carbonated water effect on broiler thermotolerance. *Journal of Applied Poultry Research*. 7: 138-143.

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

**SYKES A., et FATAFTAH A., 1986.** Acclimatization of the fowl to intermittent acute heat stress. *British Poultry Science*. 2: 289-300.

**TEMIM S., CHAGNEAU A.M., PERESSON R., MICHEL J., GUILLAUMIN S., et TESSERAUD S., 1998.** Muscle protein turnover in broiler chickens: effects of high ambient temperatures and dietary protein intake. *Premières Journées Francophones de Nutrition*, Paris, France. *Reproduction Nutrition Développement*. 38: 190

**TEMIM S., CHAGNEAU A.M., PERESSON R., MICHEL J., GUILLAUMIN S., et 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., 2000.** Effet de l'exposition chronique à la chaleur et de l'ingère protéique sur le métabolisme protéique du poulet de chair en finition. Thèse de Doctorat d'état, Université d'Aix Marseille. 109 pages.

**TEMIM S., BEDRANI L., AIN BAZIZ H., GHAOUI H., KADDOUR R., BOUDINA H., ADJOU K., COLLIN A., et TESSERAUD S., 2009.** Effet de l'acclimatation précoce sur les performances de croissance et la morphométrie intestinale des poulets de chair élevés en conditions estivales méditerranéennes. *European Journal of Scientific Research*. 38 (1): 110-118.

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

**THIEBAULT J., 2000.** Thermorégulation des homéothermes. Cours théorique de physiologie. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon. 20 pages.

**TOUTAIN P.L., et COMBRISSEON H., 1990.** Thermorégulation et reproduction. *In: Association pour l'étude de la reproduction animale. Influence de l'environnement sur la reproduction. Maisons-Alfort*. 1-17.

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

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

**VALANCONY H., 1996.** Les moyens de lutte contre le coup de chaleur. Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole. 153-160.

**VATHANA S., KANG K., LOAN C.P., THINGGAARD G., KABASA J.D., et TER MEULEN U., 2002.** Effect of vitamin C supplementation on performance of broiler chickens in Cambodia. *Deutscher Tropentag. Symposium "Challenges to organic farming and sustainable land use in the tropics and subtropics"* October 9-11, 2002. University of Kassel, Witzenhausen, Germany.

**VILLEMIN P., 1984. Cité in : BEDRANI L., 2009.** Impact de la technique d'acclimatation précoce sur la croissance et l'état sanitaire du poulet de chair élevée en ambiance chaude. *Magister Sciences Vétérinaire. Ecole National Vétérinaire, El Harrach (Alger)*. 91 pages.

**WAIBEL P.E., et MACLEOD M.G., 1995.** Effect of cycling temperature on growth, energy metabolism and nutrient retention of individual male turkeys. *British Poultry Science*. 36: 39-49.

**WALLIS I.R., et BALNAVE D., 1984.** The influence of environmental temperature, age and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chickens. *British Poultry Science*. 25: 401-407.

**WHITTOW G.C., 2000.** Regulation of body temperature. P.D. Sturkie's edition. *Avian physiology. Fourth edition*. 334-379. Academic Press. New York.

**WIERNUSZ C.G., et TEETER R.G., 1996.** Acclimatation effects on fed and fasted broiler thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. *British Poultry Science*. 37: 677-687.

**WILSON H. R., MATHER F.B., BRIGNON R.L., BESCH E.L., DUGAN V.P., et BOULOS N.Z., 1989.** Feeding time and body temperature interactions in broiler breeders. Poultry Science. 68: 608-616.

**WOLFENSON D., FREI YAEL F., SNAPIR N., et BERMAN A., 1981.** Heat stress effects on capillary blood flow and its redistribution in the laying hen. European Journal of Physiology. 390: 86-93.

**YAHAV S., GOLDFELD S., PLAVINK I., et HURWITZ S., 1995.** Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. Journal of Thermal Biology. 20: 245-252.

