

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 les performances de croissance et la qualité de la carcasse de poulet de chair élevé en conditions chaudes.

Présenté par : M^r MOUSS ABDELHAK KARIM

Jury :

Président : M^r YAKHLEF H. Professeur ENSA.

Directrice de thèse : M^{me} BOUDOUMA D. Maître de conférences ENSA.

Examineurs : M^{elle} AÏN BAZIZ H. Professeur ENSV.

M^r TRIKI S. Maître de conférences ENSA.

M^{me} 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 les performances de croissance et la qualité de la carcasse de poulet de chair élevé en conditions chaudes.

Présenté par : M^r MOUSS ABDELHAK KARIM

Jury :

Président : M^r YAKHLEF H. Professeur ENSA.

Directrice de thèse : M^{me} BOUDOUMA D. Maître de conférences ENSA.

Examineurs : M^{elle} AÏN BAZIZ H. Professeur ENSV.

M^r TRIKI S. Maître de conférences ENSA.

M^{me} MEZIANE F.Z. Chargée de cours ENSA.

Année Universitaire : 2010-2011.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à mes très chers défunts grands parents M^r MOUSS MOKHTAR, M^r TILIKETE AREZKI, M^{me} MOUSS FATMA et M^{me} TILIKETE DHAOUIA que j'adore et qui auraient été très contents de cet heureux événement et qui aurait fait certainement leur fierté. Malgré leur absence, ils sont toujours présents dans ma vie et ils m'accompagnent dans toutes mes démarches et leur image restera gravée à jamais dans ma tête. Que dieu les accueille dans son vaste paradis.

À mes très chers parents qui ont toujours été adorable avec moi et qui ne ménage aucun effort pour m'apporter de l'aide. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon affection, mon respect et ma reconnaissance pour tous leurs sacrifices et patiences dont ils ont fait preuve tout au long de mes études. J'espère seulement leur donner satisfaction et faire leur fierté.

À mes deux adorables frères YACINE et NAZIM qui m'ont aidé eux aussi à leurs façons.

À mes très chères tantes HAYET et NADIA et mes chers oncles HMIDA et DJAMEL qui m'ont soutenu et conseillé durant l'élaboration de ce travail.

À mes chères tantes : GHANIA, FADILA, MALIKA, OUIZA, FATIHA, YASMINA, SONIA, SAMIA, HAKIMA, YASMINA ainsi que leurs époux et leurs enfants.

À mes chers oncles : Tonton MIHOUB, FARID et RIADH ainsi que leurs épouses et leurs enfants.

À mes très chers cousin COUCOU et ALI pour m'avoir toujours encouragé.

À ma très chère collègue et ami DALILA ainsi que toute la famille HAMMOUCHE qui m'a aidée et soutenu tout au long de la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon profond respect et de ma haute considération.

À mes très chers amis : FAYÇAL, ABDESLEM, FOUZI, OKBA, FOUZI H, CHAFIK, NADHIR.

À tout mes camarades de promotion : DALILA, SIHEM, RACHID, ISSAM, DJAMEL, ABDELAZIZ, ABDERRAHMANE.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer tout d'abord mes sincères gratitude, en premier lieu à ma directrice de thèse : *M^{me} BOUDOUMA DALILA* pour son encadrement, sa disponibilité, sa patience ainsi que ses précieux conseils qu'elle m'a prodigués pour 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^{elle} 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 *M^r TRIKI S.* Maître de conférences à l'ENSA pour avoir apporté son aide à la réalisation de ce travail.

À *M^{me} MEZIANE F.*, chargée de cours à l'ENSA pour avoir acceptée de juger ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier également tous les enseignants de l'institut d'Agronomie de l'université de BATNA ainsi que tous les enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie qui m'ont permis d'aboutir à mes diplômes d'ingénieur et de magister.

À *M^r REKIK F.*, *M^r ABDEDDAIEM F.*, *M^r MEHENNAOUI S* et *M^r ALLOUI N* qui m'ont beaucoup aidé au niveau de l'université de BATNA.

À *M^{me} KAZI S.* technicienne de l'E.N.S.A ainsi que *M^r BENDAIKHA W* technicien au laboratoire de spectrométrie à l'université de BATNA pour leurs aides pendant les analyses chimiques.

À tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: L'équilibre thermique chez les oiseaux.....	1
I. Définition	1
II. Facteurs régulateurs de l'équilibre thermique.....	2
II.1 Production de chaleur : La thermogénèse.....	2
II.2 Pertes de chaleur : La thermolyse.....	3
II.3 Réactions thermorégulatrices en fonction de la température ambiante.....	6
II.3.1 Zone de neutralité thermique.....	6
II.3.2 Température critique inférieure (TCI).....	8
II.3.3 Température critique supérieure (TCS).....	9
Chapitre II : Réponses physiologiques et impact du stress thermique chez la volaille...	10
I. Définition du stress thermique.....	11
II. Limites de lutte de l'oiseau contre le stress thermique.....	12
III. Impact du stress thermique sur les performances zootechniques de la volaille.	12
III.1 Impact du stress thermique sur l'ingéré alimentaire.....	12
III.2 Impact du stress thermique sur la croissance.....	12
III.3 Impact du stress thermique sur la consommation de l'eau.....	13
III.4 Impact du stress thermique sur la mortalité.....	13
IV. Impact du stress thermique sur la température corporelle.....	14
V. Impact du stress thermique sur l'utilisation digestive et métabolique des nutriments.....	14
V.1 Impact du stress thermique sur l'utilisation digestive des nutriments.....	14
V.2 Impact du stress thermique sur l'utilisation métabolique des nutriments chez la volaille.....	16
V.2.1 Impact sur le métabolisme protéique.....	17
V.2.2 Impact sur le métabolisme lipidique.....	17
V.2.3 Impact sur le métabolisme glucidique.....	18
V.2.4 Impact sur la composition corporelle.....	18
Chapitre III : Moyens de lutte contre la chaleur.....	20
I. Solutions d'ordre technique.....	20
II. Solutions d'ordre nutritionnel.....	20
III. Solutions d'ordre génétique.....	21
IV. Pratique de l'acclimatation précoce.....	22

IV.1 Modalités de l'acclimatation précoce.....	23
IV.2 Caractéristiques de l'acclimatation précoce.....	25
V. Pratique du retrait alimentaire.....	26

Chapitre IV: Impact de la technique de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire chez le poulet de chair..... 28

I. Impact sur les performances zootechniques et le taux de mortalité.....	28
I.1 Impact sur la consommation alimentaire et hydrique.....	28
I.2. Impact sur le poids vif et le gain de poids.....	28
I.3 Impact sur la mortalité.	29
II. Impact sur la température corporelle.....	30
CONCLUSION BIBLIOGRAPHIQUE.....	31

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

I. Objectifs de l'étude.....	32
II. Matériel et méthodes.....	32
II.1 Matériel.....	32
II.1.1 Bâtiment d'élevage.....	32
II.1.2 Les animaux.....	33
II.1.3 Les aliments.....	38
II.2 Méthodes.....	38
II.2.1 Méthodes de mesure et de contrôle des paramètres d'ambiance.....	38
II.2.2 Méthodes de mesure des performances zootechniques.....	38
II.2.2.1 L'ingéré alimentaire.....	38
II.2.2.2 Le poids vif des poulets.....	38
II.2.2.3 L'indice de consommation.....	39
II.2.2.4 Le taux de mortalité.....	39
II.2.3 Méthodes analytiques.....	39
II.2.3.1 Méthodes de mesures biologiques.....	39
II.2.3.1.1 Méthodes de mesure de la température rectale.....	39
II.2.3.1.2 Méthodes de prélèvement des organes internes pour pesée.....	40
II.2.3.2 Méthodes de mesures chimiques.	40
II.2.3.2.1 Méthodes de mesures chimiques sur l'aliment.....	40
II.2.3.2.1.1 La teneur en matière sèche (MS).....	40
II.2.3.2.1.2 La teneur en matières minérales (MM).....	40
II.2.3.2.1.3 La teneur en protéines brutes (MAT).....	41
II.2.3.2.1.4 La teneur en matière grasse (MG).....	41
II.2.3.2.1.5 La teneur en cellulose brute (CB).....	41
II.2.3.2.2 Méthodes de mesures chimiques sur les muscles <i>Pectoralis major</i> , <i>Sartorius</i> et <i>Gastrocnemius</i>	42

II.2.3.2.2.1 Test préalable de séchage des échantillons de muscle.....	42
II.2.3.2.2.1.1 La teneur en matière sèche (MS).....	43
II.2.3.2.2.1.2 La teneur en matières minérales (MM).....	44
II.2.3.2.2.1.3 La teneur en protéines brutes (MAT).....	44
II.2.3.2.2.1.4 La teneur en matière grasse (MG).....	44
II.2.3.2.2.1.5 La teneur en calcium (Ca).....	45
II.2.3.2.2.1.6 La teneur en phosphore (P).....	45
II.2.3.3 Méthodes de calculs statistiques.....	46
III. RESULTATS ET DISCUSSION.....	47
III.1 Paramètres d'ambiance.....	47
III.2 Composition chimique de l'aliment distribué durant les 3 phases d'élevage.....	50
III.3 Performances zootechniques	51
III.3.1 Ingéré alimentaire.....	51
III.3.2 Poids vif.....	53
III.3.3 Indice de consommation	54
III.3.4 Taux de mortalité.....	55
III.4 Mesures biologiques.....	58
III.4.1 Températures rectales.....	58
III.4.1.1 Températures rectales lors de l'acclimatation précoce.....	58
III.4.1.2 Températures rectales lors du coup de chaleur.....	60
III.4.2 Morphométrie des organes internes.....	61
III.4.3 Pesée des différentes parties des carcasses	63
III.5 Qualité physico chimique des carcasses.....	64
III.5.1 Composition chimique des muscles <i>Pectoralis major</i>	64
DISCUSSION GÉNÉRALE.....	68
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	69

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Liste des tableaux

Tableau 1: Pertes de chaleur chez les volailles selon les conditions d'ambiance.....	3
Tableau 2: 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.....	15
Tableau 3: Synthèse bibliographique de quelques essais de digestibilité des nutriments chez les poulets de chair sous contrainte thermique.....	16
Tableau 4: Effet de la température sur la digestibilité des nutriments et l'énergie métabolisable chez le poulet de chair.....	16
Tableau 5: Différentes conditions d'application de la technique d'acclimatation.....	24
Tableau 6: Différentes modalités d'application des techniques d'acclimatation précoce et coup de chaleur chez les poulets de chair.....	26
Tableau 7: Conditions d'observation du retrait alimentaire par quelques auteurs.....	27
Tableau 8: Températures ambiantes et hygrométries relatives moyennes durant l'élevage.....	47
Tableau 9: Températures ambiantes relevées lors de l'application de la technique de l'acclimatation précoce (J 5 et J 7).....	48
Tableau 10 : Températures ambiantes et hygrométries relatives relevées lors du coup de chaleur (J 46).....	49
Tableau 11: Composition chimique des aliments distribués lors des 3 phases d'élevage..	50
Tableau 12 : Performances zootechniques mesurées lors des 3 phases d'élevage.....	51
Tableau 13 : Taux de mortalité lors des phases de démarrage, de croissance et de Finition (%)......	55
Tableau 14 : Impact de l'acclimatation précoce sur la température rectale (°C) lors du 5 ^{ème} et 7 ^{ème} jour d'âge des poussins.....	59
Tableau 15 : Impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur la température rectale lors du coup de chaleur.....	61
Tableau 16 : Rapport du poids des organes internes (cœur, poumons, foie et gésier vide)/ poids vif total (%) des poulets des 3 traitements expérimentaux.....	62

Tableau 17: Rendement (%) des différentes parties des carcasses des poulets des 3 lots expérimentaux.....	63
Tableau 18: Composition chimique (% MS) des muscles <i>Pectoralis major</i> des poulets des 3 lots expérimentaux.....	64
Tableau 19: Composition chimique (% MS) des muscles <i>Sartorius</i> et <i>Gastrocnemius</i> des poulets des 3 lots expérimentaux.....	65

Liste des figures

Figure 1: Thermorégulation chez les oiseaux	1
Figure 2: Principaux modes de transfert de chaleur entre l'oiseau et l'ambiance	6
Figure 3: Schéma général de régulation de la température corporelle et de la répartition des échanges énergétiques en fonction de la température ambiante.....	7
Figure 4: Evolution de la zone de neutralité thermique chez le poulet de chair.....	8
Figure 5: Représentation schématique des relations entre thermogenèse, thermolyse et température ambiante.....	9
Figure 6: Schéma descriptif du bâtiment d'élevage avicole.....	35
Figure 7: Schéma représentatif du protocole expérimental adopté.....	36
Figure 8: Evolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative à l'intérieur du bâtiment durant l'expérimentation.....	48
Figure 9: Evolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative lors du coup de chaleur.....	50
Figure 10: Ingéré alimentaire à différentes phases d'élevage des poulets de chair (g/s/j).	53
Figure 11: Poids vif des poulets (g) à différentes phases d'élevage des poulets de chair..	54
Figure 12: Indice de consommation à différentes phases d'élevage des poulets de chair..	55
Figure 13: Taux de mortalité lors de l'acclimatation précoce (5 ^{ème} et 7 ^{ème} jour).....	57
Figure 14: Taux de mortalité des poulets durant les différentes phases d'élevage.....	57
Figure 15: Évolution du taux de mortalité des poulets lors du coup de chaleur.....	58
Figure 16: Températures rectales moyennes des poussins lors de l'acclimatation précoce (5 ^{ème} jour d'âge).....	60
Figure 17: Températures rectales moyennes des poussins lors de l'acclimatation précoce (7 ^{ème} jour d'âge).....	60
Figure 18: Températures rectales moyennes des poulets des 3 lots expérimentaux lors du coup de chaleur.....	61

Liste des photos

Photo 1 : Aménagement des loges.....	32
Photo 2 : a. Réception des poussins. b. Pesée individuelle des poussins dès leur réception c: Mise en loge	33
Photo 3 : Exposition à la chaleur des poussins à J5 et J7	34
Photo 4 : a. Vue d'ensemble du bâtiment b. Pesée individuelle.....	34
Photo 5 : a. Allumage des radians b. Poulets assoiffés c. Halètement des poulets.....	37
Photo 6 : Abattage par saignée des poulets.....	37
Photo 7 : Prise de température rectale des poulets.....	39
Photo 8 : a. Pesée et entailles du muscle <i>Pectoralis major</i> b. Pesée et entailles du muscle <i>Sartorius et de Gastrocnemius</i>	42
Photo 9 : a. Dessiccation des muscles à l'étuve b. Dessiccation du muscle <i>Pectoralis major</i> c. Dessiccation du muscle <i>Sartorius et de Gastrocnemius</i>	43
Photo 10 : Broyage des muscles.....	43

Liste des abréviations

°C : Degrés Celsius.
% : Pourcentage.
Ca : Calcium.
CB : Cellulose brute.
cm : Centimètre.
CUD : Coefficient d'utilisation digestive.
EMa : Energie métabolisable apparente.
ENSA : Ecole Nationale Supérieure Agronomique.
g : Gramme.
g/g PV : Gramme/gramme de poids vif.
g/l : Gramme/litre.
g/s : Gramme /sujet.
g/s/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.
MAT : Matières azotées totales.
MG : Matières grasses.
m : Mètre
m² : Mètre carré.
m³/h/kg : Mètre cube/heure/kilogramme.
ml : Millilitre.
mg/kg : Milligramme/kilogramme.
ml/l : Millilitre/litre
mm : Millimètre.
MM : Matière minérale.
MS : Matière sèche.
N : Azote.
nm : Nanomètre.
NaHCO₃ : Bicarbonate de sodium.
ONAB : Office national de l'aliment de bétail.
P : Phosphore.
P.A.C : Carcasse prête à cuire.
R² : Coefficient de détermination.
T⁻ : Lot de poulets témoins.
T_R : Lot de poulets retrait.
T⁺ : Lot de poulets acclimatés.
T₃ : Triiodothyronine

T₄ : Thyroxine.

TCI : Température critique inférieure.

TCS : Température critique supérieure.

vs : Versus.

ZNT : Zone de neutralité thermique.

INTRODUCTION

Introduction

Dans de nombreuses régions du monde, l'industrie avicole occupe le premier plan parmi les industries agricoles, du fait qu'elle constitue le principal fournisseur de protéines animales pour les populations humaines. En 1980, l'Algérie était un pays importateur d'œufs de consommation et de viande blanche, le développement réel de la production avicole locale a débuté en 1982, après la restructuration de l'entreprise mère, l'Office National des Aliments du Bétail (ONAB). En dépit des nombreuses dispositions prises pour dynamiser la filière avicole, celle-ci reste confrontée à de nombreux problèmes. Sur le plan de la conduite de l'élevage du poulet de chair, plusieurs études rapportent que celui-ci est pratiqué dans des structures fortement atomisées qui se distinguent par des ateliers de taille fort modeste : 3000 sujets en moyenne. Les bâtiments avicoles sont, sauf rares exceptions, de type clair, à ventilation statique et faiblement isolés, avec une densité d'élevage variant entre 8 et 12 sujets/m² selon les saisons. Outre la vétusté des bâtiments, la majorité des éleveurs ne maîtrisent pas le facteur ambiance et particulièrement le couple isolation- ventilation qui, en condition chaude, retentit fortement sur la productivité. À cet effet, ALLOUI *et al.* (2001) rapportent que dans des pays chauds comme l'Algérie, une grande partie des aviculteurs abandonnent l'élevage en été en raison des forts taux de mortalité enregistrés surtout en période de finition et qui peuvent atteindre les 50%.

Cette situation rencontrée dans plusieurs pays, particulièrement ceux du bassin méditerranéen et d'Amérique du sud a amené les scientifiques à se pencher sur les mécanismes d'action de la chaleur sur l'organisme de la volaille afin de dégager les techniques d'élevage les plus appropriées.

Notre étude s'inscrit dans cette thématique, la partie bibliographique met en relief dans un premier chapitre, l'équilibre thermique chez les oiseaux. Dans un deuxième chapitre la réponse physiologique des oiseaux à la chaleur et l'impact du stress thermique tant sur les performances zootechniques, que sur la sphère digestive et métabolique des oiseaux sont rapportés. Les différentes techniques de lutte contre le stress thermique, et particulièrement celles de l'acclimatation précoce des poussins et du retrait alimentaire sont présentées dans le 3^{ème} et le 4^{ème} chapitre.

Quant à la partie expérimentale, elle est orientée vers la recherche de l'impact de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire sur les performances zootechniques et la composition chimique des principaux muscles du poulet de chair ayant subi depuis le début d'élevage un stress thermique chronique, et en fin d'élevage un stress thermique aigu. Ces deux particularités d'élevage étant couramment rencontrées sur terrain en période estivale.

Après description générale du protocole expérimental et des méthodologies de mesure suivies, les résultats obtenus sont présentés et discutés. La conclusion générale présente les points essentiels du travail réalisé.

PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

L'équilibre thermique chez les oiseaux

I. Définition

La température corporelle est une variable physiologique essentielle, car d'une part le maintien de la vie dépend des réactions au cours desquelles l'énergie chimique est transformée en chaleur et que d'autre part, la vitesse de ces réactions dépend de la température.

Le maintien d'une température corporelle relativement constante est permis grâce à la fonction de thermorégulation. Celle-ci est constante quelque soit les variations de la température extérieure et quelque soit la production de chaleur de l'animal.

Les volailles sont des homéothermes capables de maintenir leur température corporelle quasi constante (autour de 41°C chez le poulet) pour un fonctionnement normal de leurs organes vitaux. D'après AMAND *et al.* (2004) à l'âge d'un jour, la température corporelle (rectale) des poussins se situe entre 38 et 39 °C, lorsqu'ils ont été transportés dans de bonnes conditions. Progressivement, elle s'élève, puis se stabilise entre 40,5 et 41,5°C vers l'âge de 21 jours.

Il est à préciser tel que rapporté par MEIJERHOF et FURMANEK (2006) que durant l'incubation, l'embryon se comporte comme un organisme poïkilotherme (la température corporelle dépend de celle de l'environnement). Le changement de l'état poïkilotherme vers l'état homéotherme débute le 19^{ème} jour d'âge de l'incubation et s'achève lors de la première semaine d'âge des poussins (4 à 7 jours).

La thermorégulation est le mécanisme qui permet à un organisme de conserver une température interne constante. Elle met en jeu les processus de thermogénèse (production de chaleur) et de thermolyse (pertes de chaleur) qui s'équilibrent (figure 1).

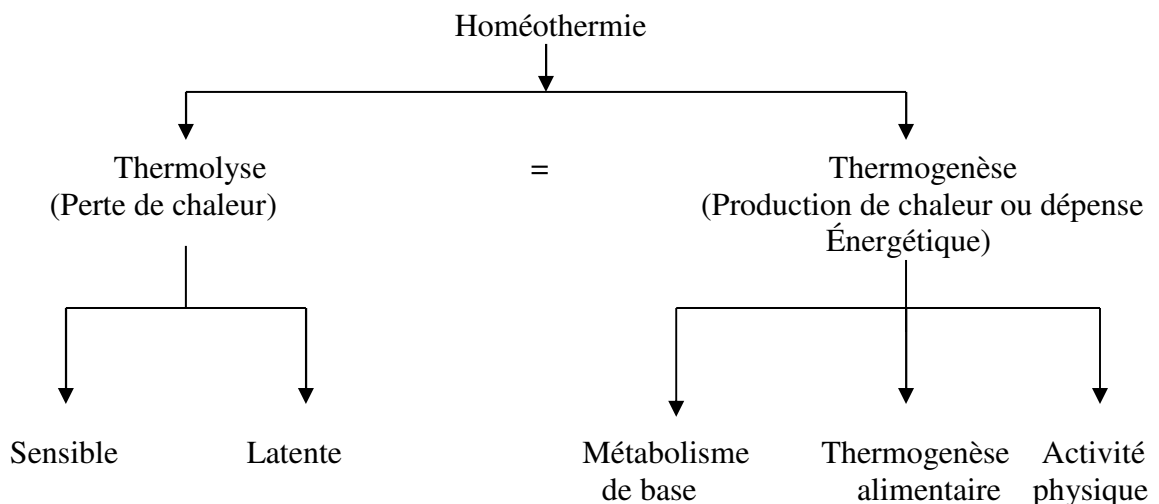


Figure 1 : Thermorégulation chez les oiseaux (LARBIER et LECLERCQ, 1992).

II. Facteurs régulateurs de l'équilibre thermique

La température corporelle est une constante physiologique régulée (GUENARD, 2001), les animaux homéothermes ou endothermes possédant en effet, la capacité de réguler leur température centrale.

Chez les homéothermes, l'importance de l'activité thermorégulatrice nécessaire au maintien de leur température centrale constante, augmente quand la température ambiante se déplace vers des valeurs extrêmes (ECKERT, 2004).

La thermorégulation fait intervenir les mécanismes de thermogénèse (gain de chaleur) et ceux de thermolyse (perte de chaleur).

II.1 Production de chaleur : La thermogénèse

Elle correspond à la production d'énergie calorifique et est mesurée par calorimétrie directe ou indirecte. La thermogénèse de base correspond à la production calorifique minimale enregistrée chez l'animal au repos, à jeun et dans les conditions de neutralité thermique (TOUTAIN et COMBRISSE, 1990). Lorsque l'animal est alimenté, il s'y greffe l'extra-chaleur qui correspond à une production de chaleur supplémentaire liée aux activités de l'animal (ingestion, digestion, ...). De ce fait, cette fonction repose telle que définie par GERAERT (1991), sur la chaleur produite par le métabolisme basal, l'activité physique et par l'effet thermogénique des aliments ou extra chaleur.

BERBIGIER (1988) compartimente la production de chaleur comme suit :

- **Le métabolisme de base** : il correspond à la production de chaleur nécessaire à l'entretien des fonctions vitales. Il est approché par la mesure de la production de chaleur de l'animal au repos et à jeun. Cependant, des difficultés de son évaluation persistent, elles sont liées à la notion de jeun et l'effet de ce dernier sur le métabolisme énergétique de l'organisme.
- **Le métabolisme d'entretien** : il est atteint quand la quantité d'aliments ingérés permet le maintien du poids corporel de l'animal. Chez l'oiseau, l'énergie métabolisable ingérée est obtenue par différence entre l'énergie ingérée et celle excrétée.
- **La production de chaleur totale**: elle est définie comme la somme de la thermogénèse d'entretien et de l'extra-chaleur liée à la production. La production de chaleur totale, pour un animal au dessus de l'entretien est toujours inférieure à l'énergie métabolisable ingérée, la différence étant l'énergie nette de production.

II.2 Pertes de chaleur : La thermolyse

La thermolyse consiste en l'ensemble des systèmes mis en jeu par les organismes homéothermes afin de dissiper le surplus de chaleur et de maintenir la température interne stable. Selon GIBERNEAU et BRABE (2007), la thermolyse s'effectue par deux voies :

- ✓ La voie non évaporative (dite sensible) qui regroupe : la conduction (quantitativement peu importante dans la plupart des cas), la convection et la radiation.
- ✓ La voie évaporative (dite insensible). Cette seconde voie qui correspond à l'évaporation d'eau, a une importance qui s'accroît dès que la température ambiante augmente.

Le tableau 1 regroupe les différents modes de pertes de chaleur chez les volailles en fonction des conditions d'ambiance.

Tableau 1 : Pertes de chaleur chez les volailles selon les conditions d'ambiance.

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

ANONYME (1997)

1. Voie non évaporative dite sensible

La conduction : C'est un phénomène représenté par un transfert de chaleur nécessitant un contact matériel entre l'animal et le milieu (TOUTAIN et COMBRISSE, 1990). C'est le processus par lequel les molécules du milieu ambiant acquièrent une plus grande agitation au contact de l'animal plus chaud que le milieu ambiant.

La conduction dépend des caractéristiques physiques du corps au contact de la peau. Ainsi, la conductibilité de l'eau est très largement supérieure à celle de l'air.

Les pertes par conduction varient en fonction de la nature des surfaces de contact. Dans les élevages porcins, le ciment permet des pertes caloriques évaluées à 15% alors qu'elles ne sont que de 6% lorsque les surfaces sont en bois et peuvent même n'être que de 2% lorsque les surfaces sont couvertes d'un isolant (THIEBAULT, 2000).

Chez les oiseaux, la conduction diminue quand la densité animale augmente du fait des contacts entre oiseaux; elle augmente lorsque les oiseaux s'abreuvent d'eau froide. TOUTAIN et COMBRISSE (1990) rapportent que pour que les pertes par conduction soient possibles, il est nécessaire que la température du milieu soit plus faible que celle de l'organisme, par contre, il est enregistré un gain de chaleur pour l'organisme lorsque la température du milieu est plus élevée que celle de l'organisme.

La convection : C'est une perte d'énergie calorique par renouvellement d'un fluide autour de l'animal (TOUTAIN et COMBRISSE, 1990). C'est un processus complémentaire qui permet un renouvellement rapide des molécules du milieu ambiant "échauffées" à proximité de la peau. Elle permet une augmentation du débit de transfert des calories.

La convection peut être naturelle, liée aux mouvements de l'air, ou forcée, par l'utilisation de ventilateurs. L'ensemble des pertes par conduction et convection représente 12 % des pertes caloriques totales de l'animal au repos.

Chez les oiseaux, ce mode de transfert s'opère par des mouvements de l'air, au travers des duvets, puis des plumes lorsque les oiseaux sont plus âgés. La convection augmente avec la vitesse de l'air. Les volailles ne transpirent pas mais une sensation de fraîcheur équivalente peut être créée en humectant légèrement les plumes de l'animal et en entretenant des vitesses d'air autour des animaux, c'est le cas lorsque la brumisation d'eau est couplée à des vitesses d'air étudiées à l'intérieur du bâtiment d'élevage.

La radiation : Elle s'effectue par rayonnements électromagnétiques (TOUTAIN et COMBRISSE, 1990). Tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu émet des radiations électromagnétiques dont l'intensité et la longueur d'onde dépendent de la température. La surface du corps d'un animal émet un rayonnement de grande longueur d'onde de 5000 à 10000 nm, cette forme de dissipation de chaleur présente environ 60% des pertes caloriques au repos.

En définitive, selon AMAND *et al.* (2004), les pertes de chaleur par conduction, convection et rayonnement représentent chez les oiseaux 75 % des pertes totales en zone de neutralité thermique.

À ces pertes s'ajoute l'excrétion fécale qui est une déperdition de chaleur par évacuation du contenu digestif non digéré; cette perte de chaleur est faible, toutefois, elle ne représente que 5% des pertes en zone de neutralité thermique (AMAND *et al.*, 2004).

2. Voie évaporative dite insensible

L'évaporation d'eau est une des modalités les plus efficaces de perte de chaleur. La richesse en eau de la peau est modulable avec la vascularisation (TOUTAIN et COMBRISSE, 1990).

Deux types d'évaporation sont définis par SCHEPKENS (2005) :

- **L'évaporation cutanée :** Elle se fait aux moyens des glandes sudoripares, une fraction d'énergie est perdue de manière naturelle et permanente par diffusion passive de vapeur d'eau à travers la peau, c'est la « perspiration », ce phénomène est peu important. Une autre fraction est perdue par diffusion active d'élimination de la sueur, c'est la « sudation », elle complète le phénomène passif de la perspiration et est facilitée par la vasodilatation. La sudation est indépendante du degré d'hygrométrie extérieur, elle n'est fonction que des besoins de la thermorégulation et constitue l'élément clef de la lutte contre la chaleur. Cette évaporation cutanée n'apparaît pas chez les oiseaux, car dotés de plumage jouant un rôle d'isolant thermique réduisant la perte de chaleur, et ne possédant pas de glandes sudoripares.

- **L'évaporation respiratoire :** C'est une partie des déperditions par voie évaporative, elle est obligatoire et indépendante de la thermorégulation. Elle se fait par augmentation de la fréquence respiratoire.

BÉGOS (2004) rapporte que l'appareil respiratoire représente la principale voie d'élimination de la vapeur d'eau chez les volailles. Selon AMAND *et al.* (2004), en zone de neutralité thermique, cette perte est de l'ordre de 20 % à travers les voies respiratoires et cutanées.

Les principaux modes de transfert de la chaleur entre l'oiseau et son environnement sont illustrés dans la figure 2.

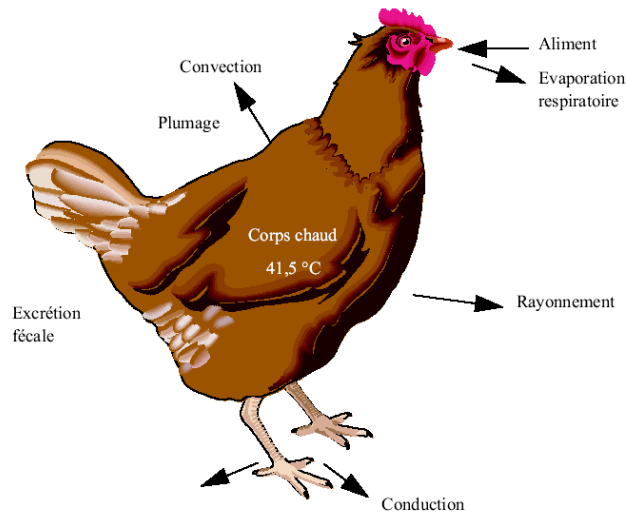


Figure 2 : Principaux modes de transfert de chaleur entre l'oiseau et l'ambiance (AMAND *et al.*, 2004).

II.3 Réactions thermorégulatrices en fonction de la température ambiante.

ECKERT (2004) rapporte que les endothermes utilisent plusieurs moyens physiologiques et comportementaux pour le maintien de la constance de leur température dans une marge étroite. Celle-ci dénommée zone d'homéothermie correspond à une gamme de températures ambiantes pour laquelle la température centrale ne varie pas. La température létale inférieure est la température ambiante au dessous de laquelle l'animal meurt d'hypothermie. Lorsque la température ambiante devient supérieure à la température létale supérieure, il y a mort par hyperthermie ou coup de chaleur. Les zones d'hypothermie et d'hyperthermie correspondent à des zones où les capacités de régulation de la température sont dépassées.

Dans la zone d'homéothermie, le maintien de la température centrale se fera pour des niveaux différents de la thermogenèse et de la thermolyse selon la valeur de la température ambiante.

La zone d'homéothermie est classiquement subdivisée en trois parties : zone de neutralité thermique (ZNT), la température critique inférieure (TCI) et la température critique supérieure (TCS).

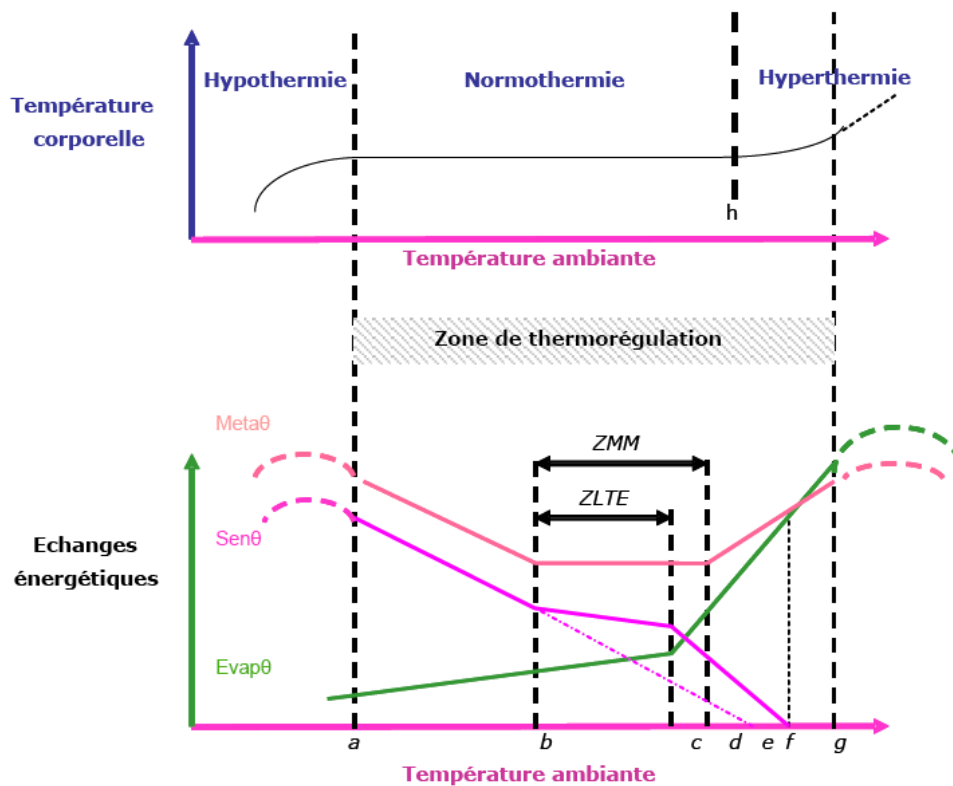
II.3.1 Zone de neutralité thermique :

Dans la zone de neutralité thermique, un organisme endotherme n'a pas besoin de dépenser de l'énergie pour conserver une température corporelle constante. Cette zone est délimitée par la température critique inférieure (TCI) et la température critique supérieure (TCS) comme indiqué par la figure 3. Les transferts qui s'établissent dans cette zone correspondent à des dépenses énergétiques faibles, non influencées par l'environnement et égales à la production de chaleur dégagée lors de la transformation de l'aliment en muscles et

graisses et lors de l'activité des animaux. Le confort thermique des organismes d'animaux est optimal dans cette zone (N'DRI, 2006).

Par ailleurs, la production de chaleur dans cette zone est indépendante de la température ambiante, elle dépend du poids vif et de la consommation de l'aliment. Les limites inférieures et supérieures dépendent fondamentalement des limites physiologiques des échanges thermiques et de l'efficacité des pertes de chaleur par évaporation.

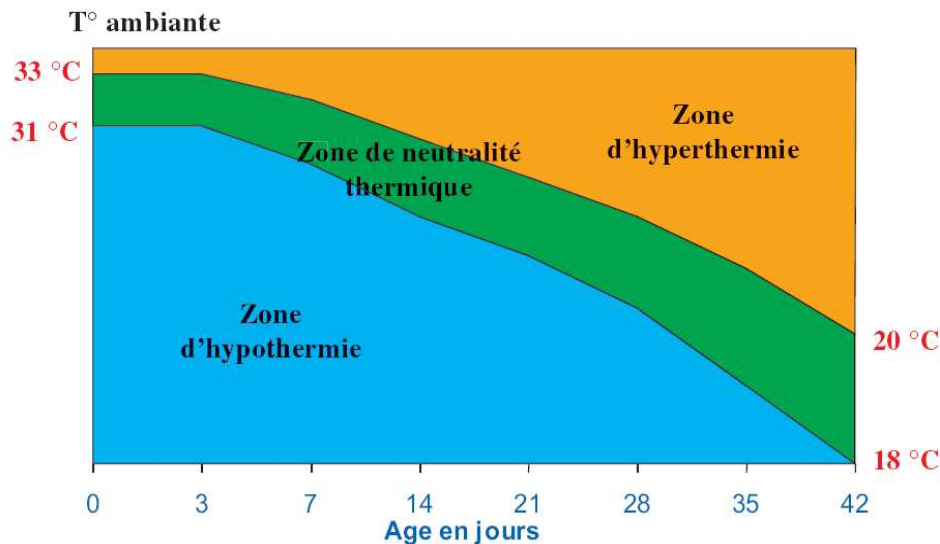
La zone de neutralité thermique des volailles s'élargit au fur et à mesure que le plumage se développe et augmente son pouvoir isolant, permettant ainsi à l'oiseau de mieux réguler les transferts de chaleur avec son environnement de vie. En dehors de la zone de neutralité thermique, les volailles sollicitent leurs mécanismes de régulation afin de freiner l'évolution vers une situation d'hypothermie ou d'hyperthermie se traduisant alors par une baisse des performances (figure 4).



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 θ : production de chaleur métabolique ; Sen θ : perte de chaleur sensible ; Evap θ : perte de chaleur par évaporation.

(HILLMAN *et al.*, 1985)

Figure 3: Schéma général de régulation de la température corporelle et de la répartition des échanges énergétiques en fonction de la température ambiante.



(AMAND *et al.*, 2004).

Figure 4: Evolution de la zone de neutralité thermique chez le poulet de chair.

II.3.2 Température critique inférieure (TCI) :

Pour TOUTAIN et COMBRISSEON (1990) la température critique inférieure représente la température ambiante à partir de laquelle l'animal doit augmenter sa thermogénèse pour compenser un accroissement de la thermolyse sensible (les pertes par conduction, convection et rayonnement). La température critique peut être également définie comme étant la température ambiante la plus basse pour laquelle la production de chaleur thermoneutre compense exactement les pertes thermiques. La production de chaleur thermoneutre est obtenue en l'absence de toute contrainte thermique sur l'animal.

Lorsque les températures ambiantes diminuent, l'organisme endotherme peut éventuellement atteindre la température critique inférieure au dessous de laquelle le métabolisme basal devient insuffisant pour équilibrer les pertes thermiques malgré les moyens d'ajustement de la conductance thermique. Quand la température est trop basse, l'endotherme doit augmenter la production de chaleur pour compenser les pertes, la production de chaleur augmente alors linéairement quand la température externe descend au dessous de la température critique inférieure, c'est la zone de régulation métabolique (ECKERT, 2004).

Si la température ambiante descend en dessous de la zone de régulation métabolique, les mécanismes compensateurs ne sont plus efficaces, le corps se refroidit et le métabolisme s'effondre. Beaucoup d'animaux tolèrent divers degrés d'hypothermie, pourtant, si la température des animaux descend en-dessous de la valeur normale, l'animal entre en hypothermie. Si ces conditions persistent, l'animal se refroidit progressivement, le froid abaisse dangereusement le métabolisme et l'animal meurt.

MIEUSSET *et al.* (1992) rapportent que l'hypothermie est une situation dans laquelle la température centrale d'un animal homéotherme ne permet plus d'assurer correctement les fonctions vitales, elle peut résulter d'une exposition prolongée à une ambiance froide, comme l'air extérieur en hiver ou un séjour prolongé dans une eau froide, ou bien d'un dérèglement de l'organisme.

II.3.3 Température critique supérieure (TCS) :

TOUTAIN et COMBRISSON (1990) définissent la température critique supérieure comme étant la température ambiante pour laquelle l'animal doit augmenter sa thermolyse insensible (les pertes par évaporation) pour compenser une réduction de la thermolyse sensible.

Selon ECKERT (2004), la zone de neutralité thermique se trouve entièrement située en-dessous de la température du corps. Un animal vivant produit toujours de la chaleur indépendamment de la température ambiante, si cette chaleur produite n'est pas éliminée, la température du corps augmente (d'autant plus si la température ambiante s'élève aussi), jusqu'à ce que des mécanismes de dissipation de chaleur, comme le halètement ou la sudation, soient enclenchés. Sans les pertes par évaporation, les températures supérieures à la zone de neutralité thermique entraînent une hyperthermie car la chaleur produite par le métabolisme ne peut pas être éliminée passivement aussi vite qu'elle est produite.

Pour MIEUSSET *et al.* (1992) l'hyperthermie est l'élévation locale ou générale de la température du corps, au delà du chiffre normal, elle correspond aussi à l'élévation de la température corporelle centrale au-dessus de la température critique supérieure, par accumulation d'une chaleur issue de l'environnement du sujet. L'hyperthermie résulte en général d'une exposition à la chaleur du soleil ou à la chaleur ambiante. Elle peut également survenir suite à un effort intense accompagné d'une mauvaise évacuation de la chaleur (en cas d'une ambiance trop chaude et humide par exemple). La figure 5 présente les différentes zones de thermorégulation citées plus haut.

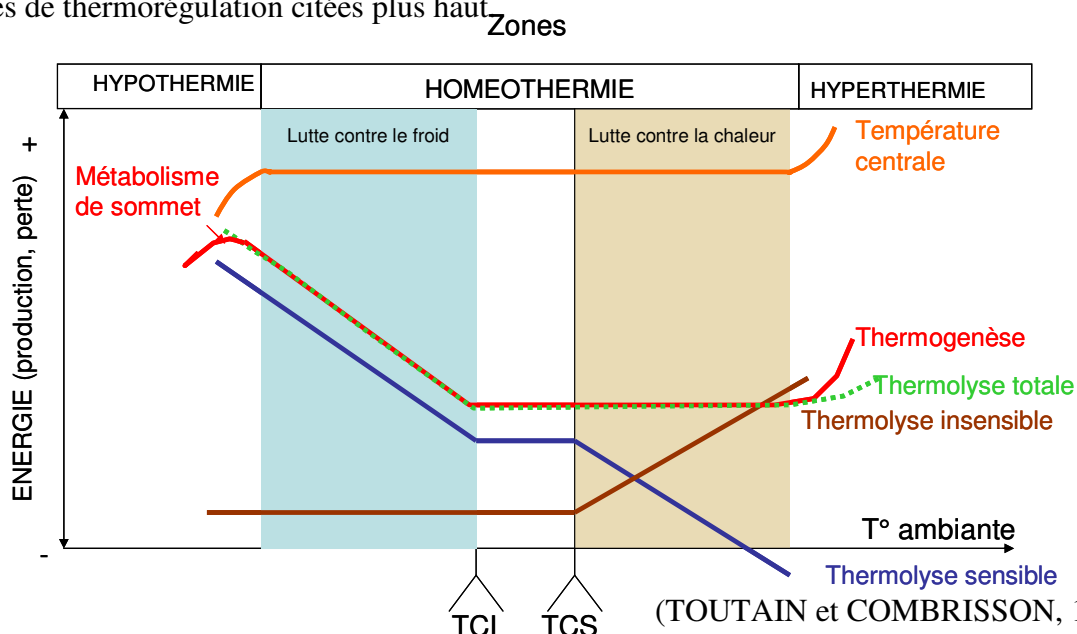


Figure 5 : Représentation schématique des relations entre thermogénèse, thermolyse et température ambiante. TCI : température critique inférieure, TCS : température critique supérieure, MS : métabolisme de sommet.

Chapitre II

Réponses physiologiques et impact du stress thermique chez la volaille

L'organisme animal peut faire face à un environnement chaud au moyen de la diminution de la thermogénèse et de l'augmentation de la thermolyse.

En environnement chaud, la volaille réduit sa production de chaleur par différents processus qui impliquent la diminution des composantes de la dépense énergétique par le biais de celle du métabolisme de base (MAC LEOD 1984 ; DEEB et CAHANER 1999) de l'activité physique (GREGORIO, 1994) et de la thermogénèse alimentaire (HOFMAN, 2000).

Le métabolisme de base peut être réduit par le biais de la sélection génétique. Ainsi, les poulets White Leghorn (souche ponte) sont plus tolérants à la chaleur que les autres souches commerciales du fait de leur masse corporelle plus faible et un important développement des appendices, des crêtes et des barbillons. La production basale de chaleur ne peut être réduite que suite à des mécanismes d'adaptation étendus dans le temps (acclimatation) ou par la sélection génétique de souches ayant une production basale de chaleur moins importante (souches cou nu ou bien sans plumes).

La baisse de l'activité physique peut réduire la thermogénèse, compte tenu que lorsque la température ambiante augmente, le poulet tend à minimiser au maximum ses mouvements (battement d'ailes, picorage de la litière et étirement des pattes jusqu'à ne plus manifester de signes de vitalité).

La digestion et l'utilisation métabolique des aliments ont un effet thermogénique. Toutefois, à la thermoneutralité, les nutriments ne concourent pas de façon égale à la production d'extra chaleur, les protéines contribuent plus à la thermogénèse que les glucides et les lipides. Un excès de protéines pourrait avoir alors un effet négatif sur le bilan énergétique du poulet en conditions chaudes, et ce, en induisant une production de chaleur métabolique excessive due à la dégradation des acides aminés.

Quant à l'augmentation de la thermolyse, elle se fait par déperdition directe de calories (conduction, convection et rayonnement) ainsi que par déperdition indirecte (évaporation respiratoire et cutanée). Ces pertes sont favorisées par des mécanismes vasculaires, une adaptation cardio-respiratoire et une régulation posturale et comportementale.

Concernant le mécanisme vasculaire, la volaille étant dépourvue de glandes sudoripares, l'évaporation de l'eau est permise par vasodilatation des appendices de la tête ainsi que par les pattes qui sont très vascularisées. Cette vasodilatation favorise la perte de chaleur sensible en condition de stress thermique (SMITH, 1992).

Au niveau de la sphère respiratoire, une accélération du rythme cardiaque suivie de celle du rythme respiratoire pour activer l'évaporation de l'eau au niveau de l'appareil respiratoire a été rapportée par THIEBAULT, (2000).

Ce même auteur signale que les animaux adoptent des postures et des comportements adaptés à l'élévation de la température. Outre ces paramètres, l'oiseau réduit volontairement son activité physique, sa consommation d'aliment et augmente en revanche sa consommation d'eau.

I. Définition du stress thermique

Le stress thermique est défini par CROCQ (2008) comme étant la charge calorifique totale qui s'exerce sur un organisme et qui résulte de la production métabolique de chaleur à l'effort, de l'apport de chaleur de sources externes (température de l'air, humidité relative, circulation de l'air, ensoleillement et rayonnement de surfaces/matières chaudes).

L'approche du concept du stress thermique est basée sur le résultat d'analyses de la sensation de froid ou de chaleur ressentie par des animaux placés dans des chambres climatiques où l'on crée une atmosphère artificielle en faisant varier les conditions de température et d'humidité avec ou sans ventilation jusqu'à obtenir une sensation inconfortable de froid ou de chaleur (TABET-AOUL, 2008).

En pratique, il convient de distinguer la réaction de stress à une agression ponctuelle et la réaction de stress perpétuée ou chronique, entretenue par une nuisance prolongée. La première est aigüe, mais éphémère et débouchant sur un état de post-stress avec sensation d'épuisement physique et de soulagement, tandis que la seconde est durable et se traduit par un état pathologique chronique de stress perpétué, qui perdure au moins autant que la nuisance en cause.

D'une manière générale, De BASILIO et PICARD (2002); AMAND *et al.* (2004) et MÔREKI (2008) rapportent que 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.

De BASILIO et PICARD (2002) définissent le stress thermique aigu ou encore appelé coup de chaleur comme étant une augmentation relativement brutale de la température ambiante de quelques degrés pendant quelques jours. La principale conséquence de ce type de stress est l'augmentation des mortalités, souvent par étouffement.

Quant au stress thermique chronique, il représente une exposition prolongée à une température ambiante élevée allant de quelques jours jusqu'à plusieurs semaines, il a pour conséquence la réduction de la consommation alimentaire, celle de la vitesse de croissance et la synthèse protéique tout en augmentant l'adiposité des poulets (GERAERT, 1991 ; TESSERAUD et TEMIM, 1999).

II. Limites de lutte de l'oiseau contre la chaleur

En conditions chaudes, les processus de thermorégulation montrent dans certaines conditions leurs limites et deviennent inefficaces. En effet, ZHOU et YAMAMOTO (1997) rapportent que dans des conditions de thermoneutralité, le rythme respiratoire se situe entre 25 et 50 inspirations par minute. Au-delà d'une température de 25 °C, le rythme respiratoire peut atteindre 200 mouvements/minute (AMAND *et al.*, 2004) et traduit une hyperventilation qui s'installe et qui conduit au développement du halètement. Ce dernier induit l'apparition d'une alcalose respiratoire à l'origine des perturbations d'homéostasie des différents électrolytes sanguins dont les répercussions sur les performances des poulets ne sont pas négligeables (BORGES *et al.*, 2007).

III. Impact du stress thermique sur les performances zootechniques de la volaille.

III.1 Impact du stress thermique sur l'ingéré alimentaire

Une augmentation de la température ambiante provoque une réduction de la consommation alimentaire répondant à un impératif de réduction de la production de chaleur par la volaille.

HURWITZ *et al.* (1980) et YAHAV et PLAVINK (1999) rapportent que lorsque la température ambiante est inférieure à 18° C, la consommation alimentaire augmente tandis qu'elle diminue quand la température ambiante dépasse 25°C. Cette réduction est de l'ordre de 1,4 % dans un intervalle de température compris entre 27 et 30°C. AÏN BAZIZ (1996) précise qu'au delà de cet intervalle, la diminution s'accroît pour atteindre 2,2 % par degré Celsius d'élévation de la température ambiante.

Les travaux de MÔREKI (2008) indiquent qu'en conditions de stress thermique, la consommation alimentaire est réduite de 5% par degré Celsius d'augmentation de la température dans un intervalle compris entre 32 et 38°C.

III.2 Impact du stress thermique sur la croissance

En conditions de températures élevées, la première réaction du poulet de chair est la réduction de sa consommation alimentaire dans le but de maintenir son homéothermie. Cette baisse de consommation n'est pas sans conséquences puisqu'elle entraîne un ralentissement de la croissance associée à une altération de l'indice de consommation des poulets, ces deux effets étant indépendants de l'origine génétique.

Selon TEMIM *et al.* (1999), les performances de croissance (gain de poids et indice de consommation) sont d'autant plus altérées que la température ambiante dépasse 30°C. Pour des températures ambiantes comprises entre 27 à 30°C, la baisse de gain de poids de 10 à 20

%. Lorsque la température ambiante dépasse 30°C, la chute du gain de poids est de 2,5% par degré d'augmentation thermique.

La réduction de l'ingéré alimentaire observée lors de stress thermique est différente selon l'âge, le poids vif initial et le sexe de l'animal. Ainsi, GERAERT *et al.* (1996) rapportent que pour des poulets exposés à 32°C et âgés de 2 à 4 semaines, la diminution de l'ingéré est de 14 % alors que leur indice de consommation est inaltéré. En revanche, pour des poulets plus âgés (de 4 à 6 semaines) et exposés à 32°C, la consommation alimentaire diminue de 24% et leur indice de consommation augmente de 0,8 points.

L'effet de la chaleur sur la croissance semble selon PADILHA (1995), plus marqué lorsque le poids vif des animaux est élevé. Par ailleurs, tel que souligné par YALÇIN *et al.* (2004) l'impact du stress thermique sur la croissance est beaucoup plus important chez les oiseaux mâles que chez les femelles.

PADILHA (1995) en comparant les performances de croissances de poulets de chair (de 4 à 6 semaines d'âge, exposés à deux températures différentes, 22 vs 32°C en constance, et ayant un même niveau d'ingéré) enregistre une baisse (-22 %) du gain de poids chez ceux exposés à la chaleur. La réduction de l'ingéré au chaud n'explique donc pas à elle seule, la totalité de la diminution des performances de croissance. Cette réduction de performance pourrait s'expliquer par une modification de l'utilisation digestive et métabolique des nutriments.

III.3 Impact du stress thermique sur la consommation de l'eau

En conditions de stress thermique, les poulets réagissent en vue de s'adapter aux nouvelles conditions d'ambiance par l'augmentation de leur consommation d'eau. À cet effet, NARONGSAK (2004) rapporte que l'augmentation de la consommation hydrique en ambiance chaude faciliterait la perte de chaleur par évaporation, cette dernière est corrélée positivement avec la consommation de l'eau. Cette observation confirme celle de SMITH (1992) qui indique qu'en de telles conditions thermiques, la quantité d'eau absorbée par les poulets peut être multipliée par 2. BOUZOUAIA (1986) précise quant à lui que si la consommation quotidienne de l'eau est pratiquement multipliée par presque 2 lorsque la température passe de 21 à 32°C, elle est multipliée presque par 3 si la température passe de 21 à 37°C. Le rapport eau sur aliment augmente lors de l'augmentation de la température pour atteindre une valeur voisine de 8 à 37°C au lieu de 1,8 à 2 entre 18 et 20°C.

III.4 Impact du stress thermique sur la mortalité

La mortalité survient lorsque les limites de l'adaptation des moyens de thermolyse du poulet conduisent à une situation de détresse physiologique. Celle-ci connaît différents états dont l'alcalose respiratoire induite par l'hyperventilation pulmonaire jusqu'au dysfonctionnement du système nerveux central (MARDER et ARAD, 1989). Il a été observé également par SANDERCOCK *et al.* (2001) des mortalités en rapport avec l'altération de

l'intégrité et l'excitabilité des membranes musculaires suite à des modifications de la concentration du calcium intracellulaire.

Le phénomène de coup de chaleur est dû à une élévation excessive de la température corporelle de l'animal, il aboutit à une mortalité élevée et à des baisses de performances zootechniques. Les augmentations de mortalité touchent dans 80 à 90% des cas les élevages de poulets de chair et les baisses de performances concernent toutes les productions à des degrés divers (AMAND *et al.*, 2004).

En élevage intensif du poulet de chair, la croissance optimale des poulets est observée dans une plage de température ambiante variant de 18 à 20°C (YAHAV *et al.*, 1998). Aux environs de 37°C, des réactions en chaîne se produisent et occasionnent une hausse de la mortalité pouvant atteindre 60% (CHAKROUN, 2004). Lorsque le stress thermique est chronique (température ambiante de 27 à 35°C), il est observé par AÏT BOULAHSEN (1995) et FATHY (2006) une baisse des performances de croissance chez le poulet de chair et une légère augmentation de la mortalité.

IV. Impact du stress thermique sur la température corporelle

Plusieurs auteurs s'accordent à rapporter que la température corporelle des poulets augmente significativement lors d'une exposition à une température de 32°C (BEKER et TEETER, 1994 ; YAHAV et HURWITZ, 1996).

Les résultats des travaux de De BASILIO et PICARD (2002) corroborent ces résultats. En effet, dans cette étude, la température rectale des poulets est passée de 41,5 à 41,8°C lors d'exposition à températures ambiantes de 22 vs 32°C.

ZHOU et YAMAMOTO (1997) et COOPER et WASHBURN (1998) signalent quant à eux que l'évolution de la température corporelle des poulets de chair exposés à une température ambiante élevée augmente les premiers temps d'exposition, pour diminuer par la suite.

V. Impact du stress thermique sur l'utilisation digestive et métabolique des nutriments

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

Les conséquences principales de l'exposition chronique des poulets à de hautes températures sont la diminution de la consommation alimentaire ainsi que la réduction de la digestibilité des composants de l'aliment (GUIBERT, 2005).

La digestibilité des protéines et celle des acides aminés semblent toujours être altérées en ambiance chaude. Elles varient selon les matières premières utilisées (BONNET *et al.*, 1997; TEMIM *et al.*, 1999). À cet effet, les travaux de ZUPRIZAL *et al.* (1993) indiquent qu'en conditions chaudes, la digestibilité des protéines du tourteau de colza diminue de 12 % tandis que celle du tourteau de soja n'est réduite que de 2%. D'après BOUDOUMA (2008), la

digestibilité des protéines ainsi que celle de l'énergie métabolisable du son de blé sont réduites par une augmentation de la température d'élevage comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 2 : 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)

La digestibilité des matières grasses est aussi altérée en conditions de stress thermique. Les travaux de GERAERT *et al.* (1997) rapportent que chez des poulets de chair exposés pendant deux semaines à une température de 32°C, la digestibilité des acides gras est réduite, cette diminution est plus marquée surtout lorsque le rapport d'acides gras insaturés/acides gras saturés est élevé. Cette digestibilité altérée pourrait être due à un manque de sécrétion des sels biliaires en condition de chaleur.

Quant à la digestibilité des glucides, elle ne semble pas être affectée au chaud. En effet, GARRIGA *et al.* (2005) signale qu'au niveau intestinal et surtout jéjunal, le transport apical des hexoses est plus important et plus rapide. Ces mêmes auteurs affirment ces constatations par des mesures *in vivo* et précisent que la muqueuse du jéjunum du poulet de chair présenterait une plus grande capacité d'absorption du glucose. Cette observation est expliquée d'une part par l'augmentation de la longueur des microvillosités qui détermine à son tour l'accroissement de la surface de la bordure en brosse et d'autre part par l'augmentation de 50% de l'activité du transporteur Na dépendant du glucose (SGLT1). Les activités de la maltase et de l'amylase augmentent lors d'un coup de chaleur (GERAERT *et al.*, 1997). En revanche, ces mêmes activités ne sont pas modifiées en cas d'exposition chronique des oiseaux à la chaleur d'où la non altération de la digestibilité de l'amidon en conditions de stress thermique.

Le tableau 3 regroupe une synthèse bibliographique de quelques travaux sur l'utilisation digestive des composants alimentaires en conditions de stress thermique.

Tableau 3 : Synthèse bibliographique de quelques essais de digestibilité des nutriments chez les poulets de chair sous contrainte thermique.

Nutriments	Différence de digestibilité (%) par rapport à celle mesurée à une température de 22°C	Références
Protéines	-2	ZUPRIZAL <i>et al.</i> (1993)
	-3,1	BONNET <i>et al.</i> (1997)
	-4,7	
	-1,6	FILHO <i>et al.</i> (2007)
	-8,6	BOUDOUMA (2008)
Lipides	-1,2	BONNET <i>et al.</i> (1997)
	-4,2	
	+2,4	FILHO <i>et al.</i> (2007)
Amidon	+0,2	BONNET <i>et al.</i> (1997)
	-2,5	

V.2 Impact du stress thermique sur l'utilisation métabolique des nutriments chez la volaille

Pour certains auteurs, l'énergie métabolisable de l'aliment ne serait pas significativement affectée au chaud (BONNET *et al.*, 1997 et FILHO *et al.*, 2007) tel que indiqué dans le tableau 4, celle-ci serait même légèrement augmentée d'après les études de TESSERAUD et TEMIM (1999). En revanche, pour d'autres auteurs, l'énergie métabolisable serait diminuée (LARBIER et LECLERCQ, 1992 et GERAERT *et al.*, 1997).

Tableau 4: 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	3,024 ± 15
32	74,8 ± 0,9	63,3 ± 0,8	82,4 ± 0,9	3,037 ± 19

FILHO *et al.* (2007)

MS : matière sèche, PB : protéines brutes, EE : Matière grasse, EMA : énergie métabolisable apparente.

Cette variabilité des résultats peut s'expliquer par le fait qu'en conditions chaudes, l'énergie métabolisable est tributaire de plusieurs paramètres dont : l'ingéré alimentaire, l'âge, le génotype, la composition du régime et le sexe de l'animal.

V.2.1 Impact sur le métabolisme protéique

Les nutriments ne concourant pas de façon égale à la production d'extrachaleur, la digestibilité et le métabolisme des protéines sont réduits au fur et à mesure que la température augmente, compte tenu que des 3 nutriments, les protéines représentent ceux dont la thermogénèse est la plus élevée.

Les travaux menés par GERAERT *et al.* (1996) et TESSERAUD et TEMIM (1999) rapportent que la dépression de la croissance chez le poulet de chair soumis au stress thermique est en relation avec la réduction de la synthèse protéique suite à des modifications métaboliques et endocrines. L'augmentation du taux de la corticostérone et de la chute de la concentration de Triiodothyronine (T₃) dans le plasma lors du stress thermique a été démontrée par YUNianto *et al.* (1997) et LIN *et al.* (2004). Or, il est admis que ces hormones sont impliquées dans le dépôt des protéines chez la volaille et chez d'autres espèces animales (GRIZARD *et al.*, 1995 ; DEYHIM et TEETER, 1995).

Pour TESSERAUD et TEMIM (1999), en conditions de température ambiante élevée, la faible synthèse des protéines musculaires chez le poulet de chair peut résulter d'un défaut d'apport énergétique au muscle. Les travaux de TEMIM *et al.* (1999) précisent que la chaleur réduit particulièrement chez les poulets en finition la protéosynthèse au niveau du muscle *Pectoralis major*.

Quant aux résultats des travaux de MUJAHID *et al.* (2005), ils suggèrent que la chute du poids vif des volailles soumises au stress thermique serait liée à l'augmentation de la production de radicaux superoxydes dans les mitochondries des muscles pectoraux. Cette dernière étant en rapport avec la moindre régulation de la teneur des protéines non couplées (MUJAHID *et al.*, 2006).

V.2.2 Impact sur le métabolisme lipidique

L'adiposité accrue des poulets soumis au stress thermique a été rapportée par plusieurs auteurs. Dès 1987, HOWLIDER et ROSE notent que les teneurs de lipides totaux de la carcasse et de la graisse abdominale augmentent de 0,8 et de 1,6 % respectivement pour une élévation d'un degré Celsius de la température. AÏN BAZIZ (1996) confirme qu'à 32°C, les poulets ont une croissance réduite, mais qu'ils sont plus gras particulièrement au niveau sous-cutané. Elle suppose que les dépôts lipidiques pourraient s'expliquer par des modifications de flux circulatoires observés au chaud.

Quant à SANDS et SMITH (1999) ainsi que AHMED *et al.* (2006), ils constatent à l'issue de leurs travaux, qu'en conditions de stress thermique chronique, le dépôt de gras s'accroît chez le poulet de chair au niveau abdominal, intra musculaire et sous cutané.

Bien que chez les oiseaux la lipogenèse *de novo* n'ait lieu que dans le foie, HERMIER (1997) et AÏN BAZIZ (1996) ne signalent pas une augmentation des activités enzymatiques associées à la lipogenèse mesurées au niveau hépatique à 32°C, elles seraient plutôt diminuées. De ce fait, l'augmentation de l'engraissement au chaud serait due à une lipogenèse accrue, notamment à partir des glucides, composants classiquement majoritaires de la ration.

Observant que le dépôt de lipides est plus important chez les poulets recevant en conditions chaudes des régimes énergétiques, AÏN BAZIZ (1996) et TESSERAUD et TEMIM (1999) suggèrent que l'engraissement relativement important des poulets exposés au chaud s'expliquerait davantage par un dépôt des acides gras d'origine alimentaire, que par une lipogenèse *de novo*. Il y aurait donc une diminution de l'utilisation des acides gras déposés puisque l'activité de la β -hydroxy-acyl déshydrogénase et teneur plasmatique en D-3-hydroxybutyrate (indicateurs de la lipolyse) sont réduits.

V.2.3 Impact sur le métabolisme glucidique

Les travaux de PADILHA (1995) et GERAERT *et al.* (1996) concernant cette question ont clairement montré que le poulet exposé au chaud présente à jeun une diminution de la réponse à l'insuline sans modification de la glycémie et de l'insulinémie basales. Dans ces mêmes conditions, les animaux subissent une diminution du poids corporel (24,3 à 33,0%) et du gain de poids (16,0 à 43,4 %) comparativement à des animaux à thermoneutralité (YUNIS et CAHANER, 1999). BRAY et YORK (1979) expliquent ce phénomène par une difficulté de captation du glucose par les cellules musculaires. Un plus faible prélèvement périphérique de glucose par les muscles pourrait augmenter la disponibilité en glucose pour la lipogenèse dans le foie, favorisant le stockage de lipides.

V.2.4 Impact sur la composition corporelle

D'une manière générale, les études de PADILHA (1995) et JONES (1994) portant sur l'influence de la température sur la composition corporelle, rapportent une diminution de la teneur protéique et une augmentation de la teneur lipidique de la carcasse.

Ces conclusions sont approuvées par plusieurs travaux. En effet, l'étude de HENKEN *et al.* (1982), portant sur des poulets âgés entre 3 à 6 semaines et exposés à des températures ambiantes différentes (25 vs 35°C), montre que le gain protéique exprimé en g/j/kg de poids vif est diminué de 12 % chez les poulets soumis au stress thermique. GERAERT *et al.* (1993) indiquent que chez des poulets âgés de 3 à 9 semaines et soumis à un stress thermique (32°C), la composition corporelle en protéines est de -5% pour les lignées maigres et de -6% pour les lignées grasses par rapport à ceux maintenus à thermoneutralité. Quant à PADILHA (1995), il rapporte que dans les mêmes conditions d'ambiance précédentes, la composition corporelle en protéines des poulets âgés de 4 à 6 semaines est réduite de 54% par rapporte à celle des poulets soumis au challenge thermique.

La teneur lipidique des carcasses de poulet de chair s'élève en conditions chaudes. Plusieurs travaux ont rapporté cette observation, tels ceux de EL HUSSEINY et CREGER (1980) qui notent une augmentation de +9% de la teneur corporelle en matières grasses des poulets âgés de 1 à 6 semaines. HOWLIDER et ROSE (1989) notent une augmentation de 31 et 4% respectivement pour le gras abdominal déposé chez les sujets mâles et des femelles âgés de 3 à 7 semaines. Pour GERAERT (1995), la composition corporelle en gras de la carcasse est de +17% chez des poulets de chair de 4 à 6 semaines d'âge.

Par ailleurs, GERAERT *et al.* (1996) rapportent que l'exposition en ambiance chaude entraîne une réduction du dépôt protéique de l'ordre de -54% par rapport à celui observé chez les sujets évoluant à température ambiante de 22°C. La part de protéines et de lipides contribuant à l'énergie retenue par l'animal est également modifiée, elle est respectivement de -40% pour les protéines et de +20% pour les lipides.

Au vu de ces données bibliographiques, il ressort que les conditions de stress thermique ont un impact négatif sur l'utilisation digestive et métabolique des nutriments. La digestibilité des différents composants alimentaires à l'exception de celle des sucres semble toujours être altérée. Cette dépréciation est expliquée selon GUIBERT (2005) par une limitation de la production de chaleur basale due à un ingéré limité, cette réduction est de l'ordre de 25 à 35 % et est accompagnée d'une diminution de l'absorption intestinale. MASHALY *et al.* (2004) expliquent quant à eux l'altération de l'absorption intestinale dans des conditions de stress thermique par la réorientation du flux sanguin au niveau du tube digestif et des organes viscéraux vers la périphérie pour favoriser les échanges thermiques passifs. Pour UNI *et al.* (2001), l'altération de l'absorption intestinale en conditions de stress thermique est due à une diminution de la concentration en hormones thyroïdiennes T₃ et T₄, ces dernières étant impliquées dans la stimulation et la prolifération des tissus intestinaux. La chute de ces concentrations provoquerait une réduction du poids du jéjunum ainsi que celle de la hauteur et du volume de ses villosités, de ce fait, l'absorption intestinale serait biaisée dans ces conditions.

Quant à l'utilisation métabolique des nutriments, elle est également sous l'impact du stress thermique n'en demeure pas moindre. Il se traduit par une accumulation de graisses à tous les niveaux de la carcasse. Un apport énergétique insuffisant au muscle ou une modification du contexte hormonal pourrait selon TESSERAUD et TEMIM (1999) limiter la protéosynthèse et conduirait à un gain protéique faible. Une faible activité des enzymes de la dégradation des acides gras (indicateurs de la lipolyse) notée par GERAERT *et al.* (1996) favoriserait l'engraissement des poulets en ambiance chaude.

Chapitre III

Moyens de lutte contre la chaleur

I. Solutions d'ordre technique

Les stratégies mises en place pour minimiser les effets négatifs du stress thermique dans les élevages de poulets de chair, comprennent des solutions techniques qui reposent en premier lieu sur l'amélioration des conditions d'ambiance. Elles consistent en l'utilisation d'équipements (système de refroidissement d'air, pad-cooling, brasseur d'air, turbines... etc.), afin de gérer les paramètres à risque lors d'un stress thermique qui permettent le bien être des animaux. À cet effet, NORMAND (2007) recommande de favoriser la ventilation et les débits d'air du bâtiment, le débit de renouvellement de l'air recommandé étant de 4m³/h/kg PV. Toutefois, en présence d'un système de refroidissement, le débit de renouvellement de l'air serait de 3m³/h/kg de PV.

Il est également préconisé de réduire la densité animale compte tenu que TURKYILMAZ (2008) note que l'augmentation de ce paramètre de 15 à 25 poulets/m² affecte la survie des poulets en conditions de stress thermique (29°C).

L'augmentation du nombre de points d'eau est fortement recommandée en conditions de stress thermique car le ratio eau/aliment passe de 1,7 à 3,4 dans ces conditions selon GUIBERT (2005). La distribution d'eau fraîche (aux alentours de 18°C) est recommandée en ambiance chaude par XIN *et al.* (2002).

Il est aussi préconisé de réduire la durée de l'éclairage diurne particulièrement lorsque la restriction alimentaire est observée, AMAND *et al.* (2004) recommandent la réduction de l'éclairage durant la journée et son maintien durant la nuit, lorsque les animaux sont à nouveaux alimentés.

II. Solutions d'ordre nutritionnel

Des stratégies d'ordre nutritionnel ont été développées et sont actuellement appliquées pour lutter contre les effets néfastes du stress thermique. À cet effet, BARUA *et al.* (1998) proposent l'utilisation d'aliments hautement énergétiques pendant la nuit par rapport à une alimentation moins énergétique, le jour. TEMIM et TESSERAUD (1999) indiquent qu'en conditions de stress thermique, il est important d'utiliser des lipides et des protéines de bonne qualité afin de limiter la diminution de l'ingéré alimentaire en ces conditions. Dans cette perspective, pour GUIBERT (2005), il s'agit d'éviter d'augmenter le niveau protéique de la ration en conditions chaudes, mais en contre partie, veiller à une plus forte concentration énergétique de l'aliment par un apport lipidique supplémentaire. L'apport en acides aminés essentiels de synthèse (lysine et méthionine) est préconisé par BOUZOUAIA (2005).

• **Additifs et vitamines**

Plusieurs travaux ont présenté l'intérêt de l'adjonction d'additifs ou de vitamines à l'aliment à l'eau pour lutter contre le stress thermique chez la volaille. Les principaux additifs utilisés sont le bicarbonate de sodium et le chlorure de potassium (ALLAGUI *et al.*, 2004 ; KIDD *et al.*, 2003 et AHMAD *et al.*, 2008). L'intérêt de l'utilisation de l'acide acétique en conditions de températures ambiantes élevées a été signalé par KADIM *et al.* (2008) et HASSAN *et al.* (2009).

Le gain de poids des poulets de chair âgés de 5 semaines est significativement amélioré (+27%) par l'adjonction concomitante à l'eau de boisson de KCl et de Na HCO₃ (NASEEM *et al.*, 2005). La même tendance de résultats est observée par HASSAN *et al.* (2009) après addition à l'aliment d'acide acétique (2,5%). Introduite alors à l'eau de boisson (2 ml/l), cette molécule n'entraîne pas d'amélioration de la croissance du poulet de chair en conditions chaudes (AÏN BAZIZ *et al.*, 2010).

Tel que rapporté par AÏN BAZIZ *et al.* (2010), NASEEM *et al.* (2005) et ROUSSAN *et al.* (2008) l'indice de conversion serait amélioré par l'addition d'électrolytes à l'eau de boisson. La consommation hydrique n'est pas affectée par l'addition à l'eau d'électrolytes ou de vinaigre selon les travaux de DAI et BESSEI (2007) et HASSAN *et al.* (2009). En revanche, les travaux de NARONGSAK (2004) et FAIRCHILD et CASEY (2006) indiquent que l'addition d'électrolytes dans l'eau de boisson favorise la consommation d'eau ce qui permet aux poulets de lutter contre le stress thermique. Quant à HASSAN *et al.* (2009), ils rapportent une augmentation significative de la consommation d'eau (+8%) des poulets soumis au stress thermique et recevant une eau additionnée en acide acétique. Ce résultat n'est toutefois observé qu'après 4 semaines de traitement chez des poulets âgés de 30 jours.

Le taux de mortalité est réduit significativement chez des poulets de chair recevant de l'eau additionnée en électrolytes (KIDD *et al.*, 2003 et AHMAD *et al.*, 2008), il en est de même lorsque l'acide acétique est utilisé seul dans l'aliment (NASEEM *et al.*, 2005) ou en association avec de la vitamine A et de l'acide salicylique (ROUSSAN *et al.*, 2008 ; PURON *et al.*, 1997). Il est à signaler que les travaux de BORGES *et al.* (2004) et de AÏN BAZIZ *et al.* (2010) ne mettent pas en évidence l'intérêt de l'addition d'électrolytes à l'eau de boisson du poulet de chair, sur le taux de mortalité quelque soit la phase d'élevage considérée.

III. Solutions d'ordre génétique

La résistance à la chaleur est en partie contrôlée par des facteurs génétiques. En effet, il existe une grande variabilité de résistance à la chaleur entre souches, que ce soit suite à une exposition chronique à une température élevée ou à un coup de chaleur (ARAD et MARDER, 1982 ; LU *et al.*, 2007). Les souches à croissance lente présentent une résistance supérieure à celle des souches sélectionnées pour une croissance rapide (WASHBURN *et al.*, 1992; LEENSTRA *et al.*, 1992 ; EBERHART et WASHBURN, 1993). Aussi, les animaux maigres résistent mieux au stress thermique que les animaux gras. Cette différence de sensibilité à la

chaleur entre lignées maigres et grasses est liée du moins en partie à une plus grande difficulté des animaux gras à dissiper la chaleur (MAC LEOD et HOCKING, 1993).

Il a été également mis en exergue l'importance du gène cou-nu (*Na*), celui de l'absence de plumes (*Sc*), du plumage frisé (*F*) ou du nanisme lié au sexe (*dw*) pour développer des souches de poulets à thermotolérance appréciable. (MERAT, 1984 ; CAHANER *et al.*, 1993 ; 2003 ; MATHUR, 2003 ; LIN *et al.*, 2006 et N'DRI *et al.*, 2006).

Par ailleurs, le gène de polydipsie « di » déterminant l'augmentation de la consommation hydrique permet aux volailles de mieux résister au stress thermique (OBEIDAH *et al.*, 1977).

IV. Pratique de l'acclimatation précoce

Les techniques les plus utilisées pour lutter contre le stress thermique reposent sur une prédisposition à la chaleur de jeunes animaux pour les rendre résistants ultérieurement à de fortes températures ambiantes. Les termes rapportés par la littérature spécialisée sont ceux d'acclimatation et d'acclimatement.

Le terme « acclimatation » correspond selon WHITTOW (2000) à des changements induits par une longue exposition des animaux à une température particulière dans les conditions de laboratoire ou en conditions contrôlées.

En conditions d'élevage, la possibilité qu'ont les oiseaux d'évoluer dans des conditions de températures variables est qualifiée « d'acclimatement ». Cette capacité a pour objet des changements du métabolisme qui permettent aux animaux de s'adapter aux variations du climat, habituellement rencontrée en conditions de terrain (De BASILIO, 1999).

Les travaux réalisés par WHITTOW (1986), rapportent que la température corporelle des volailles est significativement plus élevée en été qu'en hiver, et que les variations qu'elles montrent pendant l'acclimatement ou l'acclimatation, sont similaires ; il en déduit alors l'absence de différence fondamentale entre ces deux termes.

N'DRI (2006) définit l'acclimatation précoce en tant qu'exposition à court terme des poussins à un stress thermique durant la première semaine de vie alors que la régulation de la température corporelle et les mécanismes du « feed back » au niveau de l'axe hypothalamo-hypophysio-thyroïdien ne sont pas encore matures. Il est possible à travers cette technique de modifier le seuil de thermorégulation naturelle (production ou perte de chaleur) lors de sa mise en place (YAHAV et MAC MURTRY, 2001 et YAHAV *et al.*, 2004). L'adaptation des poulets de chair aux fortes augmentations de la température ambiante peut être également améliorée selon LETERRIER *et al.* (2009) par des stimulations thermiques préalables dans la première semaine de vie. Les mêmes auteurs indiquent que la stimulation précoce des mécanismes d'adaptation à la chaleur semble améliorer le développement du système de thermorégulation, ceci dès 24 heures après l'acclimatation jusqu'à la fin de l'élevage.

IV.1 Modalités de l'acclimatation précoce

Cette technique est mise en pratique différemment d'une étude à l'autre. Ainsi, selon MELTZER (1987), l'acclimatation des volailles peut être atteinte par des expositions journalières répétées et courtes à des températures élevées.

JORDAN (1996) recommande plutôt une exposition graduelle à des températures croissantes, tandis que AMAND *et al.* (2004) préconisent d'exposer les poulets de 15 à 35 jours d'âge à des températures supérieures de 2 à 3°C à celles préconisées par les guides d'élevage des souches exploitées.

L'acclimatation de type «tardive» est, quant à elle, menée au-delà de 21 jours d'âge et confère une thermorésistance intéressante aux animaux (SYKES et FATAFTAH, 1986 ; LIEW *et al.*, 2003).

À l'opposé de l'acclimatation tardive, la pratique d'acclimatation peut également intéresser des embryons. À cet effet, les travaux de COLLIN *et al.* (2005) révèlent que l'exposition à une température élevée pendant le 16^{ème} et le 18^{ème} jour d'incubation favoriserait la thermotolérance des poussins.

Les différentes modalités de la mise en pratique de l'acclimatation rapportée par la bibliographie spécialisée sont synthétisées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Différentes conditions d'application de la technique d'acclimatation.

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

IV.2 Caractéristiques de l'acclimatation précoce

La mise en acclimatation précoce est très variable selon l'âge de l'exposition des poussins, l'intensité de la température ainsi que la durée de celle-ci.

La première exposition des poussins est généralement pratiquée dès la première semaine de vie (avant l'âge de 7 jours). WIDEMAN *et al.* (1994) préconisent le 7^{ème} jour d'âge pour acclimater les poussins, alors que INOUE *et al.* (1995) proposent une double exposition durant le 3^{ème} et le 7^{ème} jour d'âge.

YAHAV et MAC MURTRY (2001) étudiant l'effet de l'âge auquel le poussin subit l'acclimatation précoce sur les performances ultérieures, montrent que l'âge de 3 jours permet une meilleure thermorésistance et de meilleures performances zootechniques chez le poulet de chair en finition.

Quant à la température observée lors de l'acclimatation des oiseaux MAC DONALD *et al.* (1990) notent que celle variant entre 35 à 38°C, ne permet pas d'atteindre l'objet escompté de la technique. En revanche, il ressort des travaux de YAHAV et HURWITZ, (1996) ; De BASILIO, (1999) et De BASILIO *et al.* (2001) que lorsque la température d'exposition se situe dans la plage de 36 à 37,5°C, la résistance au stress thermique en fin d'élevage est améliorée.

Dans une synthèse bibliographique sur la question De BASILIO et PICARD (2002) rapportent que l'efficacité de la technique d'acclimatation est subordonnée à une durée d'exposition de 24 heures. En effet, pour une durée de 12 heures (40°C au 5^{ème} jour d'âge), De BASILIO *et al.* (2003) n'observent pas une diminution significative de la température corporelle des poussins. Les différentes modalités de la mise en pratique de l'acclimatation ainsi que celles du coup de chaleur rapportées par la bibliographie spécialisée sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 6: Différentes modalités d'application des techniques d'acclimatation précoce et coup de chaleur chez les poulets de chair.

Références	Acclimatation précoce			Stress thermique final			Réduction des mortalités (%)
	Nombre de poulets	Age (J)	Température (°C)	Age (J)	Durée (h)	Température (°C)	
ARJONA <i>et al.</i> (1988)	496	5	35-37,5	44-45	8	35-37,5	63
SMITH et GHEE (1990)	28	5	38	21-49	12	24-35	2
YAHAV et HURWITZ (1996)	40	5 et 7	36	42	6	35	15
YAHAV et MAC MURTRY (2001)	60	2 3 4	36 36 36	42 42 42	6	35 1	11 10 8
De BASILIO <i>et al.</i> (2001)	75	5	38±1	34	7	36±2	39

V. Pratique du retrait alimentaire

La pratique du retrait alimentaire est une des méthodes de lutte contre le stress thermique aigu chez la volaille (FRANCIS *et al.*, 1991 et MAC LEOD *et al.*, 1993). Cette technique consiste à mettre à jeun les animaux avant et pendant le coup de chaleur, dans le but de limiter le dégagement de chaleur dû à la consommation alimentaire, elle permet de réduire la mortalité des poulets (AMAND *et al.*, 2004).

Afin d'optimiser les résultats de la pratique de la restriction alimentaire à l'âge de 4 semaines d'élevage, AMAND *et al.* (2004) préconisent d'initier les animaux à un retrait alimentaire dès l'âge de 15 à 20 jours, et lors des heures les plus chaudes. Toutefois, SMITH et TEETER (1988) ; BOUVAREL *et al.* (1997) et MAC DONALD *et al.* (1990) précisent que le retrait alimentaire de courte durée pratiqué pendant les heures les plus chaudes du jour permet également d'atténuer efficacement les effets du stress thermique sur les performances animales.

Le retrait alimentaire peut constituer pendant les 2 dernières semaines de vie une intervention d'urgence compte tenu que PEREZ *et al.* (2006) signalent une réduction du taux de mortalité et une moindre diminution des performances dans ces conditions. En revanche, selon que le retrait alimentaire soit effectué en début ou en fin d'élevage, ÖZKAN *et al.* (2003) indiquent que la prise pondérale par les poussins ou poulets n'est pas similaire.

Les différentes conditions de la mise en pratique du retrait alimentaire sont présentées dans le tableau 7.

Tableau 7: Conditions d'observation du retrait alimentaire par quelques auteurs.

Auteurs	Le retrait alimentaire			Résultats
	Age (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"> • La température rectale diminue par rapport à celle des sujets alimentés. • Absence des mortalités liées au stress thermique
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"> • Diminution de la température rectale • Réduction du taux de mortalité • Meilleur indice de conversion • Amélioration du gain de poids.
LOZANO <i>et al.</i> (2006)	28	7	13J	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la croissance • Détérioration de l'indice de conversion • Augmentation de la température corporelle.
SOUTYRINE <i>et al.</i> (1998)	28	6 à 10	4 ^{ème} et la 7 ^{ème} semaine d'âge	<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du poids vif • Augmentation de la consommation d'eau • Amélioration de l'efficacité alimentaire • 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.
ÖZKAN <i>et al.</i> (2003)	35	6	5 ^{ème} et 6 ^{ème} d'âge.	Diminution de la température corporelle.

Chapitre IV

Impact de la technique de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire chez le poulet de chair

I. Impact sur les performances zootechniques et le taux de mortalité

I.1 Impact sur la consommation alimentaire et hydrique

Une élévation de température ambiante entraîne une baisse de la consommation alimentaire. La majorité des travaux indiquent qu'une acclimatation précoce entraîne une diminution de l'ingéré alimentaire, ce qui se traduit par une réduction du poids corporel (RAHIMI, 2005). Cette réduction est compensée juste après le traitement par une croissance compensatoire.

Les travaux de De BASILIO *et al.* (2001) révèlent que l'ingéré alimentaire est en partie régulé par les variations de la température corporelle, une réduction durable d'environ 0,20 °C (acquise grâce à l'acclimatation) de la température corporelle pourrait induire une consommation alimentaire supérieure en climat chaud contraignant.

Quant à la consommation d'eau, les résultats rapportés par BOUGON *et al.* (1996) et ARJONA *et al.* (1990) ne font état d'aucune augmentation de la consommation d'eau durant l'élevage des poulets acclimatés au 5^{ème} jour. Après le coup de chaleur (44^{ème} jour d'âge) ARJONA *et al.* (1990) notent une consommation d'eau plus importante des poulets. En revanche, la pratique du retrait alimentaire favoriserait la consommation de l'eau. Les résultats des essais réalisés par SOUTYRINE *et al.* (1998) indiquent qu'en conditions de stress thermique, un retrait alimentaire s'accompagne d'une augmentation de la consommation d'eau corrélée positivement ($R^2= 0,83$) avec l'efficacité alimentaire.

I.2 Impact sur le poids vif et le gain de poids

À cet effet, les travaux de YAHAV *et al.* (1995) et YAHAV et PLAVINK, (1999) montrent que pendant la période du traitement de l'acclimatation précoce (24 h) à une température ambiante de $36 \pm 1^\circ\text{C}$ (70 à 80% d'humidité) durant la première semaine de vie, il est observé une réduction du poids corporel des poussins. Ces mêmes auteurs précisent que cette chute de poids est compensée ultérieurement, aboutissant en fin d'élevage à une meilleure prise pondérale (2040 vs 1851 g) chez les sujets acclimatés relativement à ceux qui n'ont pas subi le traitement. La même tendance de résultats est observée par YAHAV et MAC MURTRY (2001) et ZHOU et YAMAMOTO (1997) qui indiquent qu'en raison de l'induction du choc thermique, les poulets acclimatés montrent un taux de croissance plus élevé. Ces mêmes auteurs expliquent cette amélioration de la croissance par un meilleur taux de conversion des aliments, tels que rapportés par TEMIM *et al.* (2009) : 2,37 vs 2,28 chez les acclimatés.

Quant à la restriction alimentaire, plusieurs études rapportent une réduction de la croissance des oiseaux pendant la période de restriction (PLAVNIK et HURWITZ, 1985; ACAR *et al.*, 1995; ZUBAIR et LEESON, 1996; GOVAERTS *et al.*, 2000). Cette réduction pondérale est moins élevée lors des phases de la réalimentation. En revanche, pendant la période de la croissance compensatoire, l'efficacité alimentaire est améliorée (WASHBURN, 1990; PLAVNIK et HURWITZ, 1991; SUSBILLA *et al.*, 1994) et le dépôt de gras de la carcasse est réduit (WASHBURN, 1990; PLAVNIK et HURWITZ, 1988; FERKET et SELL, 1990). Ces observations sont en rapport avec la relation qui lie le gain de poids et l'efficacité alimentaire à la réalimentation des volailles durant les heures les plus fraîches (ZHOU et YAMAMOTO, 1997 et ZULKIFLI *et al.*, 2000).

Dans cette optique, les travaux menés par SOUTYRINE *et al.* (1998) sur des poulets de chair exposés à des températures cycliques de 25 à 38°C et une humidité relative de 50% à 80%, entre la 4^{ème} et la 7^{ème} semaine d'âge montrent, comparativement aux poulets témoins, une amélioration significative du poids vif et de l'efficacité alimentaire lorsqu'ils sont soumis à une restriction alimentaire. Ce résultat est observé quel que soit la durée quotidienne de restriction (6, 8 ou 10 heures), le retrait observé pendant 10 heures étant celui qui permet les meilleures performances.

L'impact de la restriction alimentaire ne serait pas toujours intéressant compte tenu que LOZANO *et al.* (2006) rapportent quant à eux une diminution du gain de poids chez des poulets âgés entre 28 jours et 42 jours d'âge, lorsqu'ils sont soumis à une restriction alimentaire pendant 7 heures en conditions de températures cycliques (25-32°C).

En définitive, au vu des différents travaux réalisés sur l'intérêt de la restriction par PICARD *et al.* (2006) ; SOUTYRINE *et al.* (1998) et de LOZANO *et al.* (2006), il ressort que l'intérêt de cette pratique n'est atteint que si la température ambiante d'élevage des poulets de chair est supérieure à 32°C.

I.3 Impact sur la mortalité

L'effet de l'acclimatation précoce le plus intéressant et le plus souvent publié est celui de la réduction de la mortalité lors d'un coup de chaleur entre la 5^{ème} et la 6^{ème} semaine de vie des poulets (De BASILIO et PICARD, 2002). Cette réduction est de l'ordre de 63% aussi bien lorsque le challenge thermique (35-37,5°C) est observé entre le 44^{ème} et 45^{ème} jour d'âge (ARJONA *et al.*, 1988) qu'entre le 43^{ème} et le 44^{ème} jour d'âge (ARJONA *et al.*, 1990).

Pour PEREZ *et al.* (2006), la résistance des sujets à la chaleur est davantage liée à la différence de poids vif et de vitesse de croissance, comme relaté précédemment par BERRONG et WASHBURN (1998) à travers des taux de mortalité de 2 et 25 % respectivement enregistrés chez des animaux à croissance rapide et lente, lors d'un coup de chaleur à 38 °C.

La restriction alimentaire semble présenter des intérêts similaires à la pratique de l'acclimatation précoce dans des conditions de stress thermique chronique ou aigu. En effet, les travaux de ABU DIEYEH (2006) sur la pratique de la restriction alimentaire à des niveaux de 50 et 75 % en conditions chaudes (35°C) montrent que le taux de mortalité est de 12 % pour les poulets nourris *ad libitum* et de 5 et 0% respectivement pour les sujets soumis à une restriction alimentaire de 50 et 75%. Il a été observé que la capacité de survie des oiseaux est associée à

une moindre consommation alimentaire, un poids corporel diminué et une baisse de production de chaleur métabolique tout au long de la période de l'expérimentation. Ces observations concourent à la réduction de la sensibilité au stress thermique des poulets soumis à la restriction alimentaire.

Les mêmes observations sont rapportées par d'autres auteurs tels que LI *et al.* (1992) et WIERNUSZ et TEETER (1996) confirmant ainsi que l'acquisition d'une thermotolérance à la chaleur suite à un retrait alimentaire, serait en relation avec une diminution de la production de chaleur suite à une baisse de la consommation alimentaire des poulets. Ces résultats abondent dans le même sens que ceux observés par SMITH (1992) ; ZULKIFLI *et al.* (2000) ; RINCON et LEESON (2002) ; BOUVAREL *et al.* (1997) ; SOUTYRINE *et al.* (1998) et BOUDOUMA *et al.* (2010) qui ont observé l'effet significatif de l'impact de la restriction alimentaire sur la mortalité chez les poulets soumis à une contrainte thermique.

II. Impact sur la température corporelle

Les observations de De BASILIO et PICARD (2002) montrent que la mort des volailles est toujours accompagnée d'une hyperthermie (environ 46°C) sans que l'on puisse être certain que celle-ci soit la cause directe de la perte de l'animal ou bien la conséquence d'une défaillance du système cardio-respiratoire. Néanmoins, la température corporelle étant un bon indicateur de risque, elle annonce au niveau de 44°C un pronostic de survie défavorable.

À cet effet, YAHAV *et al.* (1997) ; YAHAV et HURWITZ (1996) et De BASILIO (2001 *et al.*) révèlent qu'un stress thermique initial au 5^{ème} jour d'âge, avec une exposition à 36°C pendant 24 heures, provoque une élévation de la température corporelle de 1°C, celle-ci étant mesurée au niveau du cloaque. En revanche, la température corporelle connaît une baisse notable durant les 48 heures qui suivent le traitement de l'acclimatation.

Le conditionnement thermique en début de vie des poussins améliore la résistance des poulets de chair au stress thermique et réduit la température corporelle (De BASILIO *et al.*, 2003). Cette observation est confirmée par AMAND *et al.* (2004) chez des poulets de chair exposés à un stress thermique à 6 semaines d'âge.

La synthèse bibliographique de De BASILIO *et al.* (2001) montrent que dans la plupart des études, la température corporelle des animaux acclimatés reste significativement inférieure de 0,13 à 0,25°C à celle des témoins durant toute la période de l'élevage ; cet écart peut même se creuser et passer à 1°C pendant une exposition à un choc thermique en finition, la différence de température corporelle est perceptible chez les animaux vivants et même chez ceux venant juste de mourir. Ces données vérifient les résultats des expériences menées par De BASILIO *et al.* (2003).

Le retrait alimentaire entraîne la même évolution de la température corporelle chez les poulets de chair, ce paramètre est réduit tel que rapporté par AÏT BOULAHSEN *et al.* (1989) ; SOUTYRINE *et al.* (1998) et GARY *et al.* (2003). Ces mêmes constatations sont rapportées par les travaux de ÖZKAN *et al.* (2003) qui ont porté sur le retrait alimentaire de poulets de chair pendant 6 heures (de 10 à 16 heures) à la 5^{ème} et 6^{ème} d'âge. Ces auteurs indiquent que le jeûne de courte durée est une méthode efficace pour réguler la température rectale des poulets.

Conclusion bibliographique

L'étude bibliographique réalisée s'est intéressée aux facteurs de l'équilibre thermique de l'oiseau, leurs réponses physiologiques au stress thermique et l'impact de celui-ci sur les performances de la volaille. Les différents moyens de lutte contre les effets de la chaleur ont été développés, particulièrement celui de l'acclimatation précoce des poussins et celui du retrait alimentaire. L'impact de ces deux techniques sur les performances zootechniques ainsi que sur la température corporelle des poulets a été présenté.

Les techniques de l'acclimatation précoce et du retrait alimentaire permettent d'atténuer l'effet drastique de la chaleur dans les élevages de poulets de chair particulièrement en période de finition, mais ne peuvent en aucun cas se substituer à l'aménagement du local d'élevage adapté pour réduire l'effet de la chaleur par un choix judicieux des matériaux de construction du local, de dispositifs adéquats de contrôle de l'ambiance (refroidisseurs, brumisateurs...) et d'une conduite de l'élevage adéquate (densité animale, qualité et distribution de l'aliment, etc....).

Bien que (comme rapportée par la bibliographie) ces techniques aient l'avantage d'être facilement applicables sur le terrain et de peut pas nécessiter un coût particuliers, elles ne sont pas pratiquées dans le contexte Algérien et n'ont fait jusque là, que l'objet de quelques travaux expérimentaux.

Notre essai d'inscrit dans le cadre de l'évaluation de ces techniques dans un cadre local, outre l'intérêt à leur impact sur les performances zootechniques de l'animal, nous nous intéressons également à leurs retombées sur la qualité chimique des muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* et *Gastrocnemius* de la carcasse du poulet de chair.

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

MATÉRIEL
ET
MÉTHODES

I. Objectifs de l'étude

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de l'exposition précoce des poussins à des températures élevées d'élevage et celui du retrait alimentaire lors d'un coup de chaleur sur les performances zootechniques des poulets de chair soumis en fin d'élevage à un stress thermique. Dans ces conditions d'élevage, nous avons également étudié la qualité physico chimique des muscle des poulets sacrifiés à l'âge de 50 jours ainsi que le poids de leurs différents organes internes.

II. Matériel et méthodes

II.1 Matériel

II.1.1 Bâtiment d'élevage

L'expérimentation a été réalisée dans un bâtiment de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) aménagé pour l'élevage avicole du poulet de chair. Cet essai a été mené durant la période estivale du 26 Juillet au 13 Septembre 2008.

Le bâtiment ayant servi à l'expérimentation est de type semi obscur à ambiance non contrôlée et d'une surface de 63,92 m². Il comprend deux rangées de 6 loges (d'une superficie de 3,52 m² chacune) permettant une densité de peuplement de 10 sujets/m² (32 sujets au total). Un couloir de 1,20 m de largeur traversé par une rigole, sépare les 2 rangées de loges.

Deux semaines avant la mise en place de l'élevage, le bâtiment ainsi que tout le matériel d'élevage a été nettoyé. Il a été procédé au chaulage des murs, des parois et du sol. En dernier lieu, une pulvérisation d'une solution de TH4⁺ à 0,5 % a été pratiquée après paillage (10 cm d'épaisseur) des loges.

Vingt quatre heures avant la réception des poussins, les mangeoires et les abreuvoirs (remplis d'eau contenant de l'anti-stress) ont été disposés dans les loges, et les éleveuses à gaz ont été mises en marche. Afin de maintenir les poussins durant la phase de démarrage sous la source de chaleur, des protections en carton ou en polystyrène ont été placées pour délimiter l'espace approprié (photo 1). La température ambiante du local a été maintenue durant la première semaine d'âge conformément aux recommandations du guide d'élevage.



Photo 1: Aménagement des loges

Le régime d'éclairage adopté est de type continu, il a été assuré par 6 lampes à néon de 18 watts distantes l'une de l'autre de 2,05 m et de 2 autres lampes à néon d'intensité de 36 watts disposées à l'entrée du bâtiment. La ventilation du bâtiment a été assurée par une ouverture murale de 0,67 m² située au fond du bâtiment et d'un extracteur de type ventilation par dépression, tous deux situés à une hauteur de 2m.

Quotidiennement, les opérations de nettoyage du bâtiment et du matériel d'abreuvement ainsi que le renouvellement du pédiluve ont été menés.

Un programme de prophylaxie a été suivi durant la période d'élevage, il nous a été recommandé par les services vétérinaires (tableau 3 en annexe).

Avant, pendant et après toute manipulation sur les poulets : pesée, vaccination, répartition en lot, acclimatation et retrait alimentaire, de l'anti-stress (Terramycine Anti S) a été utilisé à raison de 1g dans 8l d'eau de boisson. Les différentes vaccinations réalisées durant l'élevage ont été faites par voie d'abreuvement.

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 et provenant du couvoir de Rouiba (AVIGA).

Dès la réception (photo 2a) des poussins, ils ont été laissés au calme pendant dix minutes avant d'être pesés (photo 2b). Suite à cette opération, ils ont été répartis aléatoirement en deux lots (photo 2c), l'un de 150 poussins (lot T⁺) et l'autre 245 poussins (lot T⁻). Le lot T⁺ est constitué de poussins exposés à une température d'élevage en loge, plus élevée (de +2°C) que celle des poussins du lot T⁻. Ce dernier représente le témoin de cette expérience.



Photo 2: a. Réception des poussins. b. Pesée individuelle des poussins dès leur réception c: Mise en loge

L'exposition à la chaleur des sujets du lot T⁺ s'est matérialisée par la manipulation du radiant à gaz afin d'obtenir une température moyenne de 37,2°C durant 24 heures. Ces conditions thermiques d'élevage se rapprochant de celles de la technique d'acclimatation, ont été appliquées le 5^{ème} et le 7^{ème} jour d'élevage.



Photo 3: Exposition à la chaleur des poussins à J5 et J7

À la fin de la période de démarrage, les poussins ont été repartis en 12 loges (photo 4a) tel que indiqué dans le protocole expérimental (figures 6 et 7). Dès le début de la phase de croissance, l'aliment a été pesé préalablement et distribué quotidiennement aux poulets. La ration quotidienne a été distribuée à 9, 13 et 16h00 dans le même ordre d'alignement des loges. En fin de la période de croissance l'ensemble des sujets a été pesé individuellement (photo 4b).



Photo 4: a. Vue d'ensemble du bâtiment

b. Pesée individuelle

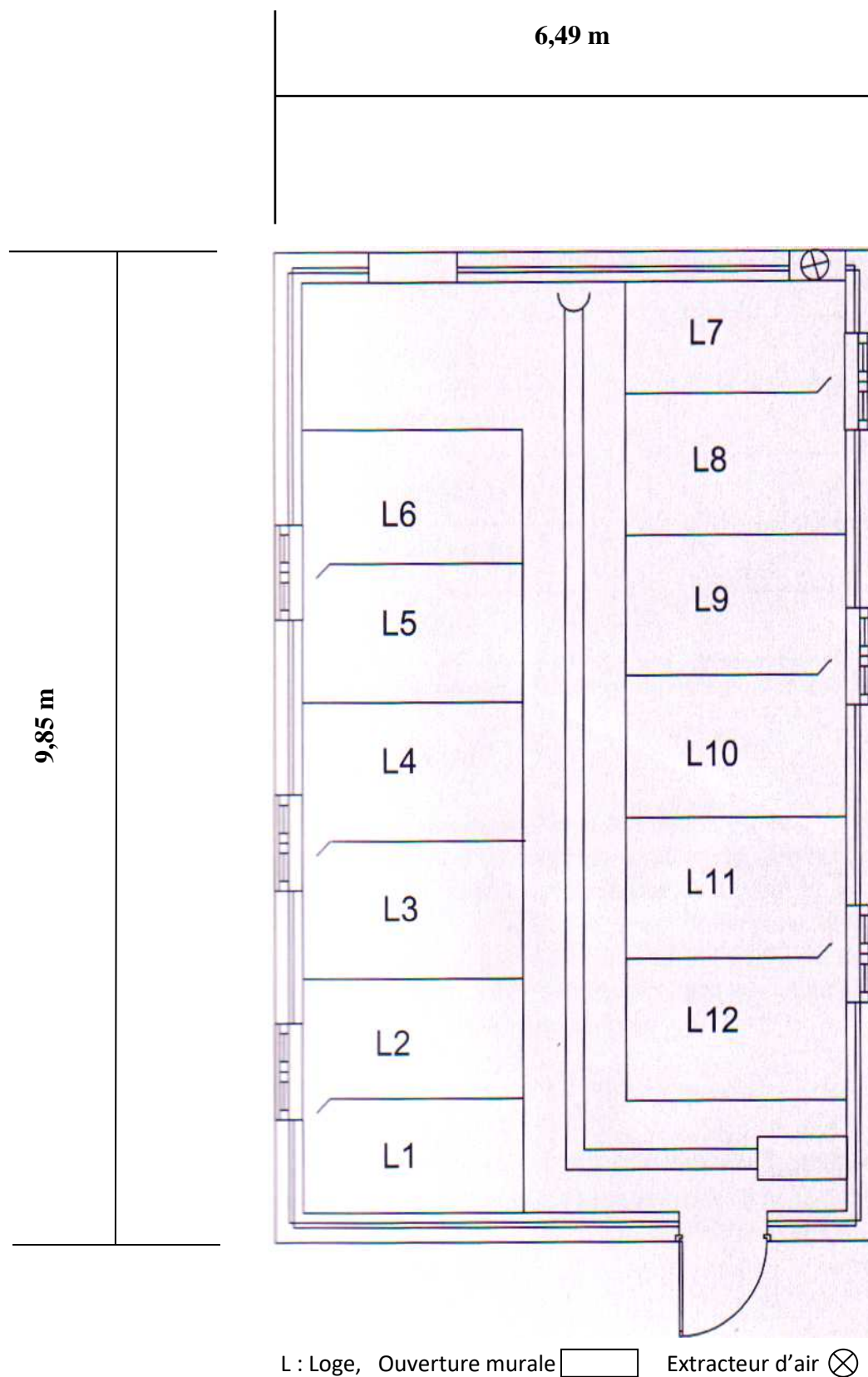
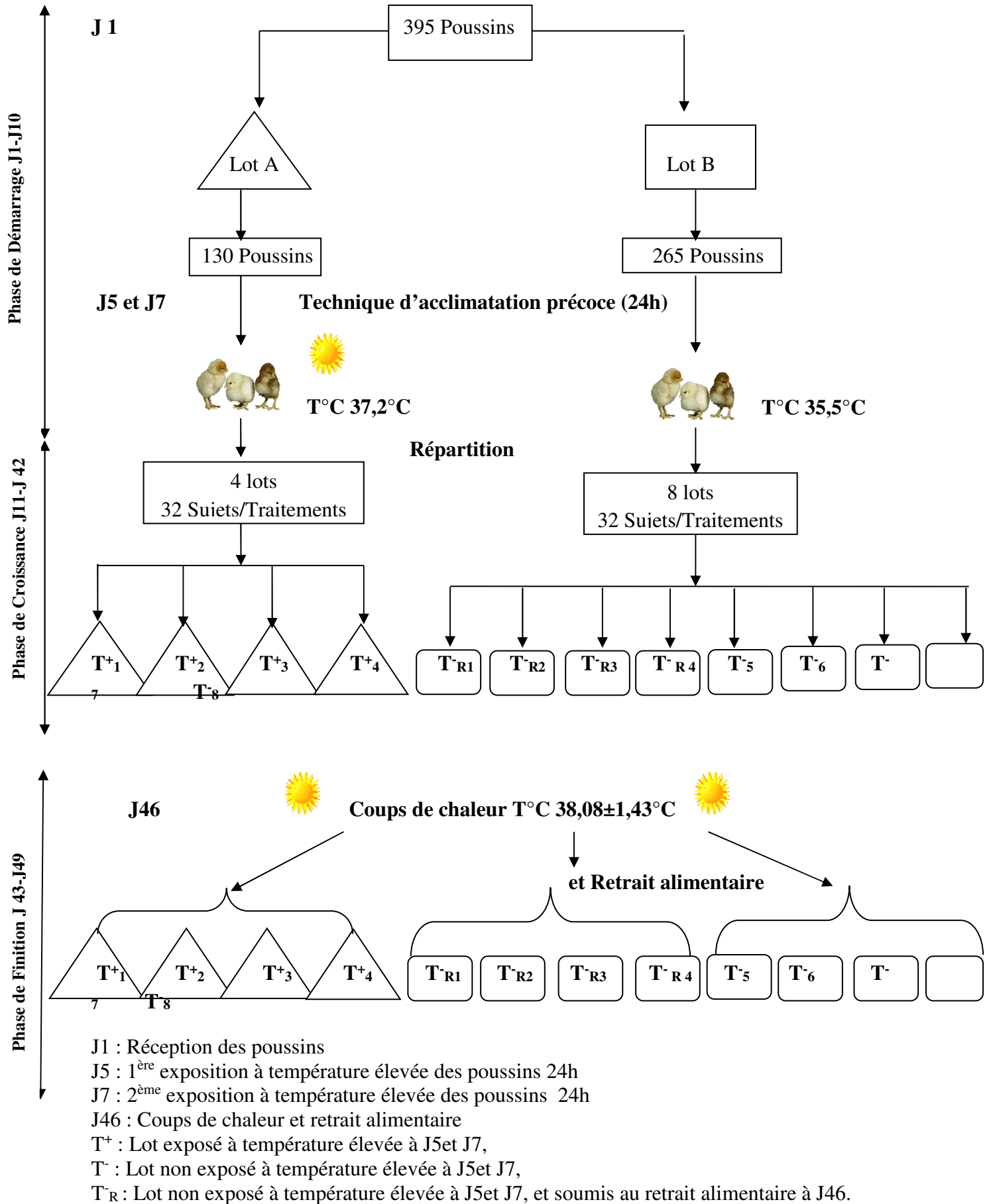


Figure 6: Schéma descriptif du bâtiment d'élevage avicole.

Figure 7: Schéma représentatif du protocole expérimental adopté.



Au 46^{ème} jour d'âge en fin de la phase de finition, un coup de chaleur consistant en une élévation soudaine et brutale de la température ambiante durant quelques heures est pratiqué. Cette manipulation simule les conditions algériennes d'élevage du poulet de chair pratiquées en période estivale lors de l'arrivée d'un sirocco par exemple et nous permet d'apprécier l'efficacité du conditionnement thermique appliqué aux poussins au jeune âge (5 et 7^{ème} jour d'âge). À cette fin, les éleveuses à gaz ont été mises en marche dès 6h00 du matin (photo 5 a), permettant à la température ambiante du bâtiment de passer de 30°C à 38,08±1,43°C en 2h 30 de temps. Le coup de chaleur a été maintenu pendant 6 heures (8h30 à 14h30), période durant laquelle la température ambiante ainsi que l'hygrométrie relative ont été relevées toutes les demi heures.

Lors du coup de chaleur, 3 groupes de poulets du lot T⁻ (n'ayant pas fait l'objet d'acclimatation) ont été privés d'alimentation durant la période du challenge thermique (8h30 à 14h30) ce groupe d'animaux représente le lot T_R (R: restriction alimentaire). L'ensemble des poulets a présenté ce jour là un état de soif important (photo 5b) accompagné d'halètement (photo 5c).

Dès la fin de l'application des deux techniques (coup de chaleur et retrait alimentaire), il a été procédé à l'extinction des éleveuses à gaz, à l'aération du bâtiment, à la redistribution de l'aliment pour les animaux du traitement (T_R) et distribution d'anti-stress pour l'ensemble de l'effectif.



Photo 5 : a. Allumage des radians b. Poulets Assoiffés c. Halètement des poulets

En fin d'élevage, au 49^{ème} jour d'âge les poulets de chair ont été sacrifiés par saignée (photo 6)



Photo 6 : Abattage par saignée des poulets.

II.1.3 Les aliments

L'aliment distribué aux poulets de chair durant toute la période d'élevage est fabriqué par l'ONAB. Ses caractéristiques chimiques et nutritionnelles diffèrent selon l'âge de l'animal. Les teneurs énergétiques des aliments distribués en période de démarrage, croissance et finition sont respectivement de 2810-2900, 2900 et 2950 kcal /kg ; leurs taux protéiques respectifs sont de 21, 19 et 17%.

II.2 Méthodes

II.2.1 Méthodes de mesure et de contrôle des paramètres d'ambiance

Tout au long de la période d'élevage, les prises de température ont été effectuées à l'aide de thermomètres à mercure. Elles ont concerné la température ambiante lue sur des thermomètres (placés à l'entrée du bâtiment et au fond de celui-ci) et la température sous éleveuse et celle des loges qui n'ont été notées qu'au cours de (J5 et J7). Les températures ont été enregistrées plusieurs fois par jour (9 13, 17 et 18h00), tandis que lors du jour du coup de chaleur l'enregistrement a été fait chaque demi heure (de 8h30 à 14h30). L'hygrométrie relative a été mesurée à l'aide de deux hygromètres placés aux 2 extrémités du bâtiment aux mêmes heures des relevés de température.

II.2.2 Méthodes de mesures des paramètres zootechniques

Les performances zootechniques sont exprimées sous forme de valeurs moyennes (3 répétitions) pour chaque traitement (T^+ , T^- et T_R). Les mesures ont été réalisées au cours de 3 phases d'élevage, mais tout particulièrement celles de croissance et finition pour lesquelles l'ingéré alimentaire, le poids vif, l'indice de consommation et le taux de mortalité ont été étudiés. Ce dernier a été également calculé lors de 5^{ème}, 7^{ème} et 46^{ème} jour d'âge.

II.2.2.1 L'ingéré alimentaire

La mesure de la consommation alimentaire (g) a été appréciée par différence entre les quantités distribuées et refusées. Les résultats sont exprimés alors en g/j/sujet ou en g/sujet/phase.

Dès le début de la période de croissance et jusqu'à la fin de l'élevage (J11 à J49), la distribution de l'aliment préalablement pesé a été faite toujours dans le même ordre d'alignement et ce à raison de 2 prises quotidiennes (9h et 16h). Les refus alimentaires ont été quant à eux pesés 24 h après distribution et dans le même ordre d'alignement.

II.2.2.2 Le poids vif des poulets

Le poids vifs (g) des poulets de chair a été mesuré 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 ingéré et le poids vif par poulet pour les phases de démarrage et de croissance. Il est déterminé par la formule suivante :

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

II.2.2.4 Le taux de mortalité

Le taux de mortalité est calculé pour chacune des 3 phases d'élevage, les taux de mortalité pour le 5^{ème} et le 7^{ème} jour d'âge (traitement d'acclimatation) ainsi que pour le 46^{ème} jour d'âge (coup de chaleur) ont été également calculés. Le calcul utilisé est le suivant :

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

II.2.3 Méthodes analytiques

II.2.3.1 Méthodes de mesures biologiques

II.2.3.1.1 Conditions de mesure de la température rectale

La mesure de la température corporelle des oiseaux, (par la prise des températures rectales), a été effectuée à l'aide de thermomètres à mercure (photo 7), ce dernier a été inséré dans le cloaque (à une profondeur moyenne de 3cm) en prenant le temps nécessaire pour la stabilisation du mercure au niveau d'une graduation donnée.



Photo 7: Prise de température rectale des poulets.

En période de démarrage, les prises de la température corporelle ont concerné 20 sujets identifiés lors du traitement d'acclimatation précoce (5^{ème} et 7^{ème} jour d'âge). Elles ont été faites avant, pendant et après acclimatation soit à 9, 13, 17h00, et le lendemain à 10h00 (25h après début de l'acclimatation).

En période de finition, au 46^{ème} jour d'âge (coup de chaleur), la température rectale des poulets (15 par traitement, soit 5 par loge) a été mesurée à 12 heures.

II.2.3.1.2 Méthodes de prélèvement des organes internes pour pesée

En fin d'élevage, 36 poulets de poids vif moyen homogène ont été abattus (12 poulets par traitement, dont 6 mâles et 6 femelles). Ils ont été plumés et disposés en position dorsale, membres postérieurs écartés jusqu'à désarticulation du bassin. Une incision longitudinale cutanée a été pratiquée tout au long de l'axe bec-cloaque. Le revêtement cutané a été alors enlevé. Une boutonnière a été faite sur l'axe musculaire longitudinal. Elle a été suivie de l'incision de la couche musculaire des pectoraux. L'abdomen est ensuite soulevé et récliné vers l'avant découvrant les organes thoraco-abdominaux

L'éviscération a été facilitée par l'isolement du cœur après ligature des gros vaisseaux de sa base ainsi que celle du foie. Il a été procédé à la rupture des attaches du gésier. La masse digestive a été disséquée séparément, la rate en a été isolée. À ce stade, les poumons sont décollés progressivement de la paroi thoracique.

Après ces opérations, une pesée du cœur, des poumons, du foie et du gésier vide a été pratiquée en utilisant une balance de précision.

II.2.3.2 Méthodes de mesures chimiques

II.2.3.2.1 Méthodes de mesures chimiques sur l'aliment

La composition chimique de l'aliment (de démarrage, de croissance et de finition) a fait l'objet de trois répétitions. Les échantillons ont été prélevés à chaque phase d'élevage puis broyés (particules 0,5 mm de diamètre). Les analyses chimiques ont concerné la teneur en matière sèche, matières minérales, protéines brutes, matières grasses et la teneur en cellulose brute.

II.2.3.2.1.1 La teneur en matière sèche (MS) : Elle a été obtenue après passage à l'étuve de 5g d'aliment pendant 24 h à 105±1°C jusqu'à obtention d'un poids constant selon les recommandations AFNOR (1986). Celle-ci est obtenue par le rapport suivant :

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

P₁ : Poids du creuset avant séchage (g).

P₂ : Poids du creuset après séchage (g).

C_v : Poids du creuset vide (g).

II.2.3.2.1.2 La teneur en matières minérales (MM) : Le produit de la dessiccation a été incinéré dans un four à moufle pendant 1h30 à 200 °C et 2h30 à 500 °C jusqu'à l'obtention de cendres blanches. Elle a été calculée comme suit :

$$\text{MM (\%MS)} = \frac{\text{P}_2 - \text{C}_v}{\text{P}_3 - \text{C}_v} \times 100 \text{ où :}$$

P_2 : Poids du creuset après séchage (g).

P_3 : Poids du creuset après calcination (g).

C_v : Poids du creuset vide (g).

II.2.3.2.1.3 La teneur en protéines brutes (MAT) : Elle a été obtenue par la méthode Kjeldahl, le produit est minéralisé par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. L'azote organique a été transformé en azote ammoniacal. L'ammoniac a été déplacé par la soude et a été dosé après l'avoir reçu dans une solution d'acide borique.

La teneur en azote de l'échantillon est ainsi calculée :

$$\text{N (g)} = \frac{\text{X} \times 280 \times \& \times 250}{\text{Y} \times \text{A}} \text{ où :}$$

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.

& : Coefficient = 10^{-6}

Le taux de Matières Azotées Totales a été obtenu en multipliant le taux d'azote par le coefficient 6,25 comme suit :

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

II.2.3.2.1.4 La teneur en matière grasse (MG) : Des colonnes d'extraction de SOXHLET ont été utilisées pour l'extraction de la matière grasse. Les cartouches renfermant l'échantillon reçoivent un solvant organique (éther diéthylique) pendant deux heures en présence d'un activateur (sulfate de sodium anhydre). Une fois l'extraction terminée, les creusets sont passés à l'étuve à 85 °C pendant 30 min. La teneur en matière grasse est alors obtenue comme suit :

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

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

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

II.2.3.2.1.5 La teneur en cellulose brute (CB) : Elle a été obtenue selon la méthode de WEENDE. L'échantillon a été soumis à une double hydrolyse (une acide et l'autre basique) puis filtré, le résidu est ensuite incinéré. La teneur en cellulose brute est calculée comme suit :

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

A : Poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : Poids du creuset + résidu après incinération. C : Poids de l'échantillon de départ

II.2.3.2.2 Méthodes de mesures chimiques sur les muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* et *Gastrocnemius*.

Préalablement à l'analyse chimique des muscles, les carcasses sur lesquelles les organes internes ont été prélevés, ont été ressuyées pendant 24h à une température de + 4°C. Après ressuyage, les pesées de la carcasse, et celle de la carcasse éviscérée (P.A.C : dont le cou, le gras abdominal et les organes internes sont prélevés) ont été effectuées.

Suite à ces opérations, le gras abdominal a été enlevé à l'aide d'un couteau édenté, et les ailes droite et gauche ont été séparées du tronc en tranchant.

Les muscles pectoraux droit et gauche ont été également enlevés de la cage thoracique en pratiquant une incision des deux cotés du bréchet (droit et gauche) puis en découpant la chair de l'os de la poitrine jusqu'au centre de celui-ci. Les cuisses et pilons droit et gauche ont été délicatement prélevés après incision de la peau entre le tronc et la cuisse pour ne pas déchiqueter la peau.

Les différentes parties de la carcasse ont été pesées et seuls, les muscles pectoraux (*Pectoralis major*) droit et gauche ainsi que les cuisses (*Sartorius*) et les pilons (*Gastrocnemius*) droit et gauche ont fait l'objet d'analyses physico chimiques. À cet effet, ils ont été conservés tels que prélevés dans des sacs hermétiques dans un congélateur à une température de -18 °C jusqu'au moment des analyses.

II.2.3.2.2.1 Test préalable de séchage des échantillons de muscle

Afin d'obtenir un échantillon de muscle sec, un test préalable a été pratiqué sur une cuisse, un pilon et un muscle pectoral d'une découpe commerciale. Ces derniers ont été dans un premier temps entaillés sur toute leur longueur pour augmenter la surface d'évaporation de l'eau qu'ils renferment (photo 8a et 8b).

Ces découpes ont été placées par la suite sur un verre de montre tapissé de papier aluminium, puis placées dans une étuve à 70 °C (photo 9a).

La dessiccation des muscles de la cuisse et du pilon a été obtenue au bout de 96 heures (photo 9b), tandis que celle du filet, a nécessité 72 h (photo 9c). Au delà de ces temps de séchage, le poids des échantillons n'évolue pas.



Photo 8: a. Pesée et entailles du muscle *Pectoralis major*



b. Pesée et entailles du muscle *Sartorius* et de *Gastrocnemius*



Photo 9: a. Dessiccation des muscles à l'étuve

b. Dessiccation du muscle *Pectoralis major*

c. Dessiccation du muscle *Sartorius* et de *Gastrocnemius*

L'opération de dessiccation étant achevée, les muscles pectoraux ont été broyés à l'aide d'un broyeur à lames (photo 10) jusqu'à l'obtention de particules de 0,5 mm de diamètre. Le broyage des cuisses et pilons a nécessité un concassage préliminaire au mortier, suivi d'un passage au robot domestique. Entre chaque échantillon, le matériel utilisé (couteaux, lames de broyeur, pilon et mortier) ont été soigneusement nettoyés

Les broyats obtenus ont été mis dans des flacons hermétiques préalablement identifiés puis conservés à température ambiante, dans un endroit sec et à l'abri de la lumière.



Photo 10 : Broyage des muscles

Les analyses effectuées sont celles de la mesure de la MS, MM, MG, MAT, Ca et P. Elles ont été effectuées en triple sur les trois tissus prélevés. Les résultats obtenus sont rapportés à la MS. Les mesures ont été effectuées comme suit :

II.2.3.2.2.1.1 La teneur en matière sèche (MS)

La matière sèche des muscles pectoraux ainsi que celle des cuisses et pilons a été obtenue après passage à l'étuve à 105 °C jusqu'à un poids constant selon les recommandations AFNOR (1986). Le taux de matière sèche est obtenu par le rapport suivant :

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

P1 : Poids du creuset avant séchage (g).

P2 : Poids du creuset après séchage (g).

Cv : Poids du creuset vide (g).

II.2.3.2.2.1.2 La teneur en matières minérales (MM)

La teneur en matières minérales d'une substance est conventionnellement le résidu de la substance après incinération dans un four à moufle pendant 1h30 à 200 °C puis 2h30 à 500 °C (AOAC, 1990 ; 1995 ; 1999). Les mêmes creusets utilisés pour la détermination de la matière sèche et après dessiccation ont été mis au four à moufle. La teneur en matières minérales est calculée comme suit :

$$\text{MM (\% MS)} = \frac{\text{P}_2 - \text{C}_v}{\text{P}_3 - \text{C}_v} \times 100 \text{ où :}$$

P2 : Poids du creuset après séchage (g).

P3 : Poids du creuset après calcination (g).

Cv : Poids du creuset vide (g).

II.2.3.2.2.1.3 La teneur en protéines brutes (MAT)

La teneur en protéines totales a été obtenue par la méthode Kjeldahl, le produit a été minéralisé par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. L'azote organique a été transformé en azote ammoniacal. L'ammoniac a été déplacé par la soude et est dosé après l'avoir reçu dans une solution d'acide borique.

La teneur en azote de l'échantillon est ainsi calculée :

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

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.

Le taux de matières azotées totales est obtenu par convention en multipliant le taux d'azote par le coefficient 6,25 comme indiqué ci-dessous :

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

II.2.3.2.2.1.4 La teneur en matière grasse (MG)

L'extraction de la matière grasse des tissus a été réalisée selon la méthode SOXHLET avec pour solvant organique de l'éther diéthylique pendant deux heures en présence d'un catalyseur (sulfate de sodium anhydre). Le séchage des creusets à l'étuve dure 30 min à une température de 85°C. La teneur en matière grasse totale est ainsi calculée :

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

A : Quantité de matières grasses obtenue après extraction (g).

P : Prise d'essai (g).

II.2.3.2.2.1.5 La teneur en calcium (Ca)

Le taux de calcium a été obtenu après que les échantillons soient minéralisés par voie sèche selon deux étapes. La première consiste en une pré incinération avec passage des creusets dans une étuve à 110 °C pendant une demi heure, la deuxième représente l'incinération proprement dite et nécessite le passage des mêmes creusets au four à moufle pendant deux heures à 450 °C. Les cendres obtenues ont été traitées à l'acide chlorhydrique (1/3, v/v), puis le minéralisat a été mélangé à de l'hydroxyde d'ammonium à 50% et à de l'oxalate d'ammonium à 2% ainsi qu'à du permanganate de potassium (0,1 mol/litre). Après étalonnage de l'appareil, la lecture des absorbances s'est faite au spectrophotomètre à absorption atomique. La concentration en calcium des échantillons est ainsi obtenue par la formule suivante :

$$\text{Ca (mg/kg)} = \frac{\frac{\text{Abs x Vd x Fd}}{\text{Pente}}}{\text{P.E}} \text{ où :}$$

Abs : Absorbance lue au spectrophotomètre à absorption atomique.

Pente : Déterminée par la courbe d'étalonnage.

Vd : Volume de dilution (ml).

Fd : Facteur de dilution (ml).

P.E : Prise d'essai (g).

II.2.3.2.2.1.6 La teneur en phosphore (P)

Le taux de phosphore des échantillons a été obtenu par minéralisation, telle que décrite pour le calcium, les cendres ont été mélangées à de l'acide nitrique (1N) puis filtrés. La solution ainsi obtenue a été traitée par le réactif vanado-molybdique (100g/l), et son absorbance a été mesurée au spectrophotomètre à Ultra-Violet à la longueur d'onde de 430 nm.

La concentration en phosphore des échantillons est ainsi obtenue par la formule suivante :

$$\text{P (mg/kg)} = \frac{\frac{\text{Abs x Vd x Fd}}{\text{Pente}}}{\text{P.E}} \text{ où :}$$

Abs : Absorbance lue au spectrophotomètre à ultra-violet.

Pente : Déterminée par la courbe d'étalonnage.

Vd : Volume de dilution (ml).

Fd : Facteur de dilution (ml).

P.E : Prise d'essai (g).

Les teneurs moyennes en différents composés chimiques sont rapportées en % de la matière sèche.

II.2.3.3 Méthodes de calculs statistiques

Les données obtenues ont été analysés à l'aide du logiciel WINKS SDA (Statistical Data Analysis, 6th edition). Une analyse de variance a été menée puis le test de Dunnett et Newman-Keuls ont été utilisés pour déterminer les différences significatives entre les moyennes des paramètres testés. Le seuil de signification choisi est de 5%.

RÉSULTATS
ET
DISCUSSION

III. Résultats et discussions

Dans cette expérience, nous avons étudié l'effet d'une acclimatation précoce des poussins et du retrait alimentaire pratiqué sur des poulets en phase de finition sur leurs performances zootechniques, le poids de leurs organes internes ainsi que sur les qualités physico-chimiques de leurs carcasses lorsqu'ils sont élevés en conditions chaudes et soumis à un coup de chaleur.

III.1 Paramètres d'ambiance

Les valeurs moyennes des températures ambiantes et des hygrométries relatives relevées durant chaque phase d'élevage sont représentées dans le tableau 8 et illustrées dans la figure 8.

Tableau 8: 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

Durant notre essai, les températures ambiantes moyennes relevées ont été de 32,55 ; 28,63 et 33,07°C respectivement pour les phases de démarrage, croissance et finition. Les hygrométries relatives moyennes quant à elles ont été de 65,50 ; 70,58 et 61,82%. Ces conditions d'ambiance s'éloignent largement des normes recommandées par le guide d'élevage de la souche (ARBOR ACRES, 2007), ce dernier préconise des températures ambiantes moyennes de 31 ; 24,5 et 21°C pour les 3 phases et une hygrométrie relative qui ne doit pas être inférieure à 70%.

Dans les conditions de notre expérimentation, il apparaît clairement que nos poulets sont en situation de stress thermique chronique, avec des taux d'hygrométrie relativement bas. Ces conditions ne seront pas sans conséquences sur les performances zootechniques ultérieures des poulets.

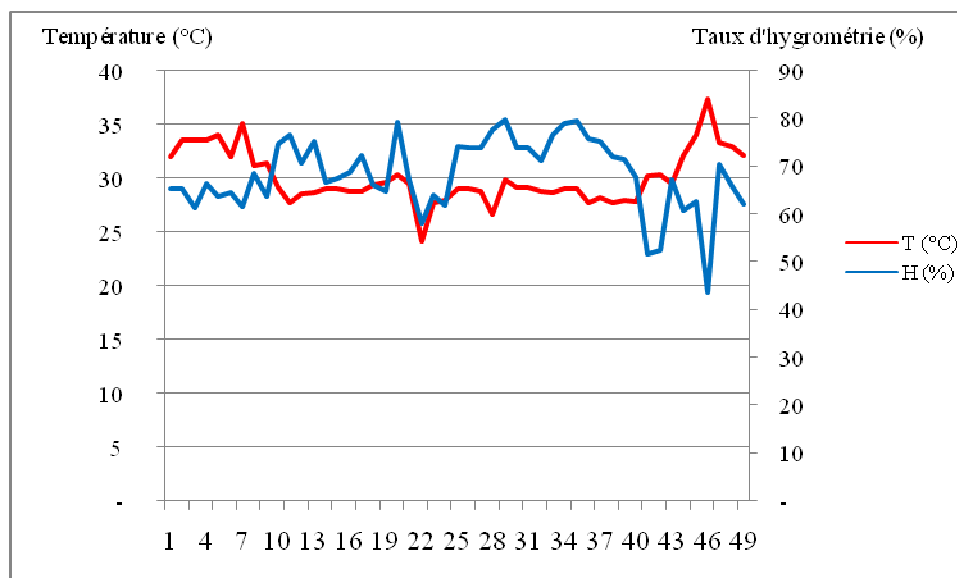


Figure 8 : Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relative à l'intérieur du bâtiment durant l'expérimentation.

En phase de démarrage, les températures relevées sous éleveuses et celles des loges au 5^{ème} et au 7^{ème} jour d'âge (acclimatation des poussins) sont rapportées dans le tableau 9.

Tableau 9: Températures ambiantes relevées lors de l'application de la technique de l'acclimatation précoce (J 5 et J 7).

Jours	J5				J7			
	Température sous éleveuse		Température de la loge		Température sous éleveuse		Température de la loge	
Heures de relevés	Lot T ⁻	Lot T ⁺	Lot T ⁻	Lot T ⁺	Lot T ⁻	Lot T ⁺	Lot T ⁻	Lot T ⁺
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	35,71	38,07	34,35	34,21	34,92	36,28	34,85	35,28
± écart type	± 0,99	± 0,83	± 0,62	± 1,14	± 2,62	± 2,98	± 3,20	± 3,07

L'âge auquel les poussins ont été acclimatés ainsi que l'intensité de la température concordent avec les travaux de YAHAV et HURWITZ (1996).

Le traitement de l'acclimatation précoce s'est déroulé avec une intensité de température sous éleveuse respectivement de 38,07 au 5^{ème} et de 36,28 au 7^{ème} jour d'âge. Il est à signaler que la température du traitement de l'acclimatation précoce était supérieure lors du 5^{ème} jour d'âge comparée au 7^{ème} (38,07 vs 36,28°C). Les poussins du lot T⁻ ont été soumis à des températures inférieures de 2,3 et 1,3°C par rapport aux poulets du lot T⁺ respectivement lors des 2 jours du

traitement. Nos conditions d'expérimentation ne nous ont pas donc permis d'obtenir un écart de température plus important entre les poussins du lot T⁺ et du lot T⁻ lors du 5^{ème} et 7^{ème} jour d'âge.

La plupart des travaux relatifs à la description de la technique de l'acclimatation précoce, rapporte la chute considérable des taux d'hygrométrie. Lors de notre essai nous avons effectivement noté cette observation, les taux d'hygrométries relatives moyens relevés ayant été de $68,05 \pm 2,83$ et de $61,58 \pm 9,43\%$ pendant le 5^{ème} et le 7^{ème} jour d'âge respectivement. Ces taux sont liés à l'augmentation de la température à l'intérieur du bâtiment ainsi qu'une saturation de l'air en humidité. Ces conditions réduisent les échanges thermiques de l'oiseau avec le milieu ambiant.

Lors du coup de chaleur pratiqué à J46, l'élévation de la température ambiante a atteint les $38,08 \pm 1,43^\circ\text{C}$, celle-ci a été maintenue de 8h30 jusqu'à 14h30 soit 6 heures. Ce stress thermique a coïncidé avec une journée caniculaire durant laquelle la température extérieure a avoisiné les 41°C (Station météorologique de l'ENSA). Les conditions de réalisation du coup de chaleur sont relativement similaires à celles citées par les travaux de ARJONA *et al.* (1988); YAHAV et MAC MURTRY (2001) et De BASILIO *et al.* (2003).

Le jour du coup de chaleur a été marqué par un assèchement de l'atmosphère du bâtiment, ceci c'est traduit par une diminution accrue de l'hygrométrie relative, celle-ci ayant atteint une valeur moyenne de $43,21 \pm 1,10\%$. Le tableau 10 rapporte les valeurs des différentes températures ambiantes ainsi que les taux d'hygrométrie relative relevés lors du déroulement du coup de chaleur.

Tableau 10 : Températures ambiantes et hygrométries relatives relevées lors du coup de chaleur (J 46).

Heure	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
Moyenne \pm écart type	$38,08 \pm 1,43$	$43,21 \pm 1,1$

La figure ci-dessous illustre l'évolution de la température du bâtiment ainsi que celle de l'hygrométrie relative durant le coup de chaleur (J46).

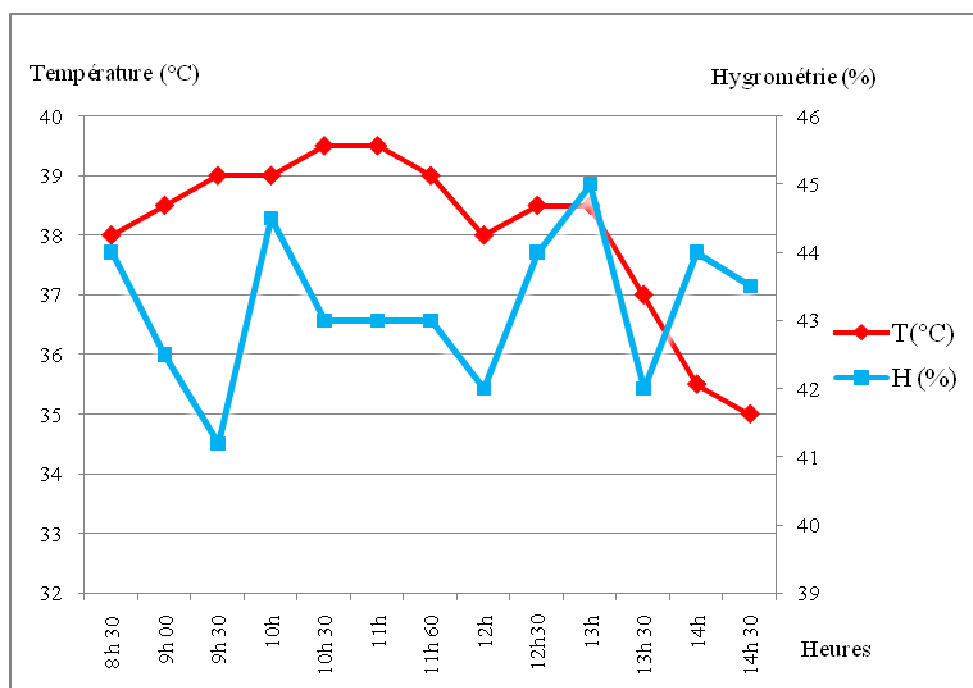


Figure 9 : Évolution de la température ambiante et de l'hygrométrie relatif lors du coup de chaleur.

III.2. Composition chimique de l'aliment distribué durant les 3 phases d'élevage

L'analyse chimique des différents aliments distribués lors des phases de démarrage, de croissance et de finition est représentée dans le tableau 11.

Tableau 11: Composition chimique des aliments distribués lors des 3 phases d'élevage.

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.

L'analyse chimique des aliments distribués lors des différentes phases d'élevage révèle des taux moyens en matière sèche compris entre 87,58 et 89,53 %.

Les teneurs en matières azotées totales des aliments distribués lors des 3 phases d'élevage sont inférieures par rapport aux normes recommandées (ARBOR ACRES PLUS, 2009). Les différences en termes de points sont de l'ordre de -4,55 ; -3,28 et -1,51 respectivement pour les aliments de démarrage, de croissance et de finition. Il en est de même pour les teneurs alimentaires en matières grasses. Les aliments utilisés lors de notre essai renferment des taux de matières grasses compris entre 2,2 et 2,5%, alors que les teneurs préconisées par le guide d'élevage de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2009) sont comprises entre 5 et 7%. Cette composition d'aliment en plus des conditions environnementales lors de notre essai aura une

incidence sur les performances zootechniques et sur les caractéristiques de la carcasse des poulets de chair.

Les taux de matières minérales sont respectivement de 8,46 ; 4,64 et 5,14% pour les 3 phases d'élevage. Les taux de cellulose brute sont quant à eux de 1,95 ; 1,98 et 2,13% pour les aliments de démarrage, de croissance et de finition respectivement.

III.3 Performances zootechniques

Le tableau 12 regroupe l'ensemble des données mesurées et celles calculées concernant les performances zootechniques pour les phases de démarrage, croissance et finition.

Tableau 12 : Performances zootechniques mesurées lors des 3 phases d'élevage.

Phases		Ingéré alimentaire		
		Traitements		
		T ⁻	T ⁺	T _R
Croissance	J11-J 42	98,33±25,92 ^a	92,68±22,45 ^a	-
Finition	J43-J48	136,92±17,58 ^a	130,95±21,96 ^a	129,62±19,39 ^a
	J43-J45	130,93±19,83 ^a	134,46±19,56 ^a	-
	J46	131,28±4,14 ^a	111,46±25,05 ^a	128,95±19,75 ^a
	J47-J48	144,57±14,32 ^a	135,43±22,40 ^a	141,89±8,49 ^a
Poids vif				
		T ⁻	T ⁺	T _R
Réception	J1	44,14±4,13 ^a	43,51±3,83 ^a	
Démarrage	J1-J10	146,53±19,15 ^a	145,11±21,59 ^a	-
Croissance	J11-J42	1880,70±279,95 ^a	1838,32±257,38 ^a	-
Finition (J43-J48)	Globale	2108,36±306,10 ^a	1971,17±298,38 ^a	2051,2 ± 289,08 ^a
	♀	1919,56±198,2 ^a	1837,15±180,93 ^a	1861,18 ±142,319 ^a
	♂	2358,06±237,11 ^a	2319,6±260,51 ^a	2191,55± 290,52 ^a
Indice de consommation				
		T ⁻	T ⁺	T _R
Croissance	J11-J42	1,63 ± 0,06 ^a	1,58 ± 0,06 ^a	-
Finition	J43-J48	2,04 ± 0,16 ^a	1,81 ± 0,31 ^a	1,76 ± 0,28 ^a

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

III.3.1 Ingéré alimentaire

Les quantités moyennes ingérées quotidiennement par sujet durant notre expérimentation nous révèlent qu'en phase de croissance, la consommation alimentaire chez les poulets du lot T⁻ est légèrement supérieure mais non significative (p>0,05) à celle des poulets du lot T⁺, cette différence est de l'ordre de +5,7%. Ces quantités d'aliment demeurent faibles comparées à celle recommandées par le guide de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007), ce dernier préconise une moyenne de 112g/s/j. Cette sous consommation pourrait être liée à la moindre appetabilité de l'aliment en relation avec son faible taux protéique et à sa forme pulvérulente.

En phase de finition (J43-J48), la même tendance est observée, les poulets du lot T⁻ ont consommé plus en termes de valeur absolue par rapport aux 2 autres lots, toutefois, cet effet n'est pas significatif. Ces niveaux de consommation restent faibles comparés à ceux indiqués par le guide de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) qui sont en moyenne de 156,45g/s/j. La diminution de l'ingéré alimentaire lors de notre essai est en partie attribuée aux conditions d'ambiance dans les quelles s'est déroulée l'expérimentation. Cette hypothèse est en accord avec les travaux de MÔREKI (2008) qui indiquent qu'en conditions de stress thermique, la consommation alimentaire est réduite de 5% par degré Celsius d'augmentation de la température dans un intervalle compris entre 32 et 38°C.

De façon résumée, il apparaît que l'acclimatation précoce des poussins n'a pas eu d'effet significatif sur l'ingéré lors des 3 phases d'élevage. Ce résultat est à l'opposé des conclusions rapportées par CAHANER et LEENSTRA (1992); WAIBEL et MAC LEOD (1995); AÏN BAZIZ *et al.* (1996); YALÇIN *et al.* (1997) et SETTAR *et al.* (1999) qui signalent une différence significative de la consommation alimentaire en phase de finition entre poulets acclimatés et poulets non acclimatés. L'absence de ce type de réponse lors de notre expérimentation est à mettre en liaison avec nos conditions expérimentales. En effet, l'opération acclimatation précoce s'est déroulée dans le même bâtiment abritant les poulets témoins, les hautes températures provoquées par l'allumage des radiateurs d'une part, et les hautes températures enregistrées tout au long de notre essai auraient pu participer à l'acquisition par les poulets du lot T⁻ d'une thermorésistance. Cette hypothèse est vérifiée à travers les niveaux d'ingestion quasi identiques des animaux acclimatés et témoins lors du 46^{ème} jour d'âge (131,28 vs 111,46 g).

Le traitement du retrait alimentaire a quant à lui provoqué de façon attendue une diminution de l'ingéré alimentaire, cette baisse n'est toutefois pas statistiquement significative ($p > 0,05$). Ces résultats vont dans le même sens des conclusions de SMITH et TEETER (1988) qui indiquent que la pratique du retrait alimentaire tend à réduire l'ingéré alimentaire des poulets de chair.

La figure 10 illustre les consommations alimentaires moyennes quotidiennes par sujet et par jour.

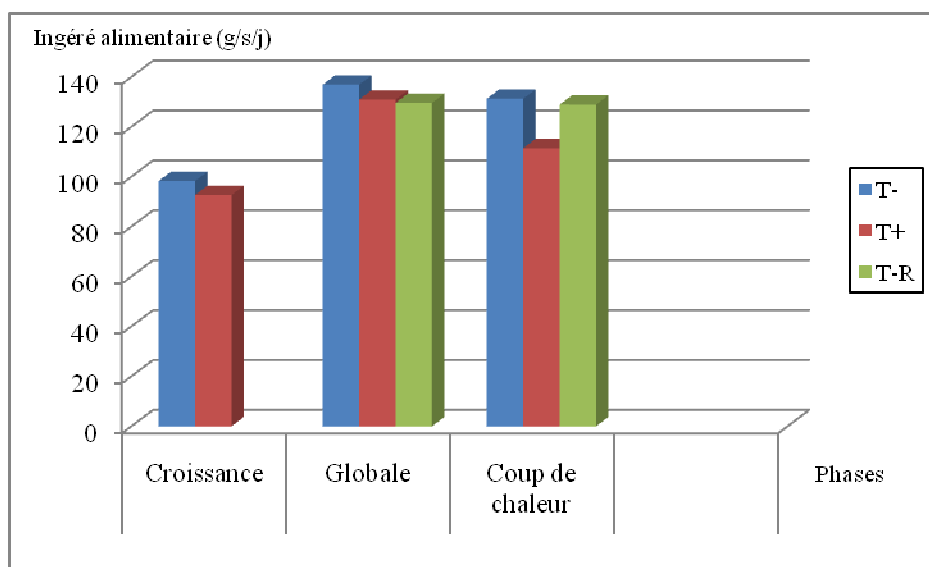


Figure 10: Ingré alimentaire à différentes phases d'élevage des poulets de chair (g/s/j).

III.3.2 Poids vif

En fin de phase de démarrage (J10), le poids vif des poulets des lots T⁺ et T⁻ est comparable indiquant ainsi que le traitement de l'acclimatation précoce n'a pas eu d'effet significatif sur le poids vifs des poussins. En fin de phase de croissance (J42), la même tendance est observée (figure 14), l'absence de différence significative sur le plan statistique entre les poids des poulets issus des 2 traitements (acclimatés et non acclimatés) est également signalé par TEMIM *et al.* (2009).

Le poids vif des animaux des lots T⁺ et T⁻ est faible comparé à celui indiqué par le guide d'élevage de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) : des poids vifs moyens de 276 et 2637g respectivement pour les phases de démarrage et de croissance. Cette dépression du poids vif est une conséquence logique de la moindre qualité de l'aliment distribuée (particulièrement en MAT) et du faible niveau d'ingestion rapporté précédemment. De plus, tel que rapporté par YAHAV, (2000) et MAC DOUGAL et MAC QUINSTON, (1980), il serait lié à l'effet de la chaleur et celui de l'humidité relative élevée.

Durant la phase de finition, la prise de poids reste faible (figure 11). Les poulets du lot T⁻ présentent des poids vifs supérieurs à ceux des poulets du lot T⁺ sans que l'effet ne soit pour autant significatif. Les différences sont de l'ordre de +6,5 ; +4,3 et +1,6% respectivement en considérant les 2 sexes, chez les femelles et chez les mâles. Les poids vifs des sujets témoins sont inférieurs à ceux signalés dans le guide de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) et qui sont de l'ordre de 3152g. Ces résultats indiquent que l'exposition précoce des poussins à la chaleur ainsi qu'un retrait alimentaire de 6 heures en phase de finition n'ont pas eu l'effet escompté sur l'amélioration du poids vif des poulets. Les conditions d'ambiance et l'exposition répétée des poulets témoins auraient permis à ces derniers d'acquérir une thermorésistance expliquant la similitude des performances avec celles des oiseaux du lot T⁺.

Nos résultats sont en opposition à ceux rapportés par les travaux de TEMIM *et al.* (2009), ces derniers observent un poids vif moyen significativement élevé chez les poulets acclimatés par rapport aux témoins (+5%) avec une meilleure réponse chez les femelles.

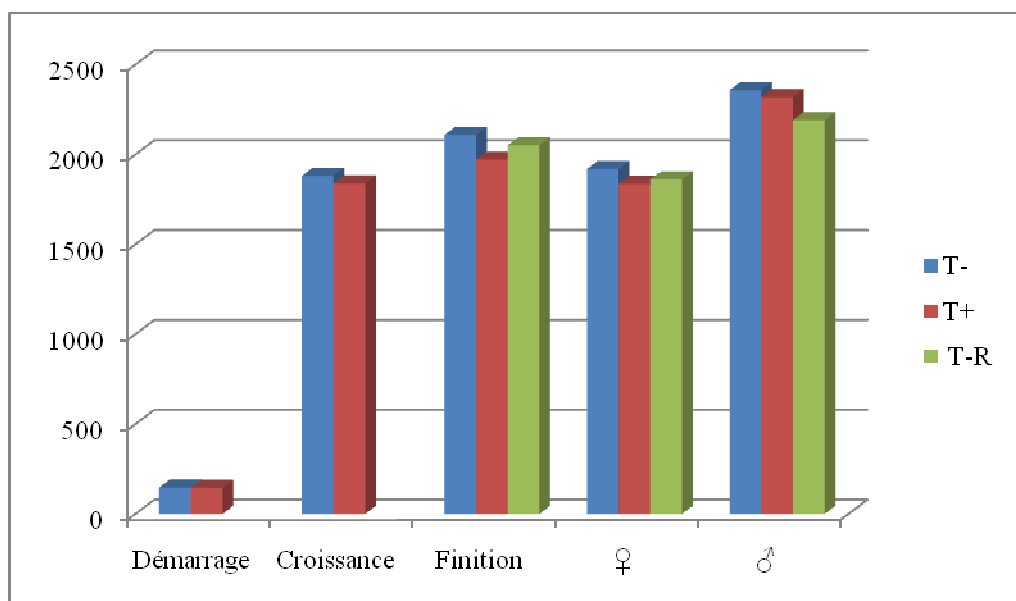


Figure 11: Poids vif des poulets (g) à différentes phases d'élevage des poulets de chair.

III.3.3 Indice de consommation

Les indices de consommation pour la phase de croissance (tableau 12) sont pratiquement identiques entre les poulets acclimatés et non acclimatés (1,63 vs 1,58). Ces derniers sont de même ordre de grandeur (figure 12) que ceux rapportés par le guide d'élevage de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) qui indique un indice moyen de 1,58.

En revanche, en phase de finition, l'indice de consommation est altéré par rapport aux normes du guide, 2,04 contre 1,64 pour les oiseaux du lot T-. Ces observations sont à liés directement avec la charge thermique subie par les poulets et la qualité médiocre de l'aliment utilisé. Ces constatations vont dans le même sens que les travaux de GERAERT *et al.* (1996) qui précisent que chez des poulets subissant une température ambiante de 32°C en phase de croissance, la consommation alimentaire diminue tandis que l'indice de consommation n'est pas affecté. Ces mêmes auteurs rajoutent que dans ces conditions de température, en phase de finition, l'ingéré alimentaire ainsi que l'indice de consommation sont altérés.

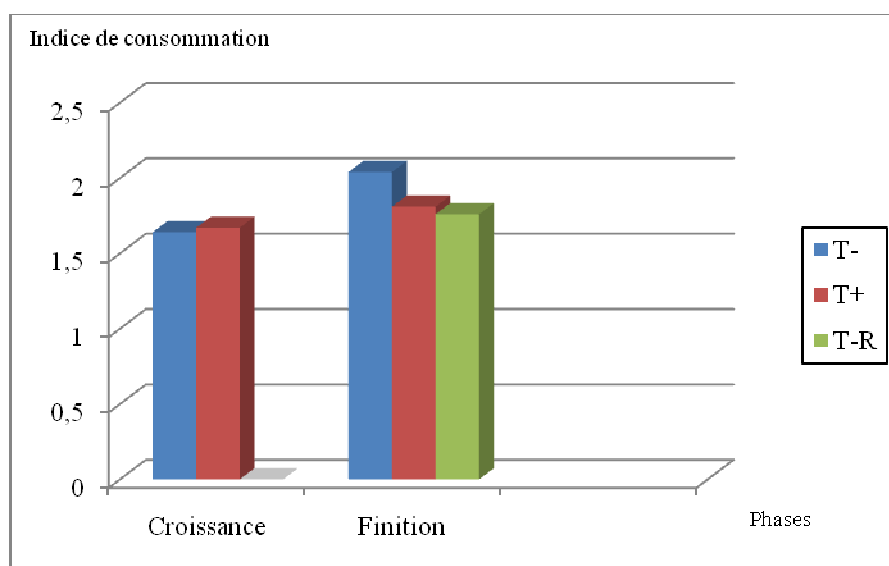


Figure 12 : Indice de consommation à différentes phases d'élevage des poulets de chair.

Les calculs de l'indice de consommation montrent en définitive que la pratique de l'acclimatation précoce et celle du retrait alimentaire n'a pas eu d'effet significatif sur ce paramètre lors des phases de croissance et de finition. Ces résultats concordent avec ceux relatés par les travaux de TEMIM *et al.* (2009) qui observent un indice de consommation comparable chez les poulets acclimatés et ceux témoins en phase de croissance. Toutefois, ces mêmes auteurs rapportent une différence significative en phase de finition différence non enregistrée lors de notre essai.

III.3.4 Taux de mortalité

Les taux de mortalité enregistrés lors des 3 phases d'élevage, lors du traitement de l'acclimatation précoce (5^{ème} et 7^{ème} jour) et lors du coup de chaleur (46^{ème}) sont regroupés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Taux de mortalité lors des phases de démarrage, de croissance et de finition (%)

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

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

En période de démarrage, le taux de mortalité des poussins du lot T⁺ a été supérieur en termes de points à celui des T⁻ (+2%), cet écart n'est toutefois pas significatif. Lors de l'exposition précoce des oiseaux à la chaleur (J5 et J7), les mortalités enregistrées sont comparables : 0,80±0,01% pour le lot T⁺ et 0,96±1,36% pour le lot T⁻. Ce résultat concorde aux travaux de YAHAV et HURWITZ (1996) et YAHAV *et al.* (1997) qui n'observent pas de différence significative du taux de mortalité chez les poussins lors du traitement de l'acclimatation précoce.

En période de croissance (J11 à J42), les poulets du lot T⁺ présentent un taux de mortalité de 5,20±9,02%, alors que les poulets T⁻ présentent un taux de 4,67±3,28% (figure 14). En d'autres termes, dans les conditions de notre essai, le traitement d'acclimatation précoce n'a pas permis d'améliorer la survie des poulets soumis au stress thermique chronique lors de cette période. Cette réponse s'expliquerait par l'acquisition des poulets témoins d'une certaine thermotolérance du fait de leur exposition quotidienne à des températures ambiantes relativement élevées.

En période de finition (J43 à J48), en considérant les poulets des 2 sexes, ceux du lot T⁺ ont eu le plus grand taux de mortalité (25,76±20,00%), ce dernier a été causé par une mortalité accrue chez les mâles (41,77±11,98%), tandis que les poulets du retrait ont eu le plus faible taux (17,37±8,53%) tel que indiqué par la figure 14.

Au 46^{ème} jour d'âge (coup de chaleur), nous observons des taux de mortalité comparables pour les poulets des lots T⁻ et T⁺ (16,46±6,14 et 17,49±14,11%). Le lot T_R présente le moins de mortalités (13,78±10,80%), l'écart avec les lots T⁺ et T⁻ n'est cependant pas significatif.

Cet ensemble de résultats indique que l'exposition précoce des poussins à la chaleur n'a pas eu l'effet escompté sur le taux de mortalité comme rapporté par plusieurs auteurs (De BASILIO et PICARD, 2002 ; ARJONA *et al.*, 1988; BOUGON *et al.*, 1996; De BASILIO *et al.*, 2001 et TEMIM *et al.*, 2009). La qualité de l'ambiance du bâtiment serait en grande partie responsable de cette réponse. Cette hypothèse est confortée par les résultats des travaux de WANG et EDENS (1998) qui ont pu acclimater des poulets en les exposant quotidiennement entre 5 et 6 semaines d'âge, à une température de 41°C pendant une heure de temps.

Il est à noter toutefois que le retrait alimentaire a contribué quant à lui à la réduction du taux de mortalité en phase de finition, sans que l'effet ne soit significatif. La diminution de l'extrachaleur des oiseaux dont l'aliment a été retiré lors des heures les plus chaudes de la journée serait à l'origine de cette réponse. Cette hypothèse est confortée par MAHMOOD *et al.* (2005) qui révèlent qu'une restriction alimentaire plus longue (10 heures) par rapport à des restrictions de 6 et 8 heures pendant les heures les plus chaudes de la journée semble être efficace pour lutter contre les coups de chaleur survenant en fin d'élevage. La restriction alimentaire sur une période plus longue (4 semaines) a un effet plus net sur la mortalité de poulet (BOUDOUMA *et al.*, 2010).

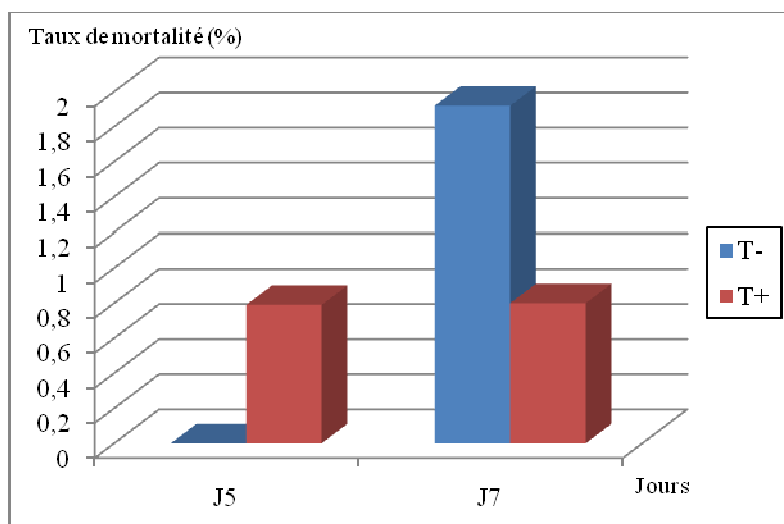


Figure 13 : Taux de mortalité lors du traitement de l'acclimatation précoce (5^{ème} et 7^{ème} jour).

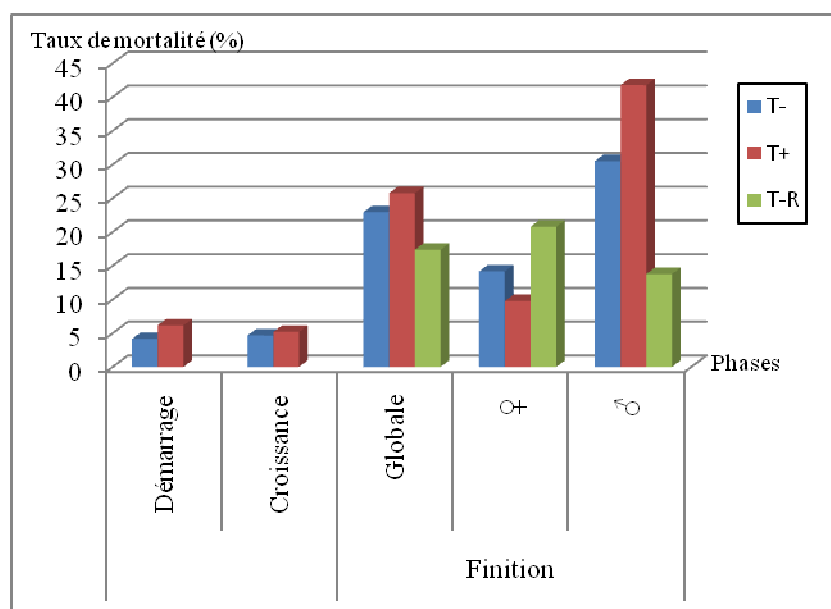


Figure 14 : Taux de mortalité des poulets durant les différentes phases d'élevage.

La figure 15 illustre l'évolution des taux de mortalité lors du coup de chaleur. Celle-ci met en relief le comportement des poulets issus des 3 traitements lors de cette journée de challenge thermique.

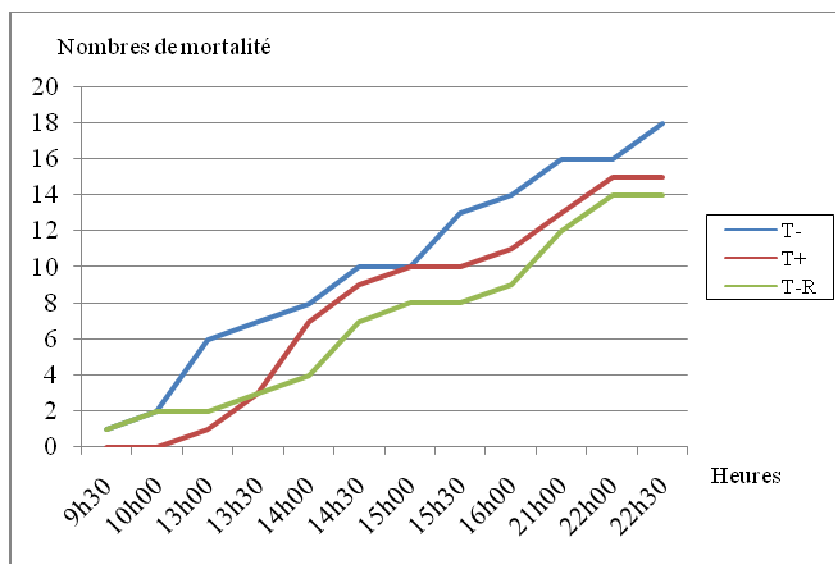


Figure 15 : Évolution du taux de mortalité des poulets lors du coup de chaleur.

La cinétique des taux de mortalité lors du coup de chaleur indique que les poulets du lot T⁺ et T_R paraissent mieux résister aux premières heures d'exposition (de 8h30 à 13h30). Cette résistance pourrait être attribuée au conditionnement thermique à jeune âge des volailles ainsi qu'à la diminution de la charge thermique par la réduction de l'ingéré alimentaire en retirant l'aliment.

Cette observation est notée tout au long du déroulement du coup de chaleur et même au delà, les poulets subissant le retrait alimentaire sont en meilleures conditions physiques comparés aux autres traitements.

III.4 Mesures biologiques

III.4.1 Températures rectales

III.4.1.1 Températures rectales lors de l'acclimatation précoce

Le tableau 14 regroupe les valeurs des températures rectales moyennes relevées à différentes heures lors du traitement de l'acclimatation précoce au 5^{ème} et 7^{ème} jour d'âge des poussins.

Tableau 14 : Impact de l'acclimatation précoce sur la température rectale (°C) lors du 5^{ème} et 7^{ème} jour d'âge des poussins.

Traitements Heures	T ⁻	T ⁺
	J5	
9h00	40,52±0,83 ^a	41,53±0,34 ^b
12h30	41,07±0,32 ^a	41,43±0,42 ^b
17h00	41,47±0,28 ^a	41,76±0,34 ^b
10h00 (J6)	41,27±0,41 ^a	40,77±0,64 ^b
J7		
9h00	41,67±0,33 ^a	41,69±0,26 ^a
12h30	41,92±0,38 ^a	42,02±0,32 ^a
17h00	41,89±0,41 ^a	42,10±0,24 ^a
10h00 (J8)	40,96±0,31 ^a	41,58±0,41 ^b

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

En conditions optimales, les températures rectales des poulets se situent entre 38 et 39°C selon AMAND *et al.* (2004). Au vu de nos résultats, il apparaît clairement que les 2 lots de poussins sont en situation de stress thermique chronique, leur température rectale moyenne mesurée au 5^{ème} jour d'âge étant élevée et celle des poussins du lot T⁺ est supérieure de 1°C par rapport aux poussins du lot T⁻ (40,52±0,83 contre 41,53±0,34°C) avant début même de l'exposition à la chaleur en vue de leur acclimatation.

Les températures rectales moyennes relevées lors du 5^{ème} jour d'âge à 9, 12 :30, 17 et 25h après sont significativement différentes au seuil de 5%. Ces résultats sont en accord avec ceux de YAHAV *et al.* (1997); YAHAV et HURWITZ (1996) et De BASILIO *et al.* (2001) qui révèlent qu'un stress thermique initial pratiqué au 5^{ème} jour d'âge, avec une exposition à 36°C pendant 24 heures provoque une élévation de la température corporelle de 1°C.

Au 7^{ème} jour d'âge, lors de la deuxième exposition à la chaleur, des différences non significatives sont observées entre les valeurs moyennes de températures rectales des 2 lots de poussins. Elles sont de l'ordre de +0,1°C et +0,21°C à 12h30 et 17h00. À la vingt cinquième heures après l'acclimatation, une différence significative (+0,62°C) entre les températures rectales des 2 lots de poussins est observée.

Il apparaît que quelque soit l'heure à la quelle la température rectale soit prise, elle est plus élevée à J5 chez les sujets du lot T⁺. Elle revient globalement à une valeur normale (40,77°C) une heure après la fin de l'exposition à la chaleur.

Lors du 2^{ème} jour d'exposition à la chaleur (J7), les 2 lots d'animaux semblent réguler de façon globalement comparable leur température centrale.

Dans nos conditions expérimentales qui simulent celles des conditions d'élevage du terrain (stress thermique chronique), un seul jour d'acclimatation semble suffisant pour déclencher chez les poussins les mécanismes de lutte contre la chaleur.

Les figures 16 et 17 illustrent les températures rectales moyennes des 2 traitements lors de l'acclimatation précoce (5^{ème} et 7^{ème} jour d'âge).

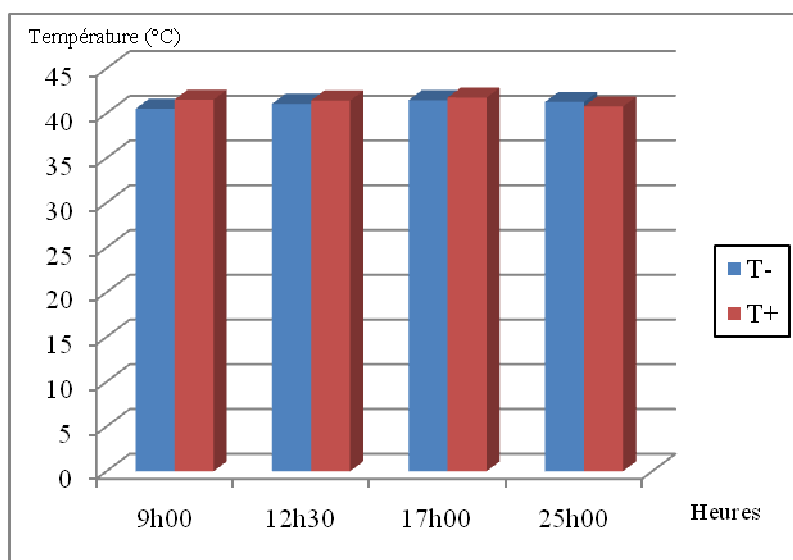


Figure 16 : Températures rectales moyennes des poussins lors de l’acclimation précoce (5^{ème} jour d’âge).

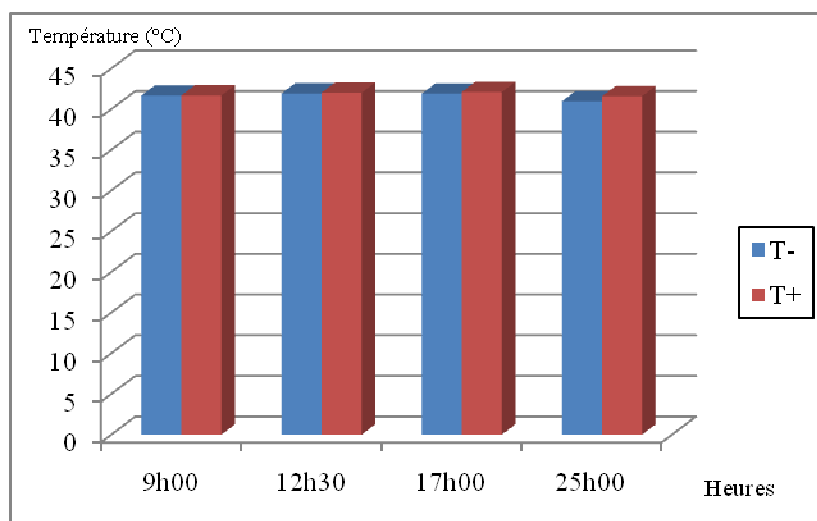


Figure 17 : Températures rectales moyennes des poussins lors de l’acclimation précoce (7^{ème} jour d’âge).

III.4.1.2 Températures rectales lors du coup de chaleur

Au 46^{ème} jour d’âge (coup de chaleur), les températures rectales moyennes relevées chez les poulets du lot T⁻ sont supérieures à celles des sujets des 2 autres lots (figure 22), sans que les écarts ne soient significatifs. Les différences sont de l’ordre de -1,5°C et de -1,22°C respectivement pour les températures des poulets des lots T⁺ et T_R, lorsqu’elles sont comparées à celle des poulets du lot T⁻.

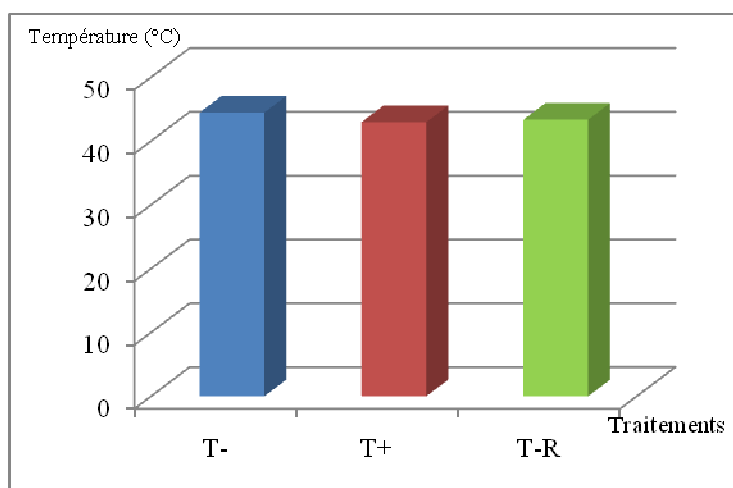


Figure 18: Températures rectales moyennes des poulets des 3 lots expérimentaux lors du coup de chaleur.

Le tableau 15 regroupe les températures rectales moyennes mesurées sur les poulets issus des trois traitements.

Tableau 15 : Impact de l'acclimation précoce et du retrait alimentaire sur la température rectale lors du coup de chaleur.

	T ⁻	T ⁺	T _R
Températures rectales	44,47±0,48 ^a	42,97±0,91 ^a	43,35±0,80 ^a

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

Ces résultats montrent que le traitement de l'acclimation précoce ainsi que celui du retrait alimentaire a permis de réduire la température rectale des poulets lors du coup de chaleur. Ce constat est en accord avec les travaux de De BASILIO *et al.* (2003) qui soulignent que le conditionnement thermique en début d'âge des poussins réduit la température corporelle de ces derniers en fin d'élevage. LI *et al.* (1992); WIERNUSZ et TEETER (1996) et KOH et MAC LEOD (1999) rajoutent quant à eux que la réduction de la prise alimentaire peut réduire la température corporelle des oiseaux exposés à la chaleur. Cette réduction de température s'est traduite par celle du taux de mortalité chez les poulets du lot T_R, en revanche, cet effet n'est pas retrouvé chez les poulets acclimatés pour lesquels le taux de mortalité est élevé, particulièrement chez les mâles.

III.4.2 Morphométrie des organes internes

Les poids relatifs des organes internes prélevés lors de notre expérimentation sont regroupés dans le tableau 16. Ils sont exprimés en % du poids total.

Tableau 16 : Rapport du poids des organes internes (cœur, poumons, foie et gésier vide)/ poids vif total (%) des poulets des 3 traitements expérimentaux.

	Traitements			
		T ⁻	T ⁺	T _R
Cœur	Global	0,46±0,06 ^a	0,44±0,08 ^a	0,41±0,05 ^a
	♀	0,49±0,05 ^a	0,46±0,07 ^a	0,41±0,05 ^a
	♂	0,43±0,06 ^a	0,42±0,09 ^a	0,41±0,07 ^a
Poumons	Global	0,49±0,07 ^a	0,46±0,11 ^a	0,46±0,08 ^a
	♀	0,48±0,07 ^a	0,42±0,11 ^a	0,44±0,05 ^a
	♂	0,51±0,08 ^a	0,50±0,09 ^a	0,48±0,10 ^a
Foie	Global	1,75±0,16 ^a	1,81±0,19 ^a	1,89±0,25 ^a
	♀	1,73±0,23 ^a	1,85±0,18 ^a	1,92±0,31 ^a
	♂	1,78±0,07 ^a	1,77±0,21 ^a	1,85±0,19 ^a
Gésier vide	Global	1,33±0,14 ^a	1,28±0,18 ^a	1,19±0,17 ^a
	♀	1,38±0,13 ^a	1,35±0,19 ^a	1,29±0,17 ^a
	♂	1,28±0,15 ^a	1,22±0,17 ^a	1,09±0,10 ^a

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

Chez les poulets du lot T⁻, le poids relatif du cœur est plus élevé (0,46±0,06%), sans que l'effet ne soit significatif comparés aux autres traitements. En revanche, les poulets subissant le retrait alimentaire présentent quant à eux des poids de cœur relativement réduits que ce soit en considérant les deux sexes, chez les femelles et chez les mâles. Il est à signaler que ce dernier groupe de poulet n'a subi que 6 heures de retrait alimentaire. La même tendance est observée pour le poids du gésier vide (1,33±0,14%) en considérant les 2 sexes ensemble, ou chacun seul.

Le poids des poumons est quant à lui élevé chez les poulets du lot T⁻ (0,49±0,07%), il en est de même en considérant les mâles et les femelles. Toutefois, cet effet n'étant pas significatif. En revanche, le traitement de l'acclimatation précoce semble réduire le poids des poumons lors de notre sans que l'effet ne soit significatif. Le poids relatifs du foie est quant à lui en faveur des poulets T_R, cette tendance est observée même chez les mâles et les femelles de ce traitement.

Au vu de nos résultats, les 2 traitements appliqués diminuent légèrement et non significativement, le poids relatif du cœur, des poumons et du gésier vide. Cette réponse est observée dans des essais précédents tels que ceux de YAHAV et HURWITZ (1996) et de De BASILIO *et al.* (2001).

En revanche, les poulets des lots T⁺ et T_R ont eu une légère augmentation du poids relatif du foie. La même tendance est observée en considérant les femelles ou les mâles à part.

Pour conclure, les 2 traitements mis en œuvre lors de notre expérimentation ne modifient drastiquement pas le volume des organes internes étudiés. Ces hypothèses abondent dans le sens des travaux de De BASILIO (1999) qui affirme que le poids moyen du foie ainsi que celui du gésier ne sont pas modifiés par l'acclimatation réalisée au 5^{ème} jour d'âge. La même observation est notée par BEDRANI (2009) pour les mêmes viscères (cœur, foie, gésier).

III.4.3 Pesée des différentes parties des carcasses

Les différentes pesées effectuées sur les découpes de carcasses (P.A.C, gras abdominal, peau bréchet, muscles *Pectoralis major* ainsi que les muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*) sont regroupés dans le tableau 17. Elles sont exprimées en % du poids total (PV).

Tableau 17: Rendement (%) des différentes parties des carcasses des poulets des 3 lots expérimentaux.

Tissus	Traitements			
		T ⁻	T ⁺	T _R
P.A.C	Global	70,96±2,75 ^a	72,36±3,37 ^a	73,02±11,35 ^a
	♀	70,33±3,37 ^a	73,64±3,30 ^a	79,70±9,39 ^a
	♂	71,59±2,08 ^a	71,09±3,18 ^a	66,34±9,37 ^a
Muscles <i>Pectoralis major</i>	Global	17,50±1,42 ^a	18,12±3,00 ^a	17,77±3,11 ^a
	♀	18,09±1,30 ^a	18,33±3,06 ^a	19,57±3,22 ^a
	♂	16,91±1,39 ^a	17,91±3,22 ^a	15,98±1,78 ^a
Muscles <i>Sartorius</i> et <i>Gastrocnemius</i>	Global	22,88±1,22 ^a	23,07±1,22 ^a	22,69±3,41 ^a
	♀	21,79±1,12 ^a	22,43±1,43 ^a	24,31±3,37 ^a
	♂	23,64±0,74 ^a	23,71±0,51 ^a	21,06±2,80 ^a
Gras abdominal	Global	2,22±0,89 ^a	2,34±0,86 ^a	2,45±0,90 ^a
	♀	2,33±1,14 ^a	1,95±0,58 ^a	2,59±0,88 ^a
	♂	2,11±0,63 ^a	2,74±0,96 ^a	2,13±0,97 ^a
Peau du bréchet	Global	1,85±0,24 ^a	1,83±0,33 ^a	1,93±0,21 ^a
	♀	1,69±0,18 ^a	1,89±0,19 ^a	1,91±0,20 ^a
	♂	2,01±0,19 ^a	1,78±0,44 ^a	1,95±0,25 ^a

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

Les données du tableau 17 montrent que les proportions des carcasses (P.A.C) ont été de 70,96±2,75 ; 72,36±3,37 et 73,02±11,35% respectivement pour les poulets des lots T⁻, T⁺ et T_R. le rapport PAC/PV total signalé par le guide de la souche, varie de 70,9 à 71,4%.

Le poids du muscle *Pectoralis major* par rapport au poids vif total est respectivement pour les poulets des lots T⁻, T⁺ et T_R de 17,50±1,42, 18,12±3,00 et 17,77±3,11%. Ces données se rapprochent de celles indiquées par le guide d'élevage (ARBOR ACRES PLUS, 2007) qui rapporte des rendements en muscles pectoraux se situant entre 18,5 et 19%. Quant aux muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*, leur poids relatifs à celui du poids total sont de 22,88±1,22 ; 23,07±1,22 et 22,69±3,41% respectivement pour les lots T⁻, T⁺ et T_R. Ces valeurs sont conformes à celles du guide de la souche (ARBOR ACRES PLUS, 2007) et qui se situent dans la gamme de 22,7 à 23,1%.

Ces premiers résultats quoique non significatifs, montrent la tendance à une meilleure réponse du croit des poulets du lot T⁺ relativement à ceux du lot T⁻. Cela témoignerait de la meilleure résistance à la chaleur de ces sujets dont le métabolisme serait moins perturbé que celui des poulets du lot T⁻.

Quant à la proportion du gras abdominal dans les carcasses, elle a tendance à être globalement et relativement plus élevée chez les sujets acclimatés par rapport aux témoins (2,34 vs 2,22%). Ces résultats quoique non significatif, sont relativement élevés par rapport à ceux rapportés par le guide d'élevage (2%), et seraient liées à la température du bâtiment lors de l'élevage de poulets de chair.

De façon plus précise, SANDS et SMITH, (1999) et AHMED *et al.* (2006) précisent qu'au chaud, le dépôt de gras est accru au niveau de l'ensemble de la carcasse (abdominal, intramusculaire et sous-cutané). De plus les données antérieures de LECLERCQ (1984) ayant montré par la détermination de la taille et du nombre d'adipocytes que l'augmentation de l'engraissement se fait par hypertrophie pour le gras abdominal mais aussi par hyperplasie pour le gras sous-cutané. L'hyperplasie apparaît encore possible après 4 semaines d'âge.

III.5 Qualité physico-chimiques des carcasses

III.5.1 Composition chimique des muscles *Pectoralis major*

Les tableaux 18 et 19 regroupent les différentes mesures de la composition chimique effectuées sur les muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* et *Gastrocnemius*.

Tableau 18: Composition chimique (% MS) des muscles *Pectoralis major* des poulets des 3 lots expérimentaux.

	Traitements			
		T ⁻	T ⁺	T _R
MS	Globale	90,64±2,30 ^a	88,44±5,02 ^a	87,84±5,39 ^a
	♀	90,95±2,31 ^a	85,12±4,46 ^a	88,77±6,61 ^a
	♂	90,33±2,47 ^a	91,76±3,02 ^a	86,90±4,26 ^a
MM	Globale	8,94±2,42 ^a	7,13±2,57 ^a	8,83±4,14 ^a
	♀	8,62±2,27 ^a	6,86±3,25 ^a	9,29±4,47 ^a
	♂	9,26±2,74 ^a	7,39±1,95 ^a	8,37±4,15 ^a
MAT	Globale	19,48±2,65 ^a	17,20±1,96 ^a	16,26±2,28 ^a
	♀	19,32±2,12 ^a	16,89±2,46 ^a	15,85±2,64 ^a
	♂	19,65±3,30 ^a	17,52±1,48 ^a	16,67±2,02 ^a
MG	Globale	6,29±1,90 ^a	7,11±2,79 ^a	7,22±2,56 ^a
	♀	5,49±1,28 ^a	5,92±2,13 ^a	7,73±3,29 ^a
	♂	7,09±2,17 ^a	8,29±3,04 ^a	6,71±1,70 ^a

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

Tableau 19: Composition chimique (% MS) des muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius* des poulets des 3 lots expérimentaux.

	Traitements			
		T ⁻	T ⁺	T _R
MS	Globale	92,72±2,99 ^a	95,10±1,59 ^a	92,68±1,63 ^a
	♀	92,92±2,42 ^a	95,84±1,74 ^a	92,71±1,99 ^a
	♂	92,52±3,71 ^a	94,35±1,11 ^a	92,66±1,38 ^a
MM	Globale	9,93±2,06 ^a	11,14±2,23 ^a	9,56±1,91 ^a
	♀	9,26±1,59 ^a	11,54±2,96 ^a	10,11±1,94 ^a
	♂	10,60±2,93 ^a	10,74±1,32 ^a	9,02±1,88 ^a
MAT	Globale	10,15±1,02 ^a	10,07±1,05 ^a	9,53±0,83 ^a
	♀	10,38±1,18 ^a	9,88±1,28 ^a	9,93±0,74 ^a
	♂	9,93±0,87 ^a	10,25±0,85 ^a	9,14±0,76 ^a
MG	Globale	33,82±5,04 ^a	37,35±4,07 ^a	35,45±3,35 ^a
	♀	32,10±5,16 ^a	37,07±3,50 ^a	33,65±3,46 ^a
	♂	35,54±4,71 ^a	37,68±4,88 ^a	37,34±2,05 ^a
P	Globale	9,59±2,41 ^a	10,31±1,85 ^a	11,32±2,03 ^a
	♀	9,00±3,17 ^a	9,54±1,91 ^a	10,95±2,17 ^a
	♂	10,18±1,40 ^a	11,08±1,56 ^a	11,68±2,01 ^a
Ca	Globale	16,49±2,71 ^a	18,17±3,89 ^a	17,82±2,95 ^a
	♀	17,15±3,56 ^a	18,60±3,42 ^a	19,23±1,58 ^a
	♂	15,82±1,58 ^a	17,74±4,60 ^a	16,41±3,45 ^a

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

Les résultats d'analyses chimiques sur les échantillons de muscles sélectionnés montrent que le taux de matière sèche des muscles *Pectoralis major* est légèrement en faveur des poulets du lot T⁻, en revanche, les poulets du lot T⁺ ont un taux relativement élevé en MS dans les muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*. Ces taux demeurent assez élevés, les valeurs de MS généralement rapportées par les sources bibliographiques sont comprises entre 67 et 75,3% (SALVINI *et al.*, 1998). Ces taux élevés pourraient en effet résulter d'une augmentation du dépôt de gras musculaire chez les poulets tel que observé lors de notre essai.

Les taux de matières minérales sont quant à eux comparables pour chaque type de muscle de poulets de traitements différents. Il est toutefois élevé chez les poulets du lot T⁺ (11,14±2,23%) dans les muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*.

La teneur en protéines brutes est légèrement plus élevée pour le muscle *Pectoralis major* des poulets du lot T⁻ (19,48±2,65%), tandis qu'elle est la plus faible chez les poulets T⁺ (17,20±1,96%) et ceux ayant subi le retrait alimentaire (16,26±2,28). La même tendance est observée pour les taux de MAT des muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*, étant de (10,15±1,02 ; 10,07± 1,32 et 9,53±0,83%) respectivement pour les lots T⁻, T⁺ et T_R, à l'exception des poulets mâles du lot T⁺, dont le taux en MAT est relativement élevé sans que l'effet acclimatation ne soit significatif.

Ces résultats abondent les conclusions de YUNianto *et al.* (1997) qui justifient la dépression du taux de matières azotées totales musculaires par l'évolution similaire de la

protéosynthèse et de la protéolyse en fonction de la température ambiante. Ainsi les taux fractionnaires de synthèse et de dégradation protéique diminuent entre 19 et 28°C, puis augmentent à partir de 28°C (variation non significative pour la protéosynthèse). ZULKIFLI *et al.* (2000) indiquent quant à lui qu'en conditions chaudes, l'apport énergétique sous forme de glucose au muscle, serait réduit et induirait probablement des répercussions sur le métabolisme protéique musculaire.

La teneur en matières grasses du muscle *Pectoralis major* est quant à elle, plus élevée chez les poulets des lots T⁺ et T_R (7,11±2,79 et 7,22±2,56%), cet effet n'est toutefois pas significatif. L'acclimatation précoce semble induire un dépôt de gras élevé chez les mâles, en revanche, le retrait alimentaire paraît augmenter le taux de MG chez les femelles. La même tendance est observée pour les taux de MG sur les muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*. Les poulets du lot T⁺ présentent un taux de MG élevé pour les 2 sexes de volailles, par contre, les poulets du retrait alimentaire ont eu des taux de MG plus élevés chez les mâles que chez les femelles.

La teneur en matière grasse du muscle *Pectoralis major* est quant à elle plus élevée chez les poulets du lot T⁺ (7,11±2,79%) et le lot T_R (7,22±2,56%) que chez les témoins où elle n'est de (6,29±1,90%). La même tendance est observée pour les taux de MG des muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*, ceux étant de 33,82±5,04 ; 37,35±4,07 et 35,45±3,35% respectivement pour les lots T⁻, T⁺ et T_R sans que l'effet des traitements ne soit statistiquement significatif.

Ces teneurs relativement élevées seraient la résultante des conditions d'ambiance et particulièrement de chaleur et d'humidité présentes tout le long de notre essai. En effet, il est rapporté par AÏN BAZIZ (1996) qu'en conditions chaude d'élevage, il y a une augmentation du dépôt de gras musculaire par le fait d'une diminution de l'utilisation des acides gras déposés. Les indicateurs de la lipolyse telles que l'activité de la β-hydroxy-acyl déshydrogénase et la teneur plasmatique en D-3-hydroxybutyrate sont en effet réduites. GARRIGA *et al.* (2005) rapportent à leur tour que des taux plus élevés de corticostéroïdes et de glucagon pourraient aussi expliquer l'augmentation du glucose sanguin en conditions de chaleur. En effet, ces deux hormones en plus de leur action hyperglycémiant, stimulent les transports sanguins de glucose et de galactose en conditions de stress thermique. Cet effet étant associé à un plus faible prélèvement périphérique de glucose par les muscles, ce qui pourrait justifier la tendance à l'engraissement enregistrée chez le poulet au chaud.

En définitive, le taux protéique élevé et le taux lipidique moindre des muscles de poulets du lot T⁻ comparés à ceux des lots T⁺ et T_R, témoigneraient de l'acquisition d'une thermorésistance des poulets du lot T⁻ lors du déroulement de l'élevage.

Quant au taux de phosphore, le traitement de l'acclimatation précoce et celui du retrait alimentaire semble accroître ce taux (10,31±1,85 et 11,32±2,03%) contre (9,59±2,41%) sur les muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*. Cet effet quoique non significatif ($p \geq 0,05$) est observé quelque soit le sexe considéré des poulets.

Le taux de calcium suit la même tendance que le taux de phosphore. Les taux mesurés ont été de $(16,49 \pm 2,71 ; 18,17 \pm 3,89$ et $17,82 \pm 2,95\%)$ respectivement pour les lots T⁻, T⁺ et T_R sans que l'effet ne soit significatif.

Au vu de ces résultats, il apparaît que l'acclimatation précoce et le retrait alimentaire ont favorisé une teneur relativement élevée en P et Ca dans les muscles analysés des poulets de chair. Toutefois, ces teneurs demeurent dans les normes pour le calcium, elles sont de 11 à 19%. Alors qu'elles sont relativement basse pour le phosphore, celles-ci se situent entre 18 à 20% selon (SALVINI *et al.*, 1998).

Discussion générale

Dans nos conditions expérimentales, et plus spécialement celles de la conduite de l'élevage, les techniques de l'acclimatation précoce et retrait alimentaire n'ont pas eu d'effet significatif ($P < 0,05$) sur la consommation alimentaire, le poids vif et l'indice de consommation des poulets de chair. En revanche, une tendance à la réduction du taux de mortalité des poulets a été relevée.

Les différentes performances affichées par les sujets témoins dénotent que les températures d'ambiance relativement élevées par rapport aux recommandations du guide d'élevage) en cours d'élevage leur ont fait acquérir une thermorésistance à la chaleur ne permettant pas de juger rigoureusement de l'efficacité des traitements acclimatation et retrait alimentaire comme mesures d'atténuation des effets du stress thermique aigu.

Ces deux manipulations étant les moins contraignantes sur le terrain (coût négligeable et ne requérant aucun niveau de technicité), il reste intéressant de les tester à titre expérimental avant de les valider en conditions réelles. L'acclimatation des poussins devra cependant être réalisée dans un 2^{ème} bâtiment, à une température plus élevée que celle observée lors de notre essai.

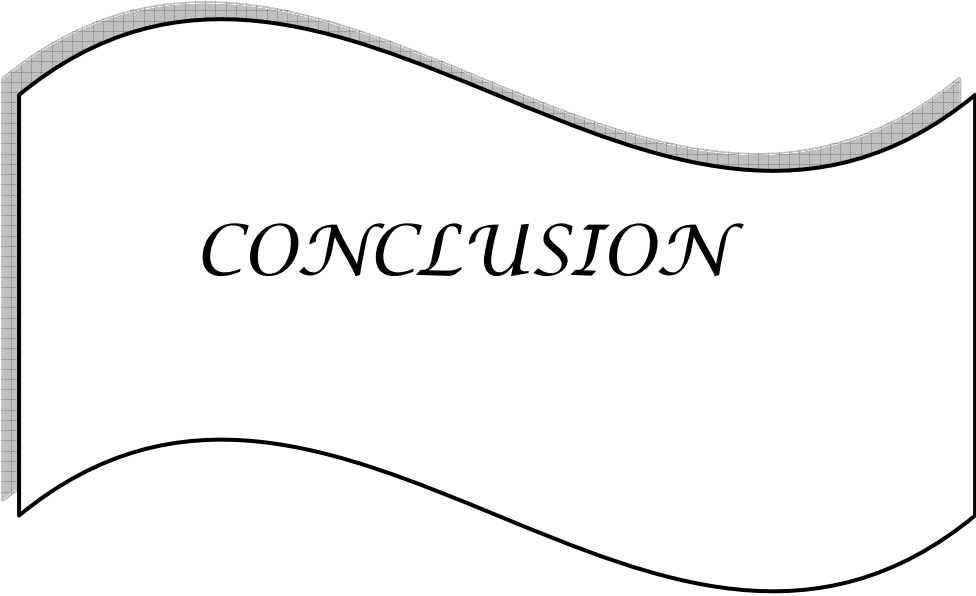
Le choix du 5^{ème} jour d'âge comme jour d'acclimatation peut être maintenu. Une deuxième acclimatation le 7^{ème} jour d'âge ne semble nécessaire, compte tenu de valeurs de températures rectales enregistrées.

Les pesées réalisées sur le gésier, le foie, le gras abdominal et la peau du bréchet ne montrent pas de retombées claires sur ces organes des 2 techniques d'élevage pratiquées.

Le rendement en muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* et *Gastrocnemius* apparaît légèrement élevé chez les poulets acclimatés et ceux subissant le retrait alimentaire. La même tendance est observée pour la carcasse (P.A.C). Ces résultats sont relatifs car la part des lipides des muscles analysés aurait pu induire un rendement en carcasse amélioré en termes de poids.

L'analyse chimique des muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* et *Gastrocnemius* vient conforter ces suppositions car, les poulets des lots T⁺ et T_R renferment effectivement plus de matière grasse et moins de protéines brutes que ceux du lot T⁻.

L'augmentation de la proportion de gras ainsi que la diminution du taux de protéines brutes musculaire chez les poulets du lot T⁺ et T_R peuvent-être liés à un dysfonctionnement au niveau digestif et/ou niveau métabolique.



CONCLUSION

Conclusion Générale

Notre étude a eu pour objectif de mesurer l'impact de la technique de l'acclimatation précoce et celle du retrait alimentaire dans des conditions d'élevage du poulet de chair se rapprochant de celles rencontrées sur le terrain et qui se manifestent en cours d'élevage par :

- Des températures d'élevage relativement élevées et fluctuantes soumises à l'influence du climat méditerranéen en saison estivale (stress thermique chronique).
- Des pics de températures représentant le stress thermique aigu (qui simule les coups de chaleur provoqués en général par le sirocco), obtenu expérimentalement par l'augmentation de la température au seuil de 38,01°C et son maintien durant 6 heures ; il a été pratiqué sur les poulets âgés de 46 jours.

En raison de nos conditions matérielles, le protocole expérimental mis en place, n'a pu montrer de façon tranchée l'avantage de l'acclimatation précoce sur les performances zootechniques des poulets de chair élevés en conditions chaudes. Ceci s'est traduit par une diminution de la consommation alimentaire chez les lots expérimentaux : 130,95 et 129,62 contre 136,92g/s/j respectivement pour les lots T⁺, T_R et T⁻, ainsi qu'une réduction du poids vif en période de finition : 2108,36 ; 1971,17 et 2051,2g respectivement pour les lots T⁻, T⁺ et T_R.

La tendance globale des rendements en carcasse P.A.C est en faveur des sujets acclimatés : 72,36% contre 70,96 et 73,02% respectivement pour les lots T⁻ et T_R. Il en est de même pour les rendements en muscles *Pectoralis major* : 18,12% contre 17,50 et 17,77% pour les lots T⁺, T⁻ et T_R, il est en de même pour les muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius* : 23,07 contre 22,88 et 22,69%. Le groupe des poulets acclimatés présente également une tendance à une meilleure rétention de matières minérales dans les muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*.

Le retrait de l'aliment durant les 6 heures du coup de chaleur ne semble pas suffisant pour modifier de façon significative les paramètres mesurés lors de l'essai.

La technique du retrait alimentaire diminue légèrement la température rectale des poulets lors du coup de chaleur, les valeurs moyennes enregistrées étant : 44,47 ; 42,97 et 43,35°C respectivement pour les lots T⁻, T⁺ et T_R. Cet ordre de grandeur des températures rectales est en relation avec les taux de mortalités durant le challenge thermique, et qui sont respectivement de : 16,46 ; 17,49 et 13,78% pour les lots T⁻, T⁺ et T_R.

Des études complémentaires à cet essai devraient être menées pour arrêter les modalités optimales d'appréciation de la technique d'acclimatation et celle du retrait alimentaire.



*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.

ACAR N., SIZEMORE F.G., LEACH G.R., WIDEMAN R.F.Jr., OWEN R.L., et BARBATO G.F., 1995. Growth of broiler in response to feed restriction to reduce ascites. *Poultry Science*. 74: 833-843.

AFNOR, 1985. Norme V18-100. Pages 89–93 *in*: Recueil de normes françaises. Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. Second edition. 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 T., MUSHTAQ T., MAHR U.N., SARWAR M., HOOGE D.M., et MIRZA M.A., 2006. Effect of different non chloride sodium sources on the performance of heat stressed broiler chickens. *British Poultry Science*. 47 (3): 249-256.

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-BOULAHSEN A., GARLICH J.D., et EDENS F.W., 1989. Effect of fasting and acute heat stress on body temperature, blood acid-base and electrolyte status in chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 94: 683–687.

AÏT-BOULAHSEN 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.

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.

ALLOUI N., AYACHI A., et TLIDJANE M., 2001. Effet de l'optimisation en été de quelques paramètres de l'ambiance des poulaillers sur les résultats zootechniques. Quatrième Journées de la **Recherche Avicole**.

AMAND G., AUBERT C., BOURDETTE C., BOUVAREL I., CHEVALIER D., DUSANTER A., FRANCK Y., GUILLOU M., HASSOUNA M., LE BIAVAN R., MAHE F., PRIGENT J.P., 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

ARAD Z., et MARDER J., 1982. Effect of gradual acclimation to high ambient temperatures on egg shell quality of the sanai bedouin fowl, the commercial white Leghorn and their cross breeds. British Poultry Science. 23: 113-119.

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.

BARUA A., HOWLIDER M.A.R., et YOSHIMURA Y., 1998. A study on the performance of Fayoumi, Rhode Island Red and Fayoumi x Rhode Island Red chickens under rural condition of Bangladesh. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 11: 635-641.

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 Nationale 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

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

BERBIGIER P., 1988. Aspects théoriques des relations énergétiques entre l'animal et l'environnement climatique. *Bioclimatologie des Ruminants Domestiques en Zone Tropicale*. INRA, Paris, 19-56.

BERRONG S.L., et WASHBURN K.W., 1998. Effects of genetic variation on total plasma protein, body weight gains, and body temperature responses to heat stress. *Poultry Science*. 77(3): 379-85.

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.

BORGES S.A., FISCHER DA SILVA A.V., et MAJORKA A., 2007. Acid-base balance in broilers. Cambridge University Press. *World's Poultry Science Journal*. 63: 73-81.

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

BOUDOUMA D., BELGASEM S., et KAZI AOUL S., 2010. Effects of feed restriction and acclimation on performance in broilers reared in heat-distressed environments of Alegria. XIIIth European Poultry Conference. Tours, France 23-27.

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 de un coup de chaleur à 37 jours, sur la mortalité. *Sciences et Techniques Avicoles*. 14: 4–11.

BOUVAREL I., ROFFIDAL L., RUDEAUX F., GERAERT P.A., FRANCK Y., DE SAINT JAN B., GUILLAUMIN J.M., ECKENFELDER B., et FERCHAL E., 1997. Adaptation des formules alimentaires aux périodes chaudes. Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole. 95-98.

BOUZOUAIA M., 1986 Les variantes du virus de la bronchite infectieuse aviaire en Tunisie : incidence, typage. Thèse de Doctorat. Université de Lyon. 165 pages.

BOUZOUAIA M., 2005. Technique d'élevage des volailles en climat chaud. Volaille de Tunisie. Revue Scientifique, 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.

CAHANER A., DEEB N., et GUTRAN M., 1993. Effect of the plumage-reducing Naked-neck (*Na*) gene on the performance of fast growing broilers at normal and high ambient temperatures. *Poultry Science*. 72: 767-775.

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

COLLIN A., PICARD M., et YAHAV S., 2005. The effect of duration of thermal manipulation during broiler chick embryogenesis on body weight temperature of post hatched chicks. *Animal Research*. 54: 105-111.

COOPER M.A., et WASHBURN K.W., 1998. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Science*. 77: 237-242.

CROCQ L., 2008. Travail dans des ambiances thermiques chaudes - Effets sur la santé. Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail. www.cchst.ca

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. University of Kassel-Witzenhausen and University of Gottingen. Conference on International Agricultural Research for Development.

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., VILARIÑO M., LEON A., et PICARD M., 2001. Efecto de la aclimatación precoz sobre la termotolerancia en pollos de engorde sometidos a un estrés térmico tardío en condiciones de clima tropical. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias LUZ*. 11: 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., VILARINO 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.

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

EBERHART D.E., et WASHBURN K.W., 1993. Variation in body temperature response of akedneck and normally feathered chickens to heat stress. *Poultry Science*. 72: 1385-1390.

ECKERT R., 2004. *Physiologie animale, mécanismes et adaptations*. Edition De Boeck Université. 420 pages.

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.

FAIRCHILD B.D., et CASEY G., 2006. Drinking water primer learning for life the University of Georgia . *Bulletin Poultry*. 4: 1301.

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.

FERKET P.R., et SELL J.L., 1990. Effect of early protein and energy restriction of large turkey toms fed high-fat or low-fat realimentation diets. 1. Performance characteristic. *Poultry Science*. 69: 1974-1981.

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.

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.

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.

GARY D., BUTCHER D.V.M., et MILES R., 2003. Heat stress management in broilers. College of Veterinary Medicine, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville FL 32611. Volume : 65.

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., 1995. Déterminisme génétique de la résistance à la chaleur. Premières journées de la Recherche Avicole, Angers, 81-86.

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.

GIBERNEAU M., et BRABE D., 2007. Des fleurs « à sang chaud ». *Pour la Science*. 50-56.

GOVAERTS T., ROOM G., BUYSE J., LIPPENS M., DEGROOTE G., et DECUYPERE E., 2000. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 2. Effect on allometric growth and growth hormone secretion. *British Poultry Science*. 41: 355–362.

GREGORIO R.A., 1994. Managing Stress in Broiler Breeders. *A Review Journal of Applied Poultry Research*. 3: 199-207.

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

GUENARD H., 2001. Physiologie humaine (Tome 3). Rueil Malmaison: Editions Pradel. 320 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.

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.

HERMIER D., 1997. Lipoprotein metabolism and fattening in poultry. Journal of Nutrition., 127: 805-808.

HILLMAN P.E., SCOTT N.R., et VAN TIENHOVEN A., 1985. Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. Edition Stress Physiology in Livestock. 3: 124-136.

HOFMAN A., 2000. Amélioration de l'aviculture traditionnelle aux Iles comores. Mémoire de troisième Doctorat en médecine vétérinaire. Service de Nutrition. Université de Liège, faculté de Médecine Vétérinaire, 71 pages.

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.

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

INOUE I.H., HASE I., AIURA Y., FUJIMORI A., HARUYAMA Y., MARUYAMA T., et NISHIHARA Y., 1995. Systematic development of the spectral function in the $3d^1$ Mott-Hubbard system $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{VO}_3$. Physical Review Letters. 74 : 2539–2542.

JONES G.P.D., 1994. Energy and nitrogen metabolism and oxygen use by broilers susceptible to ascites and grown at three environmental temperatures. British Poultry Science. 35: 97-105.

JORDAN F., 1996. Improving poultry production under climatic stress through management and health care. Twentieth World Poultry Congress, New-Delhi (India). 1: 151-160.

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.

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.

LECLERCQ B., 1984. Adipose tissue metabolism and its control in birds. *Poultry Science*. 63: 2044-2054.

LEENSTRA F., CAHANER A., DECUYPERE E., GRIFFIN H., LECLERCQ B., et SORENSEN P., 1992. Growth, feed conversion and body composition of 9 experimental lines selected on one of these traits (UNIC). *World's Poultry Science Association. Netherlands Branch*. 2: 211.

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., BUYSE J., DU R., GUT X.H., et ZHANG Z.Y., 2004. Response of rectal temperature of broiler chickens to thermal environmental factors. Arch. Geflügelkd. 68: 126–131.

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.

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

MAC DONALD K., BELAY T., DEYHIM F. et TEETER R., 1990. Comparison of the 5-day acclimation and fasting techniques to reduce broiler heat distress mortality. Poultry Science, 69: 90.

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 LEOD M.G., 1984. Factors influencing the agreement between thermal physiology measurements and field performance in poultry. Archiv fur Experimentelle Veterinarmedizin. 38: 399-410.

MAC LEOD M.G., et HOCKING P.M., 1993. Thermoregulation at high ambient temperature in genetically fat and lean broiler hens fed *ad libitum* or on a controlled-feeding regime. British Poultry Science. 34: 589-596.

MAC LEOD M.G., SAVORY C., MAC CORQUODALE C., et BOYD A., 1993. Effects of long-term food restriction on energy expenditure and thermoregulation in broiler-breeder fowls (*Gallus domesticus*). Comparative Biochemistry and Physiology. 106 (2): 221–225.

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 Biology. 7 (6): 975-978.

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

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

MATHUR P.K., 2003. Genotype-environment interactions: problems associated with selection for increased production. In Muir W.M. and Aggrey S.E. (Eds.), Poultry Genetics, Breeding and Biotechnology, Cab International, Wallingford, United Kingdom. 83-99.

MEIJERHOF R., et FURMANEK D., 2006. The importance of temperature control in optimising chick health. *World Poultry*. 22 (3): 22-23.

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

MÉRAT P., 1984. The sex-linked dwarf gene in the broiler chicken industry. *World's Poultry Science Journal*. 40: 10-18.

MIEUSSET R., BUJAN L., MANSAT A., et PONTONNIER F., 1992. Hyperthermie scrotale et infécondité masculine. *Progrès en urologie*. 2(1): 31-36.

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

MUJAHID A., YOSHIKI Y., AKIBA Y. et TOYOMIZU M., 2005. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. *Poultry Science*. 84: 307–314.

MUJAHID A., SATO K., AKIBA Y., et TOYOMIZU M., 2006. Acute heat stress stimulates mitochondrial superoxide production in broiler skeletal muscle, possibly via down regulation of uncoupling protein content. *Poultry Science*. 85: 1259–1265.

NASEEM M.T., SHAMOON N., YOUNIS M., ZAFAR IQBAL CH., AAMIR GHAFOR 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.

NARONGSAK C., 2004. Physiological reactions of poultry to heat stress and methods to reduce its effects on poultry production. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*. 34: 2.

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.

OBEIDAH A., MÉRAT P., et DURAND L., 1977. Polymorphism of egg white proteins egg white and component weight in the Fayoumi hen. *Annal Genetic Selection Anita*. 9: 301.

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.

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

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

PLAVNIK I., et HURWITZ S., 1985. The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poultry Science*. 64: 348-355.

PLAVNIK I., et HURWITZ S., 1988. Early feed restriction in male turkeys: Growth pattern, feed efficiency, and body composition. *Poultry Science*. 67: 1407-1413.

PLAVNIK I., et HURWITZ S., 1991. Response of broiler chickens and turkey poults to food restriction of varied severity during early life. *British Poultry Science*. 32: 343-352.

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

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.

SALVINI S., PARPINEL M., GNAGNARELLA P., MAISONNEUVE P., et TURRINI A., 1998. Banca dati di composizione degli alimenti per studi epidemiologici in Italia. Milano: Edition. Istituto Europeo di Oncologia. Journal of Food Composition and Analysis. 13 (4): 511-523.

SANDERCOCK D.A., HUNTER R.R., NUTE G.R., MITCHELL M.A., et HOCKING P.M., 2001. Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: implications for meat quality. Poultry Science. 80 : 418-425.

SANDS J.S., et SMITH M.O., 1999. Broilers in heat stress condition effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation. Journal Applied Poultry Research. 8: 280-287.

SCHEPKENS E., 2005. Chronique vétérinaire. Les examens complémentaires. Autopsie, prélèvements. Coin du VETO. 116.
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., et GHEE G., 1990. Effect of early acclimation and photoperiod on growth of broilers subjected to chronic heat distress. Poultry Science. 69 (1): 192.

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.

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.

SUSBILLA J.P., FRANKEL T.L., PARKINSON G., et GOW C.B., 1994. Weight of internal organs and carcass yield of early food restricted broilers. British Poultry Science. 35: 677-685.

SYKES A., et FATAFTAH A., 1986. Acclimatization of the fowl to intermittent acute heat stress. British Poultry Science. 27: 289-300.

TABET-AOUL M., 2008. Impact du changement climatique sur l'agriculture et les ressources en eau au Maghreb- Note d'alerte. Ciheam-Montpellier France.48.

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., 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. *In : Cours théorique de physiologie.* Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, Marcy l'Etoile, 20 pages.

TOUTAIN P.L., et COMBRISSE 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.

TURKYILMAZ M.K., 2008. The effect of stocking density on stress reaction in broiler chickens during summer. *Turkish Journal Veterinary Animal Science.* 32 (1): 31-36.

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.

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

WANG S., et EDENS F., 1998. Heat conditioning induces heat shocks proteins in broiler chickens and turkey poults. *Poultry Science.* 77: 1636-1645.

WASHBURN K.W., 1990. Effect of restricted feeding on fatness, efficiency, and the relationship between fatness and efficiency in broilers. *Poultry Science.* 69: 502-508.

WASHBURN K.W., EL-GENDY E., et EBERHART D.E., 1992. Influence of body weight on response to a heat stress environment. *Nineteenth World Poultry Congress. Netherlands.* 2: 53-56.

WHITTOW G.C., 1986. Energy metabolism. P.D. Sturkie's edition. Avian physiology. 253-268. Springer –Verlag. New York.

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

WIDEMAN, R.F., FORD B.C., MAY J.D., et LOTT B.D., 1994. Acme heat acclimatization and kidney function in broilers. Poultry Science. 73: 70-88.

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.

XIN H., GATES R.S., PUMA M.C., et AHN D.U., 2002. Drinking water temperature effects on laying hens subjected to warm cyclic environment. Poultry Science. 81: 608-617.

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., SHAMAY 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., LUGER D., CAHANER A., DOTAN M., RUSAL M., et HURWITZ S., 1998. Thermoregulation in naked neck chickens subjected to different ambient temperatures. British Poultry Science. 39: 133-138.

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

YALÇIN S., TESTİK 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 V.D., 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.

YUNIS R., et CAHANER A., 1999. The effects of naked neck (NA) and frizzle genes on growth and meat yield of broilers and their interactions with ambient temperatures and potential growth rate. *Poultry Science*. 78: 1347-1352.

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

ZUBAIR A.K., et LEESON S., 1996. Changes in body composition and adipocyte cellularity of male broilers subjected to varying degrees of early-life feed restriction. *Poultry Science*. 75: 719-728.

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 X., LARBIER A.M., CHAGNEAU A.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

Caractéristiques	Aliment croissance	Aliment finition
Au minimum		
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
Au maximum		
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	-
Oligo-éléments :(mg/100kg)		
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
Supplémentations :		
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 effectué a pour but d'apprécier d'une part, l'impact du traitement de l'acclimatation précoce et celui du retrait alimentaire sur les performances zootechniques des poulets de chair élevés sous contraintes thermiques et soumis à un coup de chaleur en période de finition et d'autre part, d'évaluer l'impact de ces deux traitements sur la teneur en MS, MM, MAT et MG des muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* et *Gastrocnemius*. Ces deux derniers ont concernés aussi la teneur en Ca et P.

Dans nos conditions expérimentales, les deux techniques appliquées n'ont pas eu d'effet significatif ($P > 0,05$) sur l'ingéré alimentaire, le poids vif, l'indice de consommation ainsi que sur le taux de mortalité des poulets de chair.

Sans que l'effet ne soit significatif, les techniques d'acclimatation précoce et du retrait alimentaire ont contribué à l'augmentation pondérale du foie et à une diminution du poids du gésier. Par ailleurs, les deux traitements ont favorisé le dépôt de gras sous abdominal : 2,33 ; 1,95 et 2,59% respectivement pour les lots T⁻, T⁺ et T_R⁻. Ces taux de gras élevés ont traduit une augmentation du rendement en carcasse (P.A.C), celui-ci est de : 70,96 ; 72,36 et 73,02% respectivement chez les poulets du lot T⁻, T⁺ et T_R⁻.

Quant à la composition chimique des muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* et *Gastrocnemius*. Les poulets du lot T⁻ renferment des taux plus élevés en MAT et plus bas en MG. La différence en terme de proportion est de : + 0,8 et +2% respectivement chez les poulets T⁻ comparés aux poulets T⁺ et T_R⁻ pour les MAT. Cette différence est de -10,4 et -4,8% pour la MG.

Concernant la teneur en MM des muscles *Sartorius* et *Gastrocnemius*, celle-ci est en faveur des poulets acclimatés : 11,14% contre 9,93 et 9,56% respectivement pour les lots T⁻ et T_R⁻. Cette même constatation est observée pour la teneur en Ca : +9 et +2%, il en est de même pour la teneur en P, les différences sont de l'ordre -7,5 et -18% pour le lot T⁻ comparé aux lots T⁺ et T_R⁻.

Toutefois, la lecture de ces résultats doit se faire avec précaution. En effet, le traitement de l'acclimatation précoce s'étant déroulé dans le même local qui a abrité les poulets témoins. Ces derniers ont pu acquérir une thermorésistance d'où une modification de la réponse de ce groupe de poulets.

Mots clés : Acclimatation précoce, Retrait alimentaire, Poulet de chair, Stress thermique, organes internes, Rendements en carcasse, Composition chimique des muscles.

Summary

The objective of this study is to appreciate on the one hand, the impact of the treatment of the early acclimatization and that of the feed withdrawal on the performances of broilers raised under heat stress and subjected to an acute heat stress at the end of the breeding and on the other hand, to evaluate the impact of these two treatments on the content of DM, MM, MAT and MG of the muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* and *Gastrocnemius*. These two last also related to the Ca content and P.

Under the conditions of this experiment, the two techniques applied had not a significant effect ($P > 0,05$) on food consumption, the live weight, the index of consumption and on percent of mortality.

Without significant effect, the techniques of early acclimatization and the feed withdrawal contributed to increase the ponderal weight of liver and a reduction of the weight of the gizzard. In addition, the two treatments increase the fat abdominal deposit : 2,33; 1,95 and 2,59% respectively for the groups T⁻, T⁺ and T_R. These rates of high fats represented an increase in the output into carcass (P.A.C), this one is to: 70,96 ; 72,36 and 73,02% respectively for the groups T⁻, T⁺ and T_R.

As for the chemical composition of the muscles *Pectoralis major*, *Sartorius* and *Gastrocnemius*. The broilers of groups T⁻ present higher rates in MAT and low rates of MG. The difference in term of proportion are about: + 0,8 and +2% respectively in the chickens T⁻ compared with the broilers groups T⁺ and T_R for the MAT. This difference is -10,4 and -4,8% for MG.

For the level of MM of the muscles *Sartorius* and *Gastrocnemius*, this one is in favour of the broilers group T⁺ : 11,14% against 9,93 and 9,56% respectively for groups T⁻ and T_R. This same observation is noted for the content of Ca: +9 and +2%, it is the same for the P content, the differences are about: -7, 5 and -18% for the group T⁻ compared with the T⁺ and T_R.

However, the reading of these results must be analysed with precaution. Indeed, treatment of the early acclimatization being unrolled in the same room which sheltered pilot chickens. The latter could acquire a thermoresistance which modifies the response of this group of chickens to the acute heat.

Word keys : Early acclimatization, feed Withdrawal, Feed withdrawal, Broiler chick, Heat stress, Internal organs, Outputs in carcass, Chemical composition of the carcass.

ملخص

العمل المنجز هادف من جهة، إلى تقييم أثر التأقلم المبكر وسحب المواد الغذائية على مردود الدجاج اللحم المربي في ظروف محيطية ساخنة والمعرض إلى الإجهاد الحراري الحاد في نهاية التربية، ومن جهة الأخرى، تقييم أثر هاتين المعاملتين على التركيبة الكيماوية من الرطوبة، المواد المعدنية، البروتينات و المواد 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 الغذاء، وزن الجسم، مؤشر استهلاك الغذاء و على نسبة الوفيات للدجاج اللحم.

بدون اثر معنوي، معاملات التأقلم المبكر و سحب المواد الغذائية ساهمتا في ارتفاع وزن الكبد و انخفاض في وزن الأحشاء. و علاوة على ذلك، فإن هاتين المعاملتين بادرتا في ارتفاع نسبة المواد الدسمة تحت الجلد : 2,33 ; 1,95 و 2,59 % بالنسبة للفوج الشهود ، المتأقلم ومسحوب الغذاء على التوالي.

هذه النسب المرتفعة للمواد الدسمة دلت على ارتفاع المردود لهيكل الدجاج اللحم، هذا كان ب : 70,96 ; 72,36 و 73,02 % على التوالي للفوج الشهود، المتأقلم ومسحوب الغذاء.

بالنسبة للتركيبة الكيماوية للعضلات الصدر و الفخض. الدجاج الشهود يحتون على نسب مرتفعة بالنسبة للبروتينات و منخفضة بالنسبة للمواد الدسمة. الاختلافات النسبية تقدر ب: +0,8 و +2 % بالنسبة للدجاج الشهود مقارنة بالدجاج المتأقلم و المسحوب الغذاء. فيما يخص البروتينات . هذا الاختلاف قدر ب -10,4 و -4,8 % بالنسبة للمواد الدسمة.

فيما يخص التركيبة الكيماوية لعضلات الفخض بالمواد المعدنية هذه النسبة في صالح الدجاج المتأقلم : 11,14 ، و 9,93 و 9,56 % بالمقارنة لفوج الشهود ومسحوب الغذاء على التوالي. نفس الملاحظة بالنسبة للتركيبة بالكالسيوم : +9 و +2 % ، انه شيء نفسه بالنسبة للفسفور ، الاختلافات تقدر ب: -7,5 و -18 % بالنسبة للفوج الشهود مقارنة بالفوج المأقلم ومسحوب الغذاء على التوالي.

إن قراءة هذه النتائج يجب أن تتم بأخذ الحذر. عملية التأقلم المبكر أجريت في نفس المبنى الذي كان يحتوي على الدجاج الشهود. هذا الفوج كان قد اكتسب تأقلم حراري الشيء الذي غير إجابة هذا الفوج.

كلمات المفتاح: التأقلم المبكر، سحب الغذاء، الدجاج اللحم، الإجهاد الحراري، مردود الدجاج، التركيبة الكيماوية للعضلات.