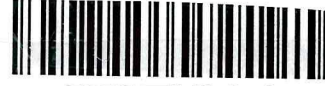


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMO

الجمهورية الديمقراطية الشعبية



573THV-1

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE SAAD BAHLEB BLIDA

FACULTE AGRO-VETERINAIRE ET BIOLOGIE

PROJET DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

THEME :

Stress thermique chez la volaille
(synthèse bibliographique)

Présenté par : Belkessem Fouad.

Boutechiche Nasserline.

Le jury :

- **Président : Dr Chérifi N.**
- **Examineur : Dr Doumandji W .**
- **Promoteur : Dr Belabbas R.**

Année Universitaire : 2011/2012

Bien que délicate, l'écriture des remerciements est un élément indispensable pour témoigner notre profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Nous tenons tout d'abord à exprimer nos sincères remerciements aux membres de jury :

Docteur Chérifi N., Maître assistant classe B au Département des Sciences Vétérinaires de l'Université Saad Dahleb de Blida de nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de ce mémoire. Hommages respectueux.

Dr Doumandji W., Maître assistant au Département des Sciences Vétérinaires de l'Université Saad Dahleb de Blida pour avoir accepté d'examiner ce travail. Sincères remerciements.

Nous tenons à remercier vivement notre promoteur Dr BELABBAS Rafik maître assistant classe B au Département des Sciences vétérinaires de l'Université Saad Dahleb de Blida, pour la patience, l'abnégation, le dévouement et le soutien qu'il nous a témoigné pour achever à terme ce modeste mémoire et pour avoir dirigé ce travail, nous le remercions également pour son aide effective et dont les conseils nous ont été très précieux. Hommages respectueux.

DEDICACES

Après tant d'effort, et de travail nous sommes enfin arrivés à la fin... mais ceci grâce aux proches.

Aux êtres les plus chères au monde qui ont sacrifié pour m'offrir un climat idéal du travail et de m'apporter leurs soutiens et encouragements depuis toujours : mes chères parents : ALI et SALIHA, merci pour tout.

- ❖ À mes chers frères MOHAMED, AHMED, LAKHDAR et Le petit ZAKI.*
- ❖ À mes sœurs HALIMA et NADA et mes grands parents.*
- ❖ À toute la famille BELKESSAM de près et de loin.*
- ❖ À mon binôme NASRDDIN et sa famille.*

Tous mes amis et collègues et surtout : MOUSTAFA, AHMED, ABDOU FADHILA, NAWEL, AMINA, HASSIBA, ZINEB, SMAIL, SAAID, AMINE, FARES, KARIM, KHALED, HAMZA, WAHIBA, SALAH, MERIEM, SAMEH, MOHAMED, MOURAD. BILLAL et HAFID

A toute la promo vétérinaire 2012, et tous les étudiants de faculté vétérinaire.

FOUAD...

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A vous mes très chères parents :

Abdelghani, Fatima; je ne pourrais jamais assez exprimer mon éternel amour, respect et gratitude. Pour votre amour, vos sacrifices, patience et tendresse, je vous dédie ce modeste travail qui n'est que le fruit de votre aide, conseils et encouragements.

A mes chers frères : Abdelssamed et Abdelrahim

A ma sœur : Ikram

A ma nièce : nour elyakine

A toute ma famille

A mon binome fouad et tout sa famille

A toute la promotion vétérinaire (2011/2012)

A mes chers amis: mustapha, khaled, hamza, ahmed, fadila, mariem, samah, aissa, bouhadjar, dadi, boualem, nawel, mokhtar, maissa, youcef, abdelhafide, amina, berouane....ect

.Nasreddin.

ملخص

الهدف من دراستنا هو معرفة وظيفة التنظيم الحراري، وتأثير الإجهاد الحراري على حيوية الدواجن والأساليب المختلفة للتصدي لارتفاع درجة حرارة المحيط.

إن الزيادة في درجة حرارة الجو و المحيط هي مشكلة رئيسية في تربية الدواجن و التي تسبب خسائر اقتصادية كبيرة خاصة في البلدان الاستوائية و المناطق الحارة.

هذه الخسائر تكون بواسطة انخفاض نسبة الوزن و الكفاءة الغذائية، كذلك في الخصوبة و التفقيس عند الدجاج البياض و تغير مؤشر استهلاكها الغذائي و تباطؤ نموها و خسائر إنتاجية واسعة.

و للحد من الآثار السلبية إجهاد الحراري نتطرق في دراستنا لعدة طرق غذائية، وراثية و تقنية مقترحة من الكثير من الباحثين لمواجهة عقبة ارتفاع درجة حرارة المحيط.

كلمات البحث: درجة حرارة المحيط، والدواجن، وعروض الحيوانات.

Cette synthèse bibliographique a pour objectif, d'étudier la fonction de thermorégulation, l'impact de stress thermique sur les performances de la volaille et les différentes méthodes de lutte contre l'élévation de température ambiante.

L'augmentation de la température ambiante est un problème majeur dans les élevages avicoles qui cause d'énormes pertes économiques, dans les pays tempérés et tropicaux. L'élévation de température ambiante traduit chez le poulet un désordre qualifié de stress thermique. Celui-ci entraîne une réduction du gain de poids vif, de l'efficacité alimentaire, ainsi que celle de la fertilité et du taux d'éclosion chez les pondeuses, et des grandes pertes de productions. Aussi, la baisse de la consommation alimentaire provoque un ralentissement de la croissance des poulets et une altération de leur indice de consommation.

Face à cet obstacle, plusieurs solutions d'ordre technique, nutritionnel ou génétique ont été envisagées par les chercheurs afin de limiter les effets néfastes de l'élévation de la température ambiante.

Mots clés : Température ambiante, volaille, performances zootechniques.

This review of the literature aims to study the function of thermoregulation, the impact of heat stress on performance of poultry and different methods of struggle against the rise in ambient temperature.

Increasing the ambient temperature is a major problem in poultry that causes huge economic losses, in temperate and tropical countries. The rise in ambient temperature results in chickens disorder called heat stress. This causes a reduction in weight gain, feed efficiency, as well as fertility and hatchability in laying hens, and large production losses.

Also, the decrease in food consumption leads to slower growth of chickens and altered their consumption index.

Faced with this obstacle, several technical solutions, nutritional or genetic ,researchers were envisages to limit the adverse effects of elevated ambient temperature.

Keywords: Ambient, poultry, animal performances.

	<u>Pages</u>
Introduction.....	1
Chapitre I : La fonction de thermorégulation	
I.1. Définition	3
I.2. La thermorégulation chez les animaux.....	3
I.2.1. La température ambiante et la température centrale	3
I.2.2. Homéothermes et poïkilothermes	4
I.2.3. Endotherme et ectotherme.....	4
I.2.4. Notion d'hétérotherme.....	5
I.3. La thermorégulation en fonction de la température ambiante	5
I.4. La thermorégulation chez les oiseaux	6
I.5. La température corporelle chez le poulet en relation avec la chaleur ambiante...8	
Chapitre II. L'impact du stress thermique chez la volaille	
II.1. Définition	9
II.2. Limite de lutte des oiseaux contre le stress thermique.....	10
II.3. Impact du stress thermique sur la température corporelle.....	12
II.4. L'impact du stress thermique sur les cellules et les organes.....	13
II.5. L'impact du stress thermique sur les performances zootechniques.....	14
II.5.1. Impact sur l'ingéré alimentaire.....	14
II.5.2. Impact sur la croissance.....	15
II.5.3. L'impact sur la consommation de l'eau.....	15
II.5.4. L'impact sur la mortalité	15
II.6. L'impact du stress thermique sur le métabolisme des aliments	16
II.6.1. L'énergie métabolisable.....	16
II.6.2. Métabolisme glucidique.....	16
II.6.3. Métabolisme lipidique.....	17
II.6.4. Métabolisme protéique.....	19

II.7.L'impact du stress thermique sur la morphométrie digestif	19
--	----

Chapitre III. Les moyens de lutte contre le stress thermique.

III.1.Les méthodes d'ordre nutritionnel.....	20
III.1.1 Technique de rationnement des volailles sous climat chaud	20
III.1.1.1. L'alimentation discontinue.....	20
III.1.1.2. L'utilisation des graisses.....	21
III.1.1.3. L'alimentation calcique séparée.....	21
III.1.2.L'eau	23
III.1.3.Les additifs.....	23
III.2. Les méthodes d'ordre technique	24
III.2.1. Bâtiment.....	24
III.2.2. le conduit d'élevage.....	27
III.2.2.1.Les conditions d'élevage	27
III.2.2.2. L'éclairage.....	29
III.2.2.3. La ventilation.....	29
III.2.2.4.. Densité.....	31
III.2.3. L'acclimatation précoce.....	31
III.3.Les méthodes d'ordre génétique.....	35
III.3.1.Le gène cou nu (Na).....	35
III.3.2.Le gène du nanisme (dw).....	36
III.3.3.Le gène polydipsie (di).....	36
III.3.4.Le gène Frisé (F).....	37

Liste des tableaux et des figures

N°		Page
Tableaux		
01	Effet de la température sur l'ingéré alimentaire (Van kampen, 1984)	14
02	Importance de l'alimentation discontinue chez le poulet de chair dans un climat tropical (Ramlah et Jalaludun, 1989)	21
03	Effet de l'alimentation calcique séparé sur les paramètres zootechniques (Uzu, 1988)	22
04	Effets de l'alimentation calcique séparée sur les performances de ponte dans des conditions de température élevée (picard et al, 1986-1987)	23
05	Comparaison des différents systèmes de convection forcée (moncef bouzouia, 2002 source sanitaire).	26
06	La densité des animaux (Moncef bouzouaia(2002)	31
Figures		
1	Principales voies de thermolyse chez le poulet (Amand <i>et al</i> , 2004)	7
2	Variations de la température ambiante (TA) auxquelles ont été soumis les poulets pendant la dernière semaine de vie (les flèches verticales en trait plein indiquent les mesures de températures corporelle par télémétrie, en trait pointillé, par la méthode manuelle)	13
3	Villosités intestinales au niveau du duodénum distal chez (a) un poulet témoin et (b)	34

Partie

Bibliographique

Introduction

L'Algérie au même titre que les pays tempérés et tropicaux, est sous la contrainte des hausses de températures ambiantes, surtout en période estivale. Celles-ci sont à l'origine d'une augmentation du taux de mortalité en élevage mais aussi d'un retard considérable de la croissance qui se répercute négativement sur le poids final des animaux à l'abattage.

En effet, l'augmentation de la température ambiante traduit chez le poulet un désordre qualifié de stress thermique. Ce dernier désigne une chaîne de réactions chez l'animal en réponse à des températures ambiantes élevées. Plus précisément, il décrit un syndrome qui se développe quand, face à une augmentation de la température ambiante, les mécanismes de régulation de l'organisme ne permettent plus d'empêcher une élévation de la température corporelle.

Bien qu'ils ne soient pas connus exactement, les mécanismes physiologiques qui conduisent à la mort de poulets lors des coups de chaleur s'accompagnent de la modification significative de deux paramètres, la température corporelle des animaux (TC) et leur niveau d'hyperventilation (NH) (De Basilio *et al.*, 2003).

Chez le poulet, la limite supérieure de la TC est de 41,5 – 42°C et la limite inférieure de 40,5 - 41°C bornant la zone d'homéothermie (Etches *et al.*, 1998). Pour lutter contre la chaleur, l'oiseau diminue le plus possible la thermogenèse et il augmente la thermolyse (Yahav, 2000).

Au-delà de 44°C, il n'y a aucune chance de survie alors que si cette limite de 44°C n'est pas atteinte et que la température ambiante s'abaisse, la TC des poulets peut revenir à la valeur normale de 41,5°C (Armand et Valancony, 1996).

Pour limiter les effets néfastes de la chaleur ambiante, les mesures à prendre en élevage diffèrent selon que le stress thermique soit aigu ou chronique : lors d'exposition chronique à la chaleur, des solutions nutritionnelles et génétiques peuvent être envisagées. Toutefois, aucune n'a pu à ce jour, rétablir les résultats zootechniques obtenus en climat tempéré.

Lors d'un coup de chaleur, les solutions sont essentiellement techniques, passant par la gestion adaptée des principaux paramètres à risque : température, hygrométrie, débit de

renouvellement et vitesse de l'air. Ces solutions peuvent éventuellement être complétées par d'autres procédés, tels que la restriction alimentaire diurne, la réduction de la densité des animaux, la gestion de l'abreuvement etc.

L'objectif de cette synthèse bibliographique est d'étudier dans un premier chapitre la fonction de la thermorégulation chez les animaux et chez la volaille, l'impact du stress thermique sur la volaille dans un deuxième chapitre. Enfin, nous terminerons pas un troisième chapitre sur les différents moyens de lutte contre le stress thermique.

Chapitre I

*La fonction de
thermorégulation*



Chapitre I : La fonction de thermorégulation.

I.1. Définition :

Thermorégulation est le mécanisme par lequel les animaux maintiennent leur température interne dans un intervalle compatible avec la vie. Cette capacité est essentielle à la survie parce que la plupart des processus biochimiques et physiologiques sont extrêmement sensibles aux changements de la température corporelle (Anonyme.,2012).

Certaines espèces comme les reptiles, les amphibiens et les poissons sont incapables d'ajuster leur température corporelle (température corporelle dépendante de la température de l'environnement). Par contre, lors de l'évolution, des espèces vertébrées (oiseaux et mammifères) ont développé des mécanismes pour le maintien de la température corporelle par le contrôle de la perte ou la production de la chaleur.

I.2. La thermorégulation chez les animaux :

Le schéma classique utilisé par les physiologistes pour classifier les différentes méthodes de thermorégulation des animaux est basé sur la stabilité de leur température corporelle (Cristinelli, 2006)

I.2.1. La température ambiante et la température centrale :

Température ambiante : température radiante pour un régime de convection libre et un degré hygrométrique de 50% (Anonyme.,2012).

Température centrale : niveau moyen de l'énergie thermique de l'organisme, elle s'exprime en degré Celsius (°C) et se repère à l'aide d'instruments étalonnés (thermomètre, thermocouple, thermistance). La température rectale (10 cm de l'anus) est très voisine de la température centrale, et peut varier avec l'âge, la race, le statut sexuel, le niveau de production et selon un rythme circadien (Toutain,1984).



I.2.2. Homéothermes et poïkilothermes :

La température corporelle n'est pas du tout constante d'une espèce animale à l'autre. De ce point de vue, on oppose deux grandes classes animales : les animaux homéothermes, sont familièrement appelés « animaux à sang chaud », et les animaux poïkilothermes sont quant à eux désignés sous le terme « d'animaux à sang froid » (Barre *et al*, 2001).

Les Homéothermes sont capables de maintenir leur température corporelle centrale au-dessus ou en deçà de la température ambiante selon les conditions extérieures. Ils régulent leur température corporelle à une valeur physiologique quasi constante en contrôlant la thermogenèse et la thermolyse. Ce groupe rassemble classiquement l'ensemble des mammifères et des oiseaux (Barre *et al*, 2001).

Les Poïkilothermes ont une température centrale variable avec celle du milieu extérieur. Il n'y a aucune constance de cette température centrale, aucune régulation. Les animaux poïkilothermes ont une température corporelle qui subit des fluctuations de manière plus ou moins importante, dans le même sens que la température ambiante (Randell *et al*, 1997). En général, la température interne de ces animaux, se situe 1 ou 2 °C au-dessus de la température extérieure.

I.2.3. Endotherme et ectotherme :

Les animaux **endothermes** génèrent leur propre chaleur corporelle via la production de chaleur par le métabolisme, et conservent ainsi leur température corporelle bien au-dessus de celle du milieu ambiant. La plupart produisent la chaleur via une forte activité métabolique, et beaucoup ont une faible conductivité thermique grâce à une bonne isolation (fourrure, plumes, graisse sous-cutanée). Cela leur permet de conserver la chaleur en dépit d'un fort gradient de température entre le corps et l'environnement.

La production métabolique de chaleur d'un animal **ectotherme** est comparativement beaucoup plus limitée que celle d'un endotherme. Elle atteint un niveau normalement beaucoup trop faible pour permettre l'endotherme. Souvent les animaux ectothermes ont une faible production de chaleur via la voie métabolique et possèdent une forte conductance



thermique. Cela implique une faible isolation. Ainsi la chaleur produite par le métabolisme est rapidement perdue vers un milieu extracorporel plus froid. En conséquence, l'échange de chaleur avec l'environnement est beaucoup plus important que la production métabolique de chaleur dans la détermination de la température corporelle d'un animal ectotherme (Randell *et al*, 1997).

I.2.4. Notion d'hétérotherme :

Les animaux hétérothermes sont des animaux capables de faire varier le degré de production de chaleur endotherme et qui ne régulent pas, en général, leur température corporelle dans un intervalle de température étroit. Ces animaux peuvent être scindés en deux groupes : les animaux « hétérothermes régionaux », et les « hétérothermes temporels ». Ces derniers constituent une large catégorie d'animaux dont la température corporelle varie grandement et de façon prolongée. C'est particulièrement le cas des mammifères et des oiseaux qui entrent en torpeur ou en hibernation (Cristinelli, 2006).

I.3. La thermorégulation en fonction de la température ambiante :

La zone d'homéothermie correspond à une gamme de températures ambiantes pour laquelle la température centrale ne varie pas. Le maintien de la température centrale est réalisé pour des niveaux différents de la thermogenèse et de thermolyse selon la valeur de la température ambiante. Dans la zone d'homéothermie on distingue plusieurs plages :

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

La zone de température critique inférieure : cette zone correspond à la zone de la lutte contre le froid. Quand la température devient inférieure à la température critique inférieure, la



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

La zone de température critique supérieure : température à partir de laquelle l'animal va changer ses modalités de thermolyse. Quand la température ambiante augmente, l'animal ne peut plus maintenir le gradient de température entre la température de la surface corporelle et la température ambiante, la thermolyse sensible diminue.

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

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

I.4. La thermorégulation chez les oiseaux :

Les oiseaux sont des **homéothermes**. Ils ont donc la faculté de maintenir leur température interne quasi-constante, dans un intervalle de températures ambiantes relativement larges. Pour cela, ils doivent maintenir un équilibre entre les mécanismes de thermolyse et la thermogenèse.

Chez le poulet, la thermogenèse résulte du métabolisme basal, de l'activité physique et de la thermogenèse alimentaire ou extra chaleur. La thermolyse se fait soit par voies sensible ou par voies latente.

Les pertes de chaleurs sensibles, se font par trois processus (Figure1) :



La convection : l'air en mouvement autour de l'animal passe au travers des duvets, puis des plumes à l'âge adulte contribuant ainsi à abaisser la température corporelle. La convection augmente avec la vitesse et la fraîcheur de l'air.

La conduction : la perte de chaleur se fait par contact de certaines parties du corps (pattes et bréchet) avec la litière sans contact direct.

La radiation ou le rayonnement : correspond au passage de la chaleur de l'animal aux parois, ou à la litière sans contact direct.

La thermolyse latente : se fait essentiellement par voies respiratoire et consiste en une perte de chaleur par évaporation d'eau. En effet, le poulet est dépourvu de glandes sudoripares.

Par ailleurs, il existe une faible élimination de chaleur via l'excrétion fécale. Celle-ci tend à réduire sensiblement la température corporelle par évacuation du contenu digestif non digéré (Amand *et al*, 2004).

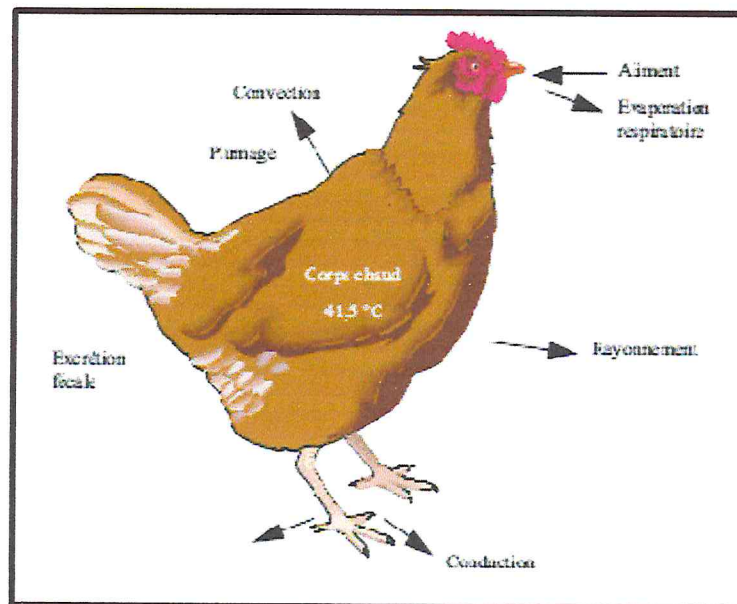


Figure 1 : Principales voies de thermolyse chez le poulet (Amand *et al*, 2004).



I.5. La température corporelle chez le poulet en relation avec la chaleur ambiante :

Le poulet se caractérise par rapport aux mammifères par une température corporelle physiologique relativement supérieure ; elle varie de 41 à 42°C (Ain Aziz, 1996). Ceci pourrait laisser penser qu'il est comparativement moins sensible à chaleur ambiante. Mais, de part l'absence des glandes sudoripares qui limite les pertes de chaleur latente et en raison de l'efficacité d'isolation thermique de son plumage qui réduit les pertes de chaleur sensible, le poulet au contraire, très sensible aux variations de la température ambiante (Geraet, 1991). La température ambiante au-dessus de laquelle il y a rupture d'équilibre entre production et perte de chaleur, entraînant une augmentation significative de la température rectale, semble se situer autour de 32°C (Geraet, 1991).

D'une manière générale, l'influence de la chaleur ambiante sur le profil de la température corporelle du poulet diffère selon qu'il s'agisse d'un stress thermique aigu ou chronique. Ainsi, un stress thermique aigu augmente rapidement la température corporelle jusqu'à atteindre un seuil critique. La mort de l'animal survient lorsque la température corporelle dépasse de 4°C la température physiologique (Amand *et al*, 2004).

En revanche, lors d'un stress modéré et étalé dans le temps le poulet s'acclimate à son environnement en adoptant un nouveau profil de température corporelle dont les valeurs sont toutefois supérieures à la normale. Selon l'étude de Cooper et Washburn (1998), menée sur des poulets de chair exposés à une température ambiante (T_a) constante de 32°C ou 21 °C entre 28 et 50 jours d'âge, la température corporelle augmente de l'ordre de 0,6 à 1,5 °C en début d'exposition (entre 28 et 35 jours d'âge) puis redescend au bout d'une période plus ou moins longue jusqu'à atteindre un nouvel équilibre : +0,5 °C par rapport à la température corporelle des témoins.

Chapitre II

*L'impact du stress thermique
chez la volaille*





Chapitre II. L'impact du stress thermique chez la volaille.

II.1. Définition :

Malgré les nombreux travaux sur l'état de stress celui-ci échappe à une définition précise. Le terme de stress désigne à la fois les facteurs d'environnement imposant des contraintes aux animaux et les réactions organiques de réponse à ces contraintes. Le terme de stress thermique est fréquemment employé pour signifier une mauvaise adaptation de l'animal aux conditions environnementales (Selloum, 1994).

Sur le plan physiologique, la notion de stress découle des travaux de Cannon (1974) sur les réactions adaptatives de système neurovégétatif à l'effort et à l'émotion, et de ceux de Selye (1974) sur la contribution des hormones de la glande surrénale au syndrome général d'adaptation.

De façon générale, un sujet soumis à une agression (traumatisme, chaleur, froid, exercice musculaire, intoxication... etc.) répond de manière stéréotypée et non spécifique. Cette réponse se matérialise par : *une réaction d'alarme, une phase adaptative et un stade d'épuisement où l'adaptation est dépassée* (Selloum, 1994).

L'exposition brutale d'un animal au froid ou au chaud entraîne, dans un premier temps, une augmentation des corticoïdes circulants dans les deux cas, mais la réponse tardive est opposée dans le cas de la chaleur et modérée dans le cas du froid (Dantzer et Mormède 1983). La réaction non spécifique de stress à court terme est thermogène et pourrait donc accentuer l'effet de la température ambiante en climat chaud (De Basilio et Picard, 2002).

Les poulets soumis à un coup de chaleur ne meurent pas dans les minutes qui suivent le changement de température, mais plusieurs heures après. Dans les conditions de la pratique, la variation climatique est en général plus progressive qu'au laboratoire. La réaction non spécifique de stress existe, mais n'est donc probablement pas directement responsable de la mort des poulets.

Accentuées ou non par une réaction de stress, les limites de l'adaptation des moyens de



thermolyse du poulet conduisent à une situation de détresse physiologique. L'alcalose respiratoire induite par l'hyperventilation pulmonaire peut modifier gravement le fonctionnement du système nerveux central (Marder et Arad, 1989), mais également l'intégrité et l'excitabilité des membranes musculaires, par dérégulation du calcium intracellulaire (Sandercock *et al*, 2001). La mort survient toujours avec une hyperthermie (environ 46°C) sans que l'on puisse être certain que celle-ci soit la cause directe de la mort ou bien la conséquence d'une défaillance du système cardio-respiratoire. Néanmoins, la température corporelle est un bon indicateur de risque. Un poulet dont la température corporelle dépasse 44°C a un pronostic de survie défavorable.

II.2.Limite de lutte des oiseaux contre le stress thermique :

La thermorégulation est une fonction physiologique importante, mais qui a ses limites. Cet effort d'adaptation est minimale à l'intérieur d'une zone de confort, qui se situe chez le poulet adulte autour de 20°C, pour lutter contre la chaleur, l'organisme du poulet diminue sa production de chaleur (thermogenèse) et met en œuvre des processus de perte de chaleur (thermolyse). La chaleur sensible ou libre est évacuée par échange direct avec le milieu environnant au niveau de la peau des animaux, par conduction, par convection, et par rayonnement.

L'élimination de chaleur par ces trois mécanismes est favorisée par l'intervention d'un ensemble de réaction végétatives et comportementales : augmentation de fréquence cardiaque, dilatation des vaisseaux au niveau de la peau et des zones d'échange privilégiées car dépourvues de plumes isolantes (les pattes, la crête, les barbillons...), recherche de zone froides et ventilées, écartement des ailes pour augmenter la surface d'échange et présenter des zones moins emplumées (Bottje *et al*, 1983 ; Le Mèneg, 1987).

L'animal élimine également des calories sous forme de vapeur d'eau. Chez les oiseaux qui dépourvus de glandes sudoripares, le rythme respiratoire joue un rôle très important dans la thermorégulation car il contrôle les pertes d'eau par évaporation au niveau des poumons (JuKes, 1971 ; Mather *et al*, 1980).



L'air inhalé passe dans les voies respiratoires et se charge progressivement en vapeur d'eau. La quantité de vapeur d'eau et donc de chaleur évacuée de cette façon, dépend de la température ambiante et de son humidité relative. Lorsque la température ambiante dépasse 23°C, le premier réflexe de l'animal est de limiter ses apports énergétiques en diminuant sa consommation alimentaire (Howliger et Rose, 1987). Dans un environnement chaud, le métabolisme des oiseaux se réduit rapidement au niveau d'entretien le plus bas, les déplacements sont limités et la consommation d'aliments diminue, ce qui explique une partie de la perte économique associée au stress thermique.

A partir de 25°C, l'animal engage une véritable lutte contre la chaleur, en augmentant sa surface d'échange et ses pertes de chaleur par voie latente; l'évaporation respiratoire devient alors un mode très important de perte de chaleur (Van Kampen, 1981). Plus la température ambiante se rapproche de la température du corps de l'animal, plus les pertes de chaleur sensible diminuent et la perte de chaleur latente devient le seul mécanisme opérationnel pour garder en vie (Kettlewell, 1989).

Les déperditions de chaleur sont liées à la fréquence respiratoire des poulets, qui peut s'élever de 25 mouvements /minute dans un environnement de neutralité thermique à 250 mouvements par minute lors d'un stress excessif (Linsey et Berger, 1964). El Boushy (1966) précise que le rythme respiratoire atteint un maximum de 140 à 170 mouvements par minute pour une température corporelle d'environ 44°C. Ce phénomène appelé « panting » ou hyperventilation thermique débute généralement lorsque la température ambiante atteint 29°C mais peut commencer dès 27°C avec une hygrométrie élevée.

On constate qu'à partir d'une fréquence respiratoire de 200 inspirations/minute, un emballement thermique irréversible se produit. L'augmentation du rythme respiratoire entraîne une modification de l'équilibre acido-basique du sang (Bottje *et al*, 1985 ; Tector *et al*, 1985).

Au fur et à mesure que s'installe de l'alcalose respiratoire, les systèmes de correction du pH sanguin se mettent en place, mais ceux-ci se trouvent vite dépassés (Deyhim et Tector, 1991). Cette alcalose perturbe fortement l'action des cellules excitables en particulier cardiaques et nerveuses. Par ailleurs, si le rythme respiratoire atteint des valeurs trop élevées



la production de chaleur des muscles respiratoires limite l'efficacité de l'élimination. La température corporelle augmente soudain plus vite jusqu'à un maximum de 47°C. Enfin, à ce stade de polypnée, les échanges gazeux respiratoires, d'excessifs qu'ils étaient au début deviennent insuffisants, car l'air inspiré est rejeté avant d'avoir atteint les poumons. L'hypoxie qui s'installe alors, s'ajoute à l'alcalose et provoque rapidement la mort par arrêt cardiaque ou respiratoire (valancony,1997).

II.3.Impact du stress thermique sur la température corporelle.

La température corporelle (TC) augmente significativement avec l'augmentation de la température ambiante (Figure 2). L'élévation de la température ambiante à 27°C provoque une augmentation de la température corporelle de 0,7°C.L'élévation suivante à 32°C augmente la température corporelle de 1,4 °C supplémentaire. L'augmentation totale de TC atteint donc 2,1°C : les valeurs de TC à 32°C sont de 43,0°C, comparables à celles rapportées par Yahav (2000) chez des animaux soumis à un stress thermique.

Cette augmentation de la TC est réduite à J38 comparée à J35 lorsque la température ambiante s'élève à 27 et 32°C (Figure 2), indiquant une adaptation des poulets à la suite des stimulations thermiques précédentes sans modification de la température basale.

Par ailleurs, Zhou et Yamamoto (1997) et Cooper et Washburn (1998) ont rapporté 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.

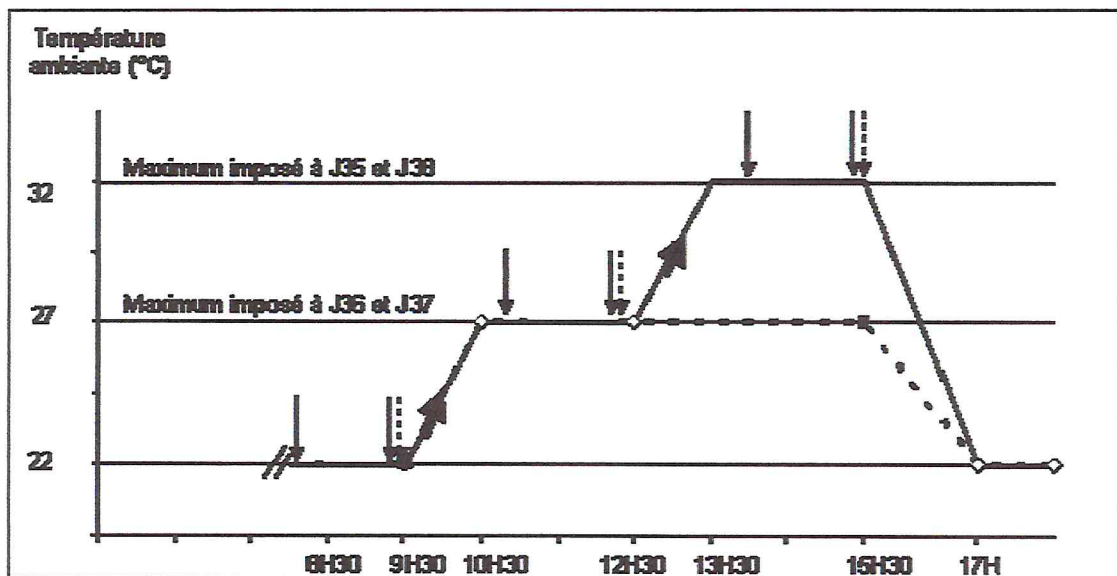


Figure 2 : Variations de la température ambiante (TA) auxquelles ont été soumis les poulets pendant la dernière semaine de vie (les flèches verticales en trait plein indiquent les mesures de températures corporelle par télémetrie, en trait pointillé, par la méthode manuelle).

II.4.L'impact du stress thermique sur les cellules et les organes :

Le facteur température peut intervenir direct ou indirect sur l'animal (Brugere Picoux Amer Salim, 1987). Un stress thermique peut engendrer des modifications sur le système immunitaire et sur les organes et les tissus.

Un stress thermique peut-être à l'origine des dommages temporaires ou irréversibles au niveau des organes lymphoïdes primaires ainsi qu'une atrophie de la rate, entraînant alors une immunodépression. Les altérations sont d'autant plus importantes que l'humidité relative et la densité en animaux sont élevées (Khan *et al*, 2005). L'immunodépression induite par le stress thermique se traduit par une plus grande sensibilité des animaux aux coccidies et par une altération de la réponse vaccinale (Borges *et al*, 2004 ; Lin *et al*, 2002).

Au niveau des tissus, lors d'un stress thermique aigu, la concentration dans le sang de l'hémoglobine diminue entraînant une hypoxie.

Ceci se traduit par l'installation de plusieurs lésions de types dégénératives au niveau des poumons, le cœur, le foie et les reins (Yahav *et al*, 1997). Aussi, chez le poulet on observe



des myopathies caractérisées par un score hémorragique plus élevé au niveau des muscles (Sandercock *et al*, 2003).

Le stress oxydatif induit par l'exposition à la chaleur peut conduire à une cytotoxicité. Chez le poulet, les radicaux oxygène libres, en interférant dans le transport d'électrons au niveau membranaire. Ces radicaux sont très réactifs et peuvent être à l'origine de troubles au niveau de l'ADN, des protéines, des lipides (Mujahiet *al*, 2005). Les stress thermique réduit aussi la production cellulaire des protéines de découplage mitochondrial aviaires (avUCP : avian Uncoupling Protein). Cette dernière joue un rôle dans la thermogenèse, la régulation des lipides en tant que substrat énergétique, le contrôle de la sécrétion d'insuline (Mujahidet *al*, 2006).

II.5.L'impact du stress thermique sur les performances zootechniques :

II.5.1. Impact sur l'ingéré alimentaire :

L'augmentation de la température ambiante est associée à une réduction de la consommation d'aliment (**Tableau 1**). Selon Yahav et Plavink (199), la consommation alimentaire est reliée à la température ambiante. En effet, lorsque la TA est inférieur à 18°C, la consommation alimentaire augmente tandis qu'elle diminue lorsque la TA dépasse 25 °C. Aussi, Môreki (2008) a rapport qu'en condition 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.

Tableau 1 : Effet de la température sur l'ingéré alimentaire (Van Kampen, 1984).

Température ambiante	Diminution de la consommation (g)
20 à 25°C	1,3 à 1,4
25 à 30°C	2,2 à 2,3
30 à 35°C	3,6 à 4,0



II.5.2. Impact sur la croissance :

La baisse de la consommation alimentaire provoque un ralentissement de la croissance des poulets et une altération de leur indice de consommation (Gereart *et al.*, 1993). Les altérations associées au stress thermique sont dépendantes à la fois de l'âge des poulets au moment de l'exposition et de leur poids. Selon Gereat *et al.* (1996), lors d'un stress thermique, l'ingéré alimentaire est réduit de 14% et 24% chez les poulets âgés respectivement de 2 à 4 semaines et de 4 à 6 semaines. Aussi, lorsque le poids initial des poulets est élevé, les effets du stress thermique s'accroissent sur le gain de poids final (Padilha, 1995).

II.5.3. L'impact sur la consommation de l'eau :

Lorsque la volaille est exposée à un stress thermique ils s'abreuvent beaucoup plus et réalisent le métabolisme de l'eau principalement à travers l'évaporation, la régulation thermique accroît donc le besoin en celui-ci. Jusqu'à 27°C, l'eau consommée par jour et par volaille augmente de 3g/°C et au-delà de 29°C, elle peut atteindre 11g/°C (Van Kampen 1977).

L'augmentation de la température ambiante se traduit par une augmentation de la consommation d'eau, cette augmentation est sensible dès 20°C, elle est multipliée par 2 lorsque la température passe de 21 à 32 °C, elle est multipliée par 3 lorsque la température passe de 21 à 37°C (Chakroun, 2004).

II.5.4. L'impact sur la mortalité :

L'augmentation de la température ambiante s'accompagne d'un accroissement de taux de mortalité. De Andrade *et al.* (1976) notent une nette augmentation du taux de mortalité chez la poule pondeuse lorsque la température évolue de 21 à 30°C. Le taux de mortalité est beaucoup plus élevé aux températures ambiantes supérieures à 35°C (Oloyemi et Roberts, 1976).

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).

La mortalité peut être aussi liée à une altération de l'intégrité et l'excitabilité des membranes musculaires suite à des modifications de la concentration du calcium intracellulaire (Sandercock, 2001).

II.6.L'impact du stress thermique sur le métabolisme des aliments :

II.6.1. L'énergie métabolisable :

Plusieurs auteurs ont rapporté que l'énergie métabolisable de l'aliment ne serait pas affectée au chaud (Bonnet *et al*, 1997 ; Filhouet *al*, 2007). Selon d'autres auteurs, l'énergie métabolisable serait diminuée au chaud (Larbier et Leclercq, 1992 ; Geraert *et al*, 1997). Cette variabilité dans les résultats peut s'expliquer par le fait qu'en climat chaud, l'énergie métabolisable est tributaires de plusieurs paramètre dont : l'ingérée alimentaire, l'âge, le génotype, la composition du régime et le sexe de l'animal.

II.6.2. Métabolisme glucidique :

Les glucides représentent la principale source de nutriments énergétiques chez le poulet. Les lipides déposés proviennent donc essentiellement d'une synthèse *de novo* à partir des glucides alimentaires. La diminution de croissance et l'engraissement observés au chaud suggèrent des modifications de l'utilisation du glucose et de son contrôle par l'insuline.

Les premières mesures de concentration de glucose dans le sang avaient révélé au chaud une glycémie à jeun peu changée et au contraire une tendance à l'augmentation à l'état nourri, l'insulinémie n'étant pas modifiée dans les deux cas (à jeun ou nourri) (Padilha, 1995). La sécrétion de l'insuline pourrait donc être diminuée au chaud. Le retard dans la réponse à la charge orale de glucose observé à 32°C pourrait s'expliquer par un ralentissement du transit digestif.



Il est difficile de dissocier l'analyse des relations glucose-insuline des autres paramètres du contrôle hormonal. Ainsi, une exposition prolongée à la chaleur augmente la corticostéronémie et réduit les concentrations plasmatiques de triiodothyronine (T3) chez le poulet en croissance (Geraert *et al*, 1996b).

Ces modifications pourraient favoriser le dépôt de lipides puisque l'altération du métabolisme des hormones thyroïdiennes joue un rôle dans le développement de l'obésité (Leclercq *et al*, 1988).

La baisse des concentrations de T3 et l'augmentation des concentrations de corticostérone pourraient par ailleurs limiter la rétention protéique, notamment en freinant la protéosynthèse (Grizard *et al*, 1995).

II.6.3. Métabolisme lipidique :

L'exposition prolongée au chaud modifie également la composition des acides gras des tissus adipeux en augmentant la proportion d'acides gras saturés.

La dégradation de la qualité des carcasses ne s'expliquerait donc pas par la modification de la composition en acides gras, la plus grande richesse en acides gras saturés améliorant au contraire la tenue des graisses à température élevée, mais plutôt par une augmentation de l'engraissement, particulièrement au niveau sous-cutané. La première hypothèse pour expliquer l'augmentation de l'engraissement au chaud serait une lipogenèse accrue, notamment à partir des glucides, composants majoritaires de la ration. Chez les oiseaux, la lipogenèse *de novo* a lieu principalement dans le foie.

A 32 °C, cependant, les activités des enzymes de la lipogenèse dans le foie ne sont pas augmentées; elles seraient même diminuées (AïnBaziz, 1996).

L'engraissement des poulets exposés au chaud proviendrait plus d'un dépôt des acides gras d'origine alimentaire que d'une lipogenèse *de novo*. D'ailleurs, le taux circulant de portomicrons, qui assurent le transport des lipides d'origine alimentaire depuis l'intestin et



représentent l'apport en lipides exogènes, est légèrement augmenté au chaud lorsque l'on compare les animaux à même ingéré.

Les taux circulants de phospholipides plasmatiques, souvent plus élevés au chaud (Geraert *et al*, 1996b), suggèrent un changement des profils en lipoprotéines. Par ailleurs, le dépôt lipidique se fait essentiellement par captation des triglycérides circulants sous l'action de la lipoprotéine lipase. Mais les différentes mesures réalisées ne révèlent pas d'augmentation de la captation au chaud ; l'activité de la lipoprotéine lipase est en effet diminuée au chaud dans les tissus gras abdominal et sous-cutané.

L'adiposité accrue des poulets au chaud peut enfin provenir d'une utilisation plus faible des réserves lipidiques pour la couverture des besoins énergétiques. Plusieurs arguments suggèrent effectivement une réduction, au chaud, de l'utilisation des acides gras des tissus adipeux : la diminution des taux circulants d'acides gras libres et du glycérol (Geraert *et al* 1996b), la réduction de la concentration plasmatique de β -hydroxybutyrate et la plus faible activité des enzymes de la dégradation des acides gras mesurées au niveau musculaire, telle que la β -hydroxy-acyle déshydrogénase (AinBaziz, 1996). Chez le poulet, la mobilisation des triglycérides stockés dans le tissu adipeux (lipolyse) est principalement sous contrôle du glucagon, et non des catécholamines comme chez les mammifères. L'action du glucagon exogène a donc été testée après injection intramusculaire de glucagon (200 μ g/kg de poids vif) en suivant l'évolution des teneurs en acides gras libres (AinBaziz, 1996).

Selon AinBaziz (1996), les poulets exposés à 32°C sont plus sensibles au glucagon exogène que les poulets maintenus à 22°C, ce qui écarterait l'hypothèse d'une baisse de l'efficacité du glucagon au chaud. En revanche, la sécrétion de glucagon pourrait être diminuée, ce qui limiterait les capacités de mobilisation lipidique.

L'augmentation de l'engraissement au chaud ne proviendrait donc pas d'une lipogénèse hépatique accrue. Il faudrait cependant vérifier s'il n'existe pas, au chaud, une modification de la contribution du compartiment extra-hépatique à la synthèse des lipides. Il n'existe pas non plus d'augmentation des capacités d'exportation des lipides ou de leur captation périphérique. A l'inverse, les indicateurs de la lipolyse sont réduits au chaud.



II.6.4. Métabolisme protéique :

L'exposition chronique à la chaleur diminue le dépôt protéique musculaire principalement en réduisant la protéosynthèse. La synthèse protéique est-elle limitée par un apport énergétique au muscle, en particulier sous forme de glucose.

L'augmentation de la corticostéronémie et la réduction des concentrations plasmatiques de T3 au chaud (Geraert *et al*, 1996b) pourraient également limiter le dépôt protéique.

La chaleur diminue également la protéolyse, au moins dans le *Pectoralis major* et le *Sartorius*. La protéosynthèse étant plus affectée que la protéolyse, le dépôt protéique est réduit, surtout dans le *Pectoralis major* (TESSERAUD et Temim .1999).

Enfin, la distribution de régimes riches en protéines au chaud n'a pas permis de réaugmenter la protéosynthèse.

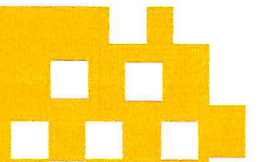
II.7. L'impact du stress thermique sur la morphométrie digestif :

Des altérations morphologiques de l'intestin grêle ont été observées dans les conditions de stress thermique. La masse de l'intestin grêle est réduite de 31% lorsque les poulets de chair de 05 semaines d'âge sont exposés à la chaleur (Suzuki *et al*, 1983).

Aussi, Mitchell et Carlisle (1992), ont rapporté que lors d'un stress thermique, le poids de jéjunum sec est réduit chez les poulets âgés de deux semaines, cette dépréciation est reflétée par une diminution de 19% de la taille des villosité par unité de longueur du jéjunum.

Chapitre III

Les moyens de lutte contre le stress thermique





Chapitre III. Les moyens de lutte contre le stress thermique.

Pour limiter les effets néfastes de la chaleur ambiante, plusieurs solutions d'ordre technique, nutritionnel ou génétique ont été envisagées (Tesseraud et Temim, 1999).

III.1. Les méthodes d'ordre nutritionnel :

III.1.1. Technique de rationnement des volailles sous climat chaud :

Il est à l'heure actuelle, admis que lorsque la température dépasse un certain seuil, l'oiseau domestique a tendance à restreindre la quantité de chaleur qu'il doit exporter en permanence, en réduisant sa consommation d'énergie et donc d'aliment. Par conséquent, il s'établit un déséquilibre nutritionnel pour la croissance et la production d'œufs.

Des pratiques de nutrition appropriées ont été étudiées afin de réduire les effets défavorables des hautes températures sur la performance productive, parmi ces pratiques les plus communes sont celles de l'alimentation discontinue, de l'utilisation des graisses dans l'alimentation et l'alimentation calcique séparée. Nous préconisons également quelques alternatives nutritionnelles.

III.1.1.1. L'alimentation discontinue :

Elle consiste à priver l'animal durant les heures les plus chaudes de la journée. Celui-ci est présenté à volonté durant les heures de chaleur modérée. Cette pratique se révèle efficace pour réduire la pression de chaleur corporelle et améliore l'appétit des oiseaux durant les journées de chaleur de l'été. Chez le poulet de chair, les résultats obtenus par cette pratique se traduisent par disparition des mortalités classiquement liées au stress thermique. Ce résultat pratique concorde avec les données de Francis *et al.* (1991), enregistrées sur des poulets âgés de 33 jours et placés en stress thermique aigu (35° – 40°C) pendant 4 heures par jour.

Les travaux antérieurs de Bob Teeter (1986) rapportaient l'intérêt de cette pratique, compte tenu que le taux de mortalité d'un lot de 15000 poulets de chair n'est que de 5%



contre 3 fois plus (15%) chez un lot alimenté classiquement. Sur un lot de poudeuses soumis à la restriction alimentaire, la prise alimentaire est limitée à 3 heures Ramlah et Jalaludun (1989) observent une amélioration de la production d'œufs (4%) et l'ingère tant alimentaire, qu'énergétique ou protéique est inférieur à celui du lot témoin (Tableau 2).

Tableau 2 : Importance de l'alimentation discontinue chez le poulet de chair dans un climat tropical (Ramlah et Jalaludun, 1989).

Paramètres enregistrés	Lot témoin <i>Ad-libitum</i>	Lot expérimental*
Ingère alimentaire (g)	116,7	110,6
Ingère énergétique (Kcal/J/poule)	315	299
Ingéré protéique (g/J/poule)	17,5	16,6
Intensité de poule (%)	74,3	74,8

*2 repas : 8-11h et 17-20h.

Dans des conditions climatiques encore plus contraignantes (32° / 41°C) en Arabie saoudite, Huthail (1992) observe également une amélioration hautement significative de la production d'œuf et de l'efficacité alimentaire lorsque l'aliment est retiré durant 11 heures par jour.

III.1.1.2. L'utilisation des graisses :

Chez le poulet de chair (Dale et Fuller 1979 et 1980) comme chez la poule poudeuse (Daghir, 1987 ; Ramlah et Sarinah, 1992), l'addition de lipides au régime sans modifications de l'apport d'énergie métabolisable, se traduit par des augmentations de l'ingère énergétique des lipides qui induisent une production de chaleur plus faible que les autres nutriments organiques. La présence de 2 à 3% de graisse dans la ration stimule donc la consommation d'aliments à des températures élevées.

III.1.1.3. L'alimentation calcique séparée :

Spécifiquement chez la poule poudeuse (Cabrera *et al.*, 1982) rapportent que l'alimentation calcique séparée améliore l'ingère énergétique. Ces augmentation d'ingéré permettent, en climat chaud une amélioration significative de la ponte, cet effet positif est



enregistré également par Uzu (1988) en températures chaudes et humides (Tableau). Ce dernier auteur a enregistré une augmentation de l'ingère énergétique (+ 5,6%), un ingère de calcium accru (+ 1,6%) et une amélioration significative de la masse d'œufs (2,1%) aussi que de sa qualité.

Tableau 3: Effet de l'alimentation calcique séparé sur les paramètres zootechniques (Uzu, 1988).

Mode de distribution du calcium	Aliment complet	Aliment carencé en calcium + coquilles d'huitres
Consommation aliment (g/poule/jour)	88,2 ^a	93,2 ^b
Consommation calcium (g/poule/jour)	3,7 ^a	4,3 ^b
Consommation énergie (Kcal/poule/jour)	221 ^a	227 ^b
Pourcentage de ponte	82,6	83,8
Poids moyens des œufs (g/poule/jour)	56,2	56,5
Masse d'œufs (g/pouls/jour)	47,2 ^a	48,2 ^b
Poids de coquilles / poids de l'œuf (%)	9,7 ^a	10,1 ^b

*Les valeurs qui ne sont pas suivies de la même lettre différent significativement entre elles.

Picard *et al.* (1986 et 1987) remarquent que chez les poules ayant reçus une alimentation calcique séparée présentent de meilleures performances zootechniques notamment aux températures élevées (environ 33°C).

Le tableau 4 résume les performances enregistrées par ses auteurs (Picard M ,Sauveur B ,Fenardji F ,Angulo I,et Mongin 1993) suite à un essai réalisé sur des poules pondeuses de souche ISA BROWN.



Tableau 4 : Effets de l'alimentation calcique séparée sur les performances de ponte dans des conditions de température élevée (Picard et al,1986-1987).

1 ^{er} essai (4 semaines)		20°C		33°C	
Traitement (1)	Témoin (2)	A.C.S (3)	Témoin	A.C.S	
Ingéré énergétique (Kcal/J/poule)	320	360*	220	257*	
Ponte %	83	82	66	77*	
Poids de l'œuf	61	62	58	59	

2 ^{ème} essai (12 semaines)		20°C		33°C	
Traitement (1)	Témoin (2)	A.C.S (3)	Témoin	A.C.S	
Ingéré énergétique (Kcal/j/poule)	279	308*	207	242*	
Ponte %	89	93	65	73*	
Poids de l'œuf	58	60	58	59	

*p<0,05 ; (1) :24 poules I.S.A.BROWN par lot ; (2) : Aliment témoin contenant environ 4% de calcium sous forme de carbonate pulvérulent ; (3) : A.C.S : Aliment pauvre en calcium + coquilles d'huitres séparées.

III.1.2. L'eau :

Un autre moyen permettant de réduire les effets négatifs des hautes températures est la distribution d'eau fraîche. La qualité de l'eau, sa fraîcheur et le respect du nombre d'abreuvoirs prennent une importance capitale. De l'eau à 10°C peut soulager la température corporelle des volailles et la réduire d'environ deux degrés.

III.1.3. Les additifs :

Outre les solutions d'ordre nutritionnel, d'autres pratiques sont utilisées afin de réduire le stress thermique. En effet, certains produits chimiques ont la capacité d'atténuer le stress thermique tel que l'effortil, la vitamine C et l'aspirine. Ainsi l'effortil a donné d'excellents



résultats à l'issue d'une expérience menée dans le sud Tunisien en été 1981, Boukhelifa (1989) rapporte que suite à une vague de chaleur (45°C) sur un effectif de 12000 pondeuses, 50% de mortalités ont été enregistrés et la courbe de ponte a chuté de 75% à 50%. L'apport durant 8 jours d'effortil à raison de 1ml par litre d'eau additionné à 0,5 grammes de vitamines C a permis de réduire les mortalités (12%) et de maintenir la courbe de ponte à 68%. Il est bien établi qu'en conditions de fortes températures, la production d'œufs est affectée et la qualité des coquilles se trouve diminuée.

De nombreux chercheurs dont El-Boushy(1966), rapportent que le stress thermique retentit chez la pondeuse sur le métabolisme du calcium qui se traduit alors par une déficience de la production d'œufs ainsi que la qualité de la coquille. El-Boushy (1966) précise que des pondeuses placées dans une ambiance caractérisée par une température de 29°C et une humidité relative de 75 à 80%, le poids de l'œuf, la qualité de la coquille, l'indice de forme et le taux de calcium sanguin sont nettement diminués.

L'administration de 50 mg de vitamine C par kg de ration améliore nettement la forme de l'œuf, sa résistance à la rupture, l'épaisseur et le poids relatif de la coquille, suite à une forte élévation de la calcémie. Par ailleurs, l'aspirine par son rôle antalgique permet d'obtenir des résultats similaires à ceux obtenus avec la vitamine C. Bien que l'efficacité de l'aspirine ne fasse aucun doute, son mécanisme d'action n'est pas encore complètement élucidé, quoique l'on admette qu'elle facilite les pertes de chaleur. Une dose d'aspirine de 0,05% incorporée dans l'aliment a un net effet d'amélioration des performances chez les poules pondeuses (Oloyemi et Adebajo, 1979).

III.2. Les méthodes d'ordre technique :

Ces mesures concernent le bâtiment, la conduite d'élevage ainsi qu'un certain nombre de mesure thérapeutique.

III.2.1. Bâtiment:

- **Implantation:** pour l'implantation d'un bâtiment d'élevage il faut choisir un site dégagé avec si possible une protection contre les vents dominants constituée par exemple par une



haie, surtout s'il s'agit de vent chaud. Les plantations autour du bâtiment permettent d'abaisser la température dans l'environnement immédiat du bâtiment par absorption des rayonnements solaires.

L'orientation du bâtiment sera déterminée bien sûr par les caractéristiques du terrain choisi pour l'implantation du bâtiment, de la direction dans laquelle souffle le vent dominant qui doit faire un angle d'environnement 45° par rapport à l'axe du bâtiment, enfin et surtout dans les pays chauds, il faut essayer d'avoir une orientation est-ou est, ainsi au lever et au coucher, le soleil ne chauffe que les pignons du bâtiment et vers la mi-journée un rebord de toit débordant protège le mur du côté sud, le mur nord reste à l'ombre pendant toute la journée. Il faut prendre en compte la facilité d'accès et la proximité des centres de commercialisation pour éviter un transport sur des grandes distances par temps chaud. Pour l'implantation des différents bâtiments dans un même élevage, il faut éviter de mettre les bâtiments les uns sous le vent des autres.

- **Environnement** : l'environnement immédiat du bâtiment doit permettre d'éviter la réflexion des rayons solaires sur le sol par l'entretien d'un tapis végétal, des chercheurs californiens ont montré qu'avec une température de l'air de 32°C , la température du surface d'une culture de trèfle reste à 32°C alors qu'elle s'élève à 50°C avec des graviers ou du béton et à 60°C sur la terre battue.

- **Conception** : La conception du bâtiment doit permettre d'empêcher la chaleur d'entrer mais aussi d'évacuer la chaleur du bâtiment.

Pour empêcher la chaleur d'entrer :

- Isolation du bâtiment : elle doit intéresser le toit et les murs mais pas le sol.
- Recouvrir le toit pour aménager une zone d'ombre sur les murs, en effet un mur à l'ombre reçoit 30% radiante au moins qu'un mur au soleil.
- Pour les mêmes raisons si le faux plafond existe, il faut prévoir une ventilation de la sous toiture pour éviter l'accumulation de chaleur dans les combles.

Pour évacuer la chaleur du bâtiment :



- Larges ouvertures.
- Ventilateurs.
- Lanterneau le plus haut possible pour augmenter le tirage : pente 35 à 40 %.
- Largeur du bâtiment souhaiter 12 m, ne pas dépasser 15 m.
- Hauteur des parois latérales 2,50 m à 2,70 m.

• **Ventilation** : La ventilation joue un rôle très important dans les régions chaudes puisque en plus de son rôle dans l'approvisionnement des animaux en oxygène, l'élimination du gaz carbonique, des gaz nocifs produits par les litières, des poussières et de l'eau, elle contribue à l'élimination des calories excédentaires. Les mouvements d'air créés augmentent les pertes par plusieurs systèmes de convection de l'animal (**Tableau 5**).

Tableau 5: Comparaison des différents systèmes de convection forcée (Moncef bouzouia, 2002 source sanitaire).

	Brasseur d'air	Extracteur soufflant	Gaine percée
Estérification de l'air	Excellente	Nulle	Nulle
Vitesse du flux d'air	Modulable 0,2 à 2 m/s	Très importante à courte distance du ventilateur	Faible
Atténuation du flux d'air	Faible Flux frontal	Forte FLUX libre	Rapide dès la sortie de la gaine
Balayage de la zone de vie	Très bonne	Faible	Variable peu important
Consommation électrique	Très faible	Importante	Moyenne
Action sur la litière	Assèche améliore	Non	Non



- **Brumisation ou nébulisation** : en fonction de la pression développée on peut distinguer :
 - La nébulisation basse pression -2 à 13 bars- qui donne des gouttelettes d'un diamètre de l'ordre du millimètre (pluie fine). L'efficacité de refroidissement est de 5 à 15%.
 - La nébulisation haute pression -35 à 45bars - donne des gouttelettes d'un diamètre de l'ordre du micron (brouillard). L'efficacité de refroidissement est 50%.

Les rythmes de nébulisation peuvent être commandés par un thermostat ou par une horloge réglée de façon à assurer un cycle de pulvérisation qui tient compte des heures les plus chaudes de la journée (Moncef bouzouia, 2002).

III.2.2. le conduit d'élevage :

Il faut prévoir 1 nid pour 4 poulets, placé dans une zone ventilée, la récolte des œufs doit se faire 5 fois par jour, le séjour des œufs à une température élevée entraîne une perte de CO₂ par les pores, une augmentation du pH et une multiplication bactérienne plus rapide, le stockage des œufs doit se faire dans une zone réfrigérée: 13 à 15°C.

Limitation des stress :

Il faut éviter tout ce qui peut provoquer un stress ou un tassement des animaux : visites, manipulation.

III.2.2.1. Les conditions d'élevage :

Afin de prévenir l'effet du stress thermique sur la production avicole, l'éleveur peut prévenir cette situation en étudiant de façon adéquate certains paramètres inhérents aux conditions d'élevage. Ainsi :

- Le poulailler doit être implanté dans une zone où l'air est continuellement renouvelé tel qu'au sommet d'une colline, au milieu d'une large plaine.



- Le bâtiment doit être orienté dans la direction Est-Ouest afin d'éviter la pénétration des rayons du soleil à l'intérieur du bâtiment, par ailleurs, il doit être situé perpendiculairement à l'axe des vents dominants.
- L'isolation du bâtiment devrait :
 - Limiter le refroidissement de l'ambiance du poulailler en hiver par températures basses et vents importants.
 - S'opposer au maximum au transfert de chaleur au travers des parois par temps chaud et fort rayonnement solaire.
 - Diminuer les écarts de température existant entre les sols et la litière afin d'éviter principalement les condensations au niveau de cette dernière.

L'équilibre thermique des animaux est obtenu lorsque leur déperdition de chaleur se situe à la valeur minimale. L'isolation thermique est un des facteurs essentiels de la qualité de cet équilibre. Par conséquent, une attention particulière est à apporter à l'isolation des sols, des murs et de la toiture. Les techniques d'isolation des sols sont d'une grande importance, car les animaux sont fréquemment au contact de celui-ci.

Aussi, est-il préconisé des sols en béton léger séparés de la chape par un feutre bitumeux ou une gaine de polyéthylène. L'isolation des murs peut être réalisée grâce à un revêtement constitué de 6 cm de polystyrène expansé, 4cm de polystyrène extrudé et de 4 cm de mousse de polyuréthane. Ce revêtement se caractérise par un coefficient de transmission (K) voisin de 0,60 W/m²/°C.

Les toitures peuvent être isolées par un faux plafond en panneaux isolants rigides accrochés à la charpente, ou par un isolant fixé directement sous la couverture, la tendance étant à l'utilisation d'un matériau composé de 120 mm de fibre minérale, 60mm de polystyrène extrudé et de 60mm de polyuréthane, dans ces conditions, K est satisfaisant et voisin de 0,35 W/m²/°C.



L'isolation par un faux plafond permet de constituer des combles ventilés, qui en période estivale constituent un moyen efficace de réduction des températures à l'intérieur du bâtiment.

III.2.2.2. L'éclairage :

Plusieurs recherches ont été menées sur l'intégration des programmes d'éclairage dans la production avicole. Diab *et al.* (1980) et Simon et Mshan (1981), démontrent que les séquences de 7 heures de lumière et d'obscurité permettent une amélioration de la croissance chez les poulets de chair lorsque l'aliment est présenté à volonté, Nigian (1980) obtient des résultats similaires au cours des expériences menées à Singapour. En éclairant les poules pondeuses à des heures inversées (18h à 6h), Olayemi et Adebajo obtiennent une augmentation de consommation alimentaire et de production d'œufs. Ainsi, un éclairage de la nuit permet à la volaille de mieux s'alimenter pendant une période relativement fraîche (Wilson, 1945).

III.2.2.3. La ventilation :

En fonction des exigences de l'élevage, la ventilation permet de modifier de façon importante l'ambiance du local. Par un balayage étudié, elle permettra particulièrement en saison chaude de contribuer au confort thermique des animaux.

Le seuil de renouvellement d'air et le débit de ventilation sont estimés par rapport à la production calorifique des animaux et à l'écart de température entre l'extérieur et l'intérieur du local.

En fonction des moyens engagés, deux types de ventilation sont rencontrés :

La ventilation statique qui ne fait appel à aucun moyen mécanique mais ne constitue pas un outil efficace de ventilation en saison chaude.



La ventilation dynamique, elle permet une meilleure maîtrise de facteur température à l'intérieur du local.

Afin de parer aux fortes températures estivales, plusieurs moyens ont été préconisés car en été, le problème d'équilibre thermique du bâtiment est fondamentalement différent de celui qui se pose en hiver.

En effet, le climat chaud en été peut avoir des conséquences graves sur toutes les classes de volailles (allant de la simple mortalité à une forte baisse de production).

A cet effet le bâtiment doit être protégé des radiations solaires, cette protection peut être assurée en :

- Recouvrant la toiture de matériaux réfléchissants, les dimensions du toit doivent être telles qu'elles puissent permettre d'au moins 30% la chaleur radiative.
- Les bâtiments voisins ne doivent pas être trop réfléchissants.
- La réflexion des rayons solaires sur le périmètre du bâtiment doit être prévenue par l'entretien d'un tapis végétal, compte tenu que lorsque la température de l'air est environ de 32°C celle d'une culture de trèfle et de même ordre, alors qu'elle s'élève à 50°C lorsque le sol est constitué d'une chape en béton ou de gravier et à 60°C lorsque le sol est constitué de terre battue (Selloum 1994).
- Placer devant les orifices d'admission de l'air un matelas de paille entre deux cadres grillagés, ou un matériau alvéolaire imputrescible arrosé par une rampe.

L'installation d'arroseurs sur les toits permet également de réduire la transmission de chaleur à l'intérieur du bâtiment. Pulvériser directement de l'eau sur les animaux, l'intervention directe sur l'animal est réalisée par la pulvérisation d'eau de façon automatisée ou non sur l'animal.



L'utilisation de brumatiseurs dans les poulaillers est recommandée par temps chaud car ces dispositifs entraînent une diminution significative de la température et une augmentation de l'humidité relative.

La réduction de la densité des animaux et l'augmentation des espaces destinés aux abreuvoirs et mangeoires constituent également des voies efficaces pour atténuer les effets des températures ambiantes élevées.

III.2.2.4. Densité:

Pendant les périodes chaudes de l'année, il faut réduire les densités de 20% au moins, cette diminution des densités permet de diminuer la production de chaleur par les animaux et par la litière, elle permet aussi une meilleure circulation des animaux pour la recherche des zones plus aérées et pour l'accès aux abreuvoirs.

Tableau 6 : La densité des animaux (Moncef bouzouaia ,2002).

Animaux	Densité
Reproducteur chair	3,5 à 4,5 /m ²
Reproducteur ponte	4,5 à 5/m ²
Poulettes et pondeuses	4,5 à 5,5 /m ²
Poulets de chair	8 à 11/ m ²

III.2.3. L'acclimatation précoce:

Le terme acclimatation définit une adaptation dirigée (par l'homme) d'une espèce animale à un milieu différent de son milieu d'origine (Villemin, 1984). Ce terme est généralement utilisé aussi, pour décrire les changements induits par une longue exposition des animaux à une température particulière dans les conditions de laboratoire ou des conditions contrôlées de manière précise où l'animal a peu de possibilités d'exprimer une adaptation comportementale (Whitow, 1986).



Dans la nature, la possibilité qu'ont les oiseaux de vivre dans des conditions de températures variables est qualifiée d'acclimatation. Ce phénomène a pour objet, des changements du métabolisme qui permettent aux animaux de s'adapter aux variations du climat, habituellement en conditions de plein air (De Basilio, 1999).

Cette méthode consiste à acclimater le poulet au jeune âge en l'exposant à une température ambiante très élevée durant quelques heures, lui conférant ainsi une thermotolérance lors de coups de chaleur ultérieurs (De Basilio et Picard, 2002).



- **L'intérêt de l'acclimatation :**

L'acclimatation précoce des poussins au 5^{ème} jour d'âge a permis d'améliorer la croissance ultérieure des poulets lorsqu'ils sont soumis à un stress thermique chronique (fluctuations naturelles de la température estivale) en plus :

- **L'acclimatation précoce améliore la survie du poulet lors de coup de chaleur :**

L'acclimatation précoce a permis d'améliorer de façon nette la survie des poulets (taux de mortalité réduit de 85% par rapport aux témoins). Cette baisse de mortalité est également rapportée avec des amplitudes variables (allant jusqu'à 63%) dans la majorité des études où les poulets sont maintenus à la thermo neutralité entre les deux stress thermique (initial et final) (Arjona *et al*, 1988 ; Bougon *et al*, 1996; Yahav *et al*, 1997a ; Yahav et Mc Murty, 2001).

L'amélioration de la survie des poulets obtenue après le deuxième stress thermique, pourrait s'expliquer par l'acquisition d'une thermotolérance supplémentaire induite par l'exposition chronique des animaux à la chaleur ambiante (30°C en moyenne) entre les deux stress thermiques.

- **L'acclimatation précoce ne modifie pas l'ingéré alimentaire global :**

L'acclimatation précoce ne modifié pas la quantité d'aliment globale consommée. En revanche, une baisse d'ingéré notée en fin de démarrage chez les poulets acclimatés est rapportée par plusieurs auteurs ; elle est la conséquence évidente du stress thermique initial (De Basilio, 1999 ; De Basilio *et al*, 2002). Néanmoins, ces derniers auteurs notent une compensation de la baisse d'ingéré intervient durant la phase de croissance. Elle est plus tardive par rapport à celle rapportée par Yahav *et al*. (1997a) et De Basilio (2003). Ces auteurs notent en effet, un rétablissement de l'ingéré alimentaire dès les 48 – 72 heures post-stress thermique.



- **L'acclimatation précoce améliore l'efficacité de transformation alimentaire :**

Un meilleur indice de consommation global chez les poulets acclimatés, lié à l'augmentation du poids vif final sans variation de la consommation alimentaire. Ceci traduit une meilleure efficacité de transformation de l'aliment qui serait liée à une meilleure utilisation digestive chez les animaux acclimatés.

Selon Uni *et al.* (2001), l'utilisation digestive (mesurée entre 4 et 7 jours d'âge) est significativement améliorée chez des poussins acclimatés à 3 jours d'âge. Ces auteurs rapportent que l'activité des enzymes de la bordure en brosse (Amino peptidase, sucrase isomaltase et phosphatase alcaline) est supérieure à celle des témoins. Il semble que ces modifications soient associées à l'augmentation du taux plasmatique de T3, observée 24 heures après le traitement d'acclimatation puisque l'administration cette hormone stimulerait, au niveau de l'intestin, la prolifération des cellules des cryptes, l'activité des enzymes de la bordure en brosse et la modification de l'épaisseur de la muqueuse (Figure 03) (Hodin *et al.*, 1996).

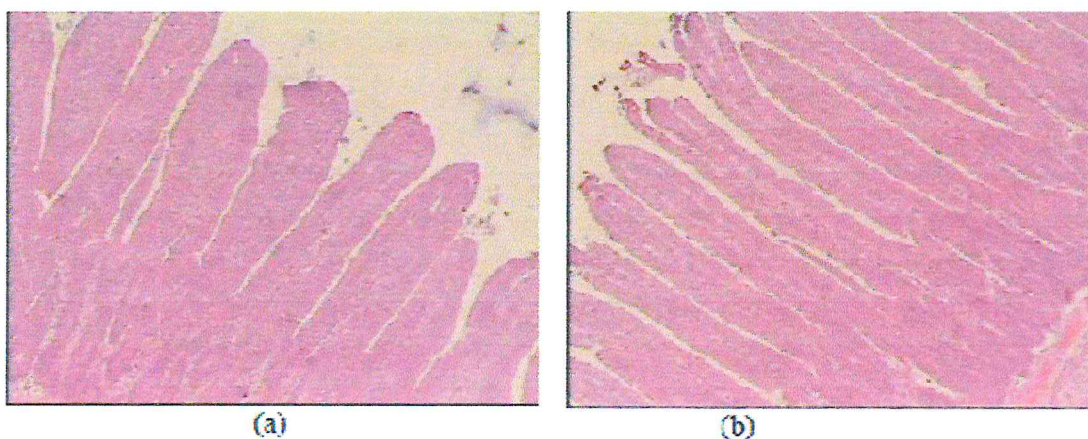


Figure 3: Villosités intestinales au niveau du duodénum distal chez (a) un poulet témoin et (b) un poulet acclimaté (exposition à 38°C durant 24h à l'âge de 5 jours), soumis aux fluctuations naturelles de la température estivale méditerranéenne (conditions de stress thermique chronique). Mesures à l'âge de 28 jours (X10). (Soraya Temin *et al.*, 2009).



- **L'acclimatation précoce semble améliorer la qualité de la carcasse :**

L'acclimatation précoce induit une augmentation du poids de la carcasse des poulets, sans toutefois modifier la proportion de gras abdominal ou des viscères (cœur, foie, gésier).

Dans l'étude de Halevy *et al.* (2001) une augmentation significative de la masse du muscle pectoral chez les animaux acclimatés au 5^{ème} jour d'âge a été observée.

III.3. Les méthodes d'ordre génétique :

Bien que la sélection de nouveaux modèles d'animaux nécessite des investissements lourds et une recherche de pointe, elle permet cependant de disposer d'un matériel animal fournissant des rendements optima dans des conditions d'ambiance de plus en plus étroites.

III.3.1. Le gène cou nu (Na) :

Dans ce sens, un intérêt est donné au gène « cou nu » compte tenu de la thermotolérance améliorée dont il dote le poulet (Mérat, 1986 ; Horst et Rauen, 1986 ; Rauen *et al.*, 1986). Ce gène caractérise le poulet par une absence de plumage particulièrement au niveau du cou, de ce fait les transferts caloriques vers le milieu ambiant augmentent, entraînant ainsi une meilleure consommation d'aliments et par conséquent d'énergie. Comparativement au poulet classique, le poulet de chair « cou nu » présente dans la gamme de température 15 à 30°C une meilleure croissance pondérale et un meilleur indice de consommation.

Outre l'avantage d'une meilleure croissance et d'un meilleur indice de consommation, il est observé un meilleur rendement à l'abattage pour le poulet « cou nu ».

Pour la ponte, les résultats revus par Mérat (1986), Horst et Rauen (1986) et Rauen *et al.* (1986) montrent une réponse différente des génotypes « cou nu » et normaux aux températures élevées.



Si le gène « cou nu » augmente le poids moyen des œufs quelque soit la température d'élevage, cette augmentation est plus marquée en ambiance chaude (jusqu'à 3 – 4 g NaNa). De plus, il est obtenu avec les poules « cou nu » un indice de consommation, un taux de ponte et une solidité de coquilles d'œufs légèrement plus intéressants que les pondeuses à plumage normale (Mérat, 1986).

Sur le plan de la fertilité et de l'éclosion, Mérat *et al.* (1989) rapportent que chez la poule à plumage normale dont l'élevage est mené à 31°C, ces deux indices sont considérablement faibles par rapport à ceux d'animaux témoins évoluant dans une ambiance où règne une température d'environ 20°C, alors que chez la poule pondeuse le gène « cou nu », ces performances ne sont pas altérées.

III.3.2. Le gène du nanisme (dw) :

C'est un gène récessif lié au sexe responsable de la diminution de la taille chez les volailles d'environ 30%. Le gène du nanisme présente un aspect positif sur la thermotolérance. D'une façon générale, des résultats expérimentaux indiquent qu'à un âge égal, une petite taille (indépendamment d'un gène particulier), permet une meilleure survie à des températures élevées (Hartman et Mérat, 1986 ; Meltzer, 1987).

Il est vraisemblable que cet effet de thermotolérance corresponde à un accroissement des pertes de chaleur vers le milieu ambiant. Suit à un rapport surface/volume plus élevée lorsque la taille décroît. Mather et Ahmad (1971) observent après 24 heures d'exposition à 40°C, une augmentation du rythme respiratoire et de la température rectale chez les souches normales (dw) alors que cette modification n'est que très légère chez les souches naines (dw).

III.3.3. Le gène polydipsie (di) :

C'est un gène autosomal dominant, qui détermine la polydipsie chez les volailles. Il accroît la consommation d'eau laquelle participe à la dissipation de la chaleur par évaporation (Obeida *et al.*, 1977). Ainsi, les volailles porteuses de ce gène supportent mieux le stress thermique.



III.3.4. Le gène Frisé (F) :

Il représente un gène susceptible de diminuer l'effet isolant du plumage et favorise la thermo régulation. Selon Horst (1987) et Haaren-Kiso *et al.* (1988) en ambiance chaude le gène F accroît la quantité d'œufs pendus et réduit la mortalité des pondeuses.

Conclusion

Le stress thermique et le rendement inférieur du à une élévation ou diminution de la température du milieu ambiant, coutent cher à tous les secteurs de production aviaire. Le rendement productif en souffre bien avant l'apparition des problèmes de survivance. En effet, lorsque les animaux se trouvent, en deçà ou au-delà de la zone de confort thermique des modification ,qui réduisent le rendement productif , on déjà commencé .

Ces modifications consistent en une réduction du gain de poids vif et de l'efficacité alimentaire, ainsi que celle de la fertilité et du taux d'éclosion chez les pondeuses, et des grandes pertes de productions.

Par conséquent, les pratiques d'exploitation, associées, aux périodes les conséquences sur les performances zootechnique Par de température élevées du milieu devraient être adaptées à ces conditions , afin d'en minimiser les conséquences sur les performances zootechniques .

Notre travail consiste à présenter les effets du stress thermique en production avicole et les éléments techniques à considérer lors d'un élevage avicole mené en conditions de températures ambiantes élevées . et plusieurs solutions d'ordre technique, nutritionnel ou génétique ont été envisagées pour limiter les effets néfastes de la chaleur ambiante.

*Références
bibliographiques*

Références Bibliographiques

- 1. Anonyme., 2012.** la structure et la fonction chez les animaux, principes fondamentaux le concept (40-50)
- 2. Arjona A., Denbow D. And 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
- 3. AïnBaziz, 1996.,** Effet d'une température ambiante élevée sur le métabolisme lipidique chez le poulet en croissance. Thèse de Doctorat de l'Université de Tours. 147 p.
- 4. Bougon M., Le Menec M., Balaine L. Et Launay M., 1996.** Influence d'un stress thermique à 5 jours et d'une mise à jeun des poulets, lors d'un coup de chaleur à 37 jours, sur la mortalité. Sciences et Techniques Avicoles, 14, 4-11.
- 5. Bouzouaia M., 2002.** Zootechnie aviaire en pays chaud, centre de perfectionnement et Recyclage avicole (CPRA) sidi-thabet (tunisie).
- 6. Boukhelifa A., 1989.** Les effets de la chaleur sur la volaille .3eme salon des petits élevages du 15 au 19mai 1989
- 7. Barre.H., Chatonnet., Le Maho.Y., Valatyx J-L., 2001,** physiologie énergétique PARIS édition BELINI 03/2001
- 8. Bonnet S., Geraert P.A., Lessire M., Carré B., Guillaumin S., 1997.** Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. Poult. Sci., 76, 857-863
- 9. Cooper M., Washburn K., 1998.** The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption and feed utilization In broilers under heat stress. Poult. Sci., 77, 237-242
- 10. Cannon., 1974.** cité In Bugard P., 1974. stress, fatigue et depression. ED doin, Paris, 1,294p.
- 11. Cabrera M.C., 1982.** Cité In Picard M. , Sauveur B., Fenardji F ., Angulo I., Mongin P.(1993). Ajustements Tequnico-Economiques Possible De l'alimentation des volaille dans les pays chauds .INRA.prod.Amin.,6,(2) ;87-103.
- 12. Crestinelli A., 2006.** tropeur et hibernation chez les vertèbres homéotherme
- 13. Dantzer., Mormède 1983;** Stress in farm animals: Aneed for reevaluation. J. Anim. Sci., 57,6-18
- 14. De Andrade A. N., 1976.** cité in Dongmo T ., 1988. alimentation de la poules pondeuse en climat chaud .memoire de DEA ,institut de recherche zootechnique yaounde(cameroon),74p.

Références Bibliographiques

- 15.Dale Et Fuller. 1980.** Cité In Picared M., Sauveur B., Fenardji F., Anguelo I., Et Mongin P. (1993). Ajustements technico- économiques possibles de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. INRA. Prod . Anim., 6 (2), 87-103.
- 16.Diab. ,1980.** Cité In Umulisa R., (1989). Effet du climat tropical sur le comportement alimentaires et l'utilisation des aliments par poule pondeuse et le poulet de chair. Rapport de DESS, IEMVT, Maison Alfort 47 p.
- 17.Daghir N. ,1987.** Cité In Picard M. Sauveur B. Fenardji., F.Anguilo., I.Mongin P., (1993).Ajustements technico économiques possible de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. INRA. Prod.Anim. 6 (2) 87-103
- 18.De Basilio V., Picard M., 2002.** "Acclimatation précoce: "la capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est-elle augmentée par une exposition à une température élevée à l'âge de 5 jours ?" *INRA Production Animale* 15, pp 235–245
- 19.De Basilio V., 1999.** L'acclimatation précoce et l'alimentation alternée augmentent la résistance des poulets de chaires.
r mâles soumis à un stress thermique. Mémoire de diplôme d'études approfondies, Université de Rennes1
- 20.De Basilio V., Requena F., Leon A., Velazco Z. Picard M., 2002.** Does early thermal conditioning sometimes fail to improve the resistance of broilers to heat stress? *Animal Research*. 51,407–420.
- 21.De Basilio V., Requena F., Leon A., Vilarino M.,Picard M., 2003.** Early Age Thermal Conditioning Immediately Reduces Body Temperature of Broiler Chicks in a Tropical Environment. *Poultry Science*, 82, 1235–1241
- 22.El Boushy A.R., 1966.** Cité In Hoffmann., La Roche F., (1968). La vitamine C et le (stress) du à la chaleur chez la poule pondeuse.
- 23.Francis., 1991.** Cité In Picard M.,Sauveur., B.Fenardji F., Anguilo I.,Et Mongin P. ,(1993). Ajustement technico économiques possibles d'alimentation dans les pays chauds. INRA. Prod.Anim. 6 (2) 87-103
- 24.Geraet PA ., 1991 .**métabolisme énergétique du poulet de chair INRA .Prod.Anim,4,(3) 257-267.
- 25.Geraert P.A., Guillaumin S., Leclercq B., 1993.** Are genetically lean broilers more resistant to hot climate ? *Br. Poult. Sci.*, 34, 643-653.

Références Bibliographiques

- 26. Geraert P.A., Padilha J.C.F., Guillaumin S., 1996b.** Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens : Biological and endocrinological variables. *Br. J. Nutr.*, 75, 205-216.
- 27. Howliger., Rose, 1987** Temperature and the growth of broilers. *World's Poult. Sci. J.*, 43, 228-237.
- 28. Halevy O., Krispin A., Leshem Y., McMurtry J., Yahav S., 2001.** Early-age heat exposure affects skeletal muscle satellite cell proliferation and differentiation in chicks. *Am. J. Physiol. Regul. Integ. Comp. Physiol.*, 281, 1-8
- 29. Halevy O., Krispin A., Leshem Y., Mcmurtry J., And Yahav S., 2001.** Early age heat stress accelerates skeletal muscle satellite cell proliferation and differentiation in chicks. *Journal of Physiology*, 281, 302-309.
- 30. Harren – Kiso ., 1988. Cite In Umulisa R., 1980.** Effet du climat tropical sur le comportement alimentaire et l'utilisation des aliments par la poule pondeuse et la poulet de chair Rapport de DESS, IEMVT, Maison Al fort, p47.
- 31. Horst Et Rauen. 1986. Cite In Marat P. 1990.** Utilisation des gènes majeurs et des races locales suggestion pour l'aviculture des pays chauds de la mediteraérranée.
- 32. Horst. 1987. Cite In Umulisa R., 1989.** Effets du climat tropical sur le comportement alimentaire et l'utilisation des rapports de DESS, IEMVT, MAISON Al fort, p 47.
- 33. Huthail. 1992. Cite In Picard M. Sauveur B. ,Fernadji F. , Angulo I. Et Mongin P. ,1993 .** Ajustements technico économique possible de l'alimentation des volailles. *INRA. Prod. Anim .* , 6, (2), 87 – 103
- 34. Hodin R.A., Shei A., Morin M. And Meng S., 1996.** Thyroid hormone and the gut:selective transcriptional activation of a villus- enterocyte marker. *Surgery*, 120(2), 138–143.
- 35. Jeanne .BRUGERE- PICOUX .,AMER Salim .,1987.** Manuel de pathologie aviaire (380p) Ecole National Vétérinaire d'Alfort (France)
- 36. Keshraz K. ,1991.** Exploitation des volailles en été *Actualité de nutrition animal*
- 37. Larbier M., Leclercq B., 1992.** Nutrition et alimentation des volaille. ED : INRA, paris ,342p.

Références Bibliographiques

38. **Leclercq B., Guy G., Rudeaux F., 1988.** Thyroid hormones in genetically lean or fat chickens: effects of age and triiodothyronine supplementation. *Reprod. Nutr. Develop.* 28, 931-937.
39. **Merat P., 1982.** Quelles perspectives pour la recherche en génétique aviaire ? *L'aviiculture* (428) Novembre 1982.
40. **Marder., Arad, 1989** 1989. Panting and acid-base regulation in heat stressed birds. *Comp. Biochem. Physiol.*, 94(A) 395-400
41. **Nigian ., 1980. Cité In Umulisa R. ,1989.** Effet de climat tropical sur le comportement alimentaire et l'utilisation des aliments par la poule pondeuse et le poulet de chair ; Rapport de DESS, IEMVT, maison Alfort.
42. **Obeida., 1977. Cité In Umulisa R., 1989.** Effet de climat tropical sur le comportement alimentaire et l'utilisation des aliments par la poule pondeuse et le poulet de chair ; Rapport de DESS, IEMVT, maison Alfort.
43. **Oloyemi J.A., Adebajo., 1979. Cité In Umulisa R. ,1989.** Effet de climat tropical sur le comportement alimentaire et l'utilisation des aliments par la poule pondeuse et le poulet de chair ; Rapport de DESS, IEMVT, maison Alfort
44. **Picard M. ,1987.** Cite In SAUVEUR B. Et PICARD M., 1990. Effet de la température et de l'éclairément appliqué à la poule sur la qualité de l'œuf. *L'aviiculture en méditerranée*, série A, (7) ,212-226.
45. **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 p
46. **Ramlah Et Jalaludin. ,1989.** Cité In Picard M. Sauveur B. Fenardji F. Anguilo I. Mongin P. (1993). Ajustements technico économiques possible de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. *INRA. Prod. Anim.* 6 (2) 87-103
47. **Ramlah ., Sarinah .,1992.** . Cité in Picard M. Sauveur B. Fenardji F. Anguilo I. Mongin P. (1993). Ajustements technico économiques possible de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. *INRA. Prod. Anim.* 6 (2) 87-103
48. **Randall.D. , Burg. , Gren.W., Frenche.Kb .,1997.** animal physiologique : mécanisme and adaptation , New york , édition ECKET .
49. **Selloum L.,1994.** les effets du ST sur le métabolisme énergétique de la volaille, ingénieur d'état en ENSA, 60P

Références Bibliographiques

- 50.Simon., Mshan 1981.** Cité In Umulisa R. (1989). Effet du climat tropical sur le comportement alimentaire et l'utilisation des aliments par la poule pondeuse et le poulet de chair. Rapport de DESS, IEMVT, Maison Alfort, 47p.
- 51.Smith A.J., Lee. ,1977.** Cité In Merat P. (1990). Utilisation des gènes majeurs et des races locales suggestions pour l'aviculture des pays de la méditerranée, Série A, (7) ,15-27.
- 52.Sandercock D., Hunter R., Nute G., Mitchell M., Hocking P., 2001.** Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broilers chickens at two ages: implications for meat quality.Poult. Sci., 80, 418-425
- 53.Soraya Temin et al** Effet de l'Acclimatation Précoce Sur Les Performances de Croissance et la Morphométrie Intestinale des Poulets de Chair Elevés en Conditions Estivales Méditerranéennes(2009)
- 54.Selye., 1974.** cité in Bugard P., 1974.stress, fatigue et dépression.ED : INRA, PARIS, 449.
- 55.Toutain P.L., 1984. :** Polycopié de la thermorégulation chez les animaux domestique par (école national de vétérinaire de Toulouse
- 56.Tesseraud S., Temim S., 1999.** Modifications métaboliques chez le poulet de chair en climat chaud : conséquences nutritionnelles. In: INRA Production Animale, 12(5), 353-363.
- 57.Uni Z., Gal-Garber O., Geyra A., Sklan D. , Yahav S.,2001.** Changes in growth and function of chick small intestine epithelium due to earlythermal conditioning. Poultry Science, 80, 438–445.
- 58.Uzu G., 1985 .**Cité In Dongmo T., 1988. Alimentation de la poule pondeuse en climat chaud. Mémoire de DEA, Institut de recherche