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

**YAHAV S., SHAMAI A., HOREV G., BAR-ILAN D., GENINA O., et FIEDMAN-EINAT M., 1997.** Effect of acquisition of improved thermotolerance on the induction of heat shock proteins in broiler chickens. Poultry Science. 76: 1428-1434.

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

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

**YAHAV S., et MAC MURTY 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.

**YAHAV S., STRASCHNOW A., WAX E., RAZPAKOVSK V., et SHINDER D., 2001.** Wind velocity alters broiler performance subjected to harsh environmental conditions. Poultry Science. 80: 1662-1666.

**YAHAV S., SASSON RATH R., et SHINDER D., 2004.** The effect of thermal manipulation during embryogenesis of broiler chicks (*Gallusdomesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch. Journal of Thermal Biology. 29: 245-250.

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

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

**YUNianto VD., HAYASHI K., KANEDA S., OHTSUKA A., et 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.

**ZULKIFLI I., CHE NORMA M.T., ISRAF D.A., et OMAR D.A., 2000.** The effect of early age feed restriction on subsequent response to high environmental temperatures in female broiler chickens. *Poultry Science*. 79: 1401-1407.

**ZUPRIZAL M., LARBIER A., CHAGNEAU M., et GERAERT P.A., 1993.** Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers. *Poultry Science*. 72: 289-295.

# *ANNEXES*

## ANNEXES

### Annexe 1: Caractéristiques chimiques de l'aliment démarrage du poulet de chair

Caractéristiques	Aliment démarrage
Matière sèche (%)	88,50
Energie métabolisable (kcal/kg)	2810 - 2900
Protéines brutes (%)	21
Matière grasse brute (%)	2,9
Cellulose brute (%)	3,8
Calcium (%)	1,10
Phosphore (%)	0,72
Sodium (%)	0,16
Chlore (%)	0,25
Potassium (%)	0,90
Magnésium (%)	0,18
Manganèse (mg)	100
Zinc (mg)	100
Fer (mg)	85
Cuivre (mg)	20
Iode (mg)	1,5
Cobalt (mg)	0,5
Sélénium (mg)	0,25
Lysine (%)	1,1
Méthionine (%)	0,47
Méthionine plus Cystine (%)	0,88
Thréonine (%)	0,82
Tryptophane (%)	0,30
Anticoccidien Monensin Na (mg)	100

**Annexe 2 : Caractéristiques chimiques de l'aliment croissance et finition du poulet de chair**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Aliment croissance</b>	<b>Aliment finition</b>
<b>Au minimum</b>		
Energie métabolisable (kcal/kg)	2900	2950
Protéines brutes (%)	19	17
Acides aminés :		
- Méthionine	0,38	0,36
- Lysine	0,88	0,8
Matière grasse (%)	2,5	2,5
Calcium (%)	0,8	0,8
Phosphore (%)	0,7	0,7
Cellulose (%)	4	4
<b>Au maximum</b>		
Humidité (%)	14	14
Cellulose (%)	4	4
Matière minérale (%)	5,5	5,5
Vitamines (mg/100kg)		
Vit A (UI)	1018000	1018000
Vit D3 (UI)	203 000	203 000
Vit B1	200	410
Vit B2	400	410
Vit B3	800	480
Vit B6	90	98
Vit B12	02	02
Vit E	1500	1060
Vit K3	300	240
Vit PP	2500	2530
Acide folique	50	-
Biotine	-	-
Vitamine C	-	-
Chlorure de choline	53	-
<b>Oligo-éléments :(mg/100kg)</b>		
Fer	760	760
Cuivre	760	760
Zinc	4500	4500
Cobalt	90	90
Sélénium	05	05
Iode	90	98
Magnésium	1200	1200
Manganèse	7300	7300
Soufre	830	830
<b>Supplémentations :</b>		
Antioxydant B.H.T (ppm)	125	125
Anticoccidien salinomycine (ppm)	60	60
Semduramycine (ppm)	22,5	
Acide aminé DL Méthionine (%)	0,08	



**Annexe 3:** Programme de prophylaxie suivi durant l'essai

Date (jours)	Traitements
J8	Vaccination contre la maladie de New Castle
J15	Vaccination contre la maladie de Gumboro
J22	Vitamine AD3EK
J23	Traitement préventif contre la coccidiose
J29	Rappel de vaccination contre la maladie de New Castle

## *Résumé*

Le travail réalisé a pour objectif d'apprécier l'effet de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur les performances zootechniques des poulets de chair élevés en conditions ambiantes chaudes et soumis à un stress thermique aigu en fin d'élevage. Par ailleurs, cette étude a permis d'évaluer l'impact de ces deux traitements sur la morphométrie du tractus digestif et sur la digestibilité des nutriments.

Dans les conditions de notre étude, ces deux traitements n'ont pas eu d'effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur la consommation alimentaire, le poids vif, l'indice de consommation ainsi que sur le taux de mortalité.

L'acclimatation et le retrait alimentaire n'ont pas eu d'incidence significative sur la taille des compartiments du tube digestif. Les poulets du lot T<sup>-</sup> comparés aux autres traitements (T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>) présentent des longueurs moyennes de duodénum de : +2,6 et -1,6%, pour le jéjunum, les différences sont de l'ordre de : +4,6 et -10,5% et pour les longueurs de l'iléon, nous observons des différences de : +10,7 et +2,2%. Il en est de même pour les poids relatifs de ces compartiments, l'iléon présente des poids moyens relatifs de :  $0,57 \pm 0,10$  ;  $0,66 \pm 0,13$  et  $0,52 \pm 0,10$  respectivement pour les sujets des lots T<sup>-</sup>, T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>.

Par ailleurs, les coefficients d'utilisation digestive des nutriments de l'aliment ne sont pas améliorés par la technique d'acclimatation et celle du retrait alimentaire. Les poulets du lot T<sup>-</sup> comparés aux autres traitements (T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>) présentent des digestibilités relativement plus élevées de +11,5 pour la MG et de +11,6%, pour les MAT, les différences observées sont de : +5 et +4,5%, il en est de même pour l'EMa, les différences sont de l'ordre de : +1 et +4,9%. Quant à la digestibilité de l'amidon chez les poulets T<sup>-</sup>, elle s'éloigne de -2 et +5,3% de celle des sujets des lots T<sup>+</sup> et T<sub>R</sub>.

Cet ensemble de résultats est à prendre avec précaution, car l'acclimatation précoce s'étant déroulée dans le même bâtiment abritant les poulets témoins, ces derniers ont pu acquérir également une thermorésistance qui a masqué la réponse spécifique aux animaux expérimentaux.

Mots clés : Acclimatation précoce, Retrait alimentaire, Poulet de chair, Stress thermique, Morphologie digestive, Utilisation digestive.

## *Summary*

The first objective of this experiment is to appreciate the effect of the early acclimatization and the feed withdrawal on performances of broilers raised in ambient conditions hot and subjected to an acute thermal stress at the end of the breeding. The second objective is to evaluate the impact of these both treatments on the morphometry of the digestive tract and on the digestibility of the nutrients.

Under the conditions of this study, these two treatments had not a significant effect ( $p < 0,05$ ) on food consumption, the live weight, the index of consumption and on percent of mortality.

The early acclimatization and the feed withdrawal had not a significant incidence on the size of the compartments of the digestive tract. The chickens of the group  $T^-$  as compared with other treatments ( $T^+$  and  $T_R$ ) presents lengths of duodenum of : +2,6 and -1,6%, for the jejunum, the differences are about : +4,6 and -10,5% and for the lengths of the ileum, we observe differences of : +10,7 and +2,2%. It is the same case for the relative weights for these compartments, the ileum's presents the relative weights of :  $0,57 \pm 0,10$  ;  $0,66 \pm 0,13$  and  $0,52 \pm 0,10\%$ .

Elsewhere, digestibilities of nutrients are not improved by the acclimatization or feed withdrawal. The chickens of the group  $T^-$  as compared with other treatments ( $T^+$  and  $T_R$ ) have higher digestibilities for the MG of : +11,5 and 11,6%, for the MAT, the differences observed are of : +5 and +4,5%, it is the same case for AME, the differences are about : +1 and +4,9%. As for the digestibility of the starch, it was in chickens  $T^-$  of : -2 and +5,3% compared with the  $T^+$  groups and  $T_R$ .

We should to take these results with precautions, because the early acclimatization is unrolled in the same building sheltering pilot chickens. These latter could have acquired a thermoresistance at the time known unfolding of the breeding.

Word keys: Early acclimatization, Food withdrawal, Broiler chick, Heat stress, Digestive Morphology, Digestive use.

## ملخص

العمل المنجز هادف من جهة إلى تقييم أثر التأقلم المبكر وسحب المواد الغذائية على مردود الدجاج اللاحم المربي في الظروف المحيطة الساخنة والمعرض إلى الإجهاد الحراري الحاد في نهاية التربية ومن جهة الأخرى تقييم اثر هنتين المعاملتين على التركيبية الكيماوية من رطوبة مواد معدنية البروتينات و مواد الدسمة في عضلات الصدر و الفخض. كذلك على قيمة الكالسيوم و الفسفور.

في ظل ظروف دراستنا، هاتين المعاملتين لم تكن لهما تأثير معنوي (ف > 0,05) على استهلاك غذاء وزن الجسم مؤشر استهلاك و على نسبة الوفيات للدجاج اللاحم.

التأقلم و سحب الغذاء لم يكن لهما تأثير معنوي على قامة مقصورات الجهاز الهضمي. الدجاج الشهود و بالمقارنة مع العلاجات الأخرى (المأقلم ومسحوب الغذاء) يقدم أطوال العفج بـ +2,6 و -1,6%، بالنسبة للالصائم، الاختلافات تقدر بـ +4,6 و -10,5% وبالنسبة لأطوال الدقاق، لاحظنا خلافات بـ +10,7 و +2,2%. إنه الشيء نفسه بالنسبة للأوزان النسبية لهذه المقصورات، الوزن النسبي للدقاق كان يقدر بـ  $0,10 \pm 0,57$  ؛  $0,13 \pm 0,66$  و  $0,10 \pm 0,52$ .

وعلاوة على ذلك، فإن نسبة هضم المواد الغذائية لم تتحسن بمعاملات التأقلم وسحب المواد الغذائية. الدجاج الشهود و بالمقارنة مع العلاجات الأخرى (المأقلم ومسحوب الغذاء) يقدم نسب عالية لهضم المواد الدسمة تقدر بـ +11,5 و +11,6% ، بالنسبة للبروتينات، الاختلافات الملحوظة كانت تقدر بـ +5 و +4,5%، إنه الشيء نفسه بالنسبة للطاقة التمثيلية، الاختلافات تقدر بـ +1 و +4,9%. أما بالنسبة لهضم النشاء، كان بالنسبة للدجاج الشهود يقدر بـ -2 و +5,3% مقارنة مع فوج الدجاج المأقلم ومسحوب الغذاء على التوالي.

هذه النتائج ينبغي أن تؤخذ بحذر لأن التأقلم المبكر وقع في نفس المبنى الذي كان يحتوي الدجاج الشهود، هذا الأخير كانت لديهم القدرة على اكتساب تأقلم حراري خلال التربية، الشيء الذي يخفف من ردود فعل حيوانات التجارب.

كلمات المفتاح: التأقلم المبكر، انسحاب الغذاء، الدجاج اللاحم، الإجهاد الحراري، مورفولوجيا الجهاز الهضمي ، الاستعمال الهضمي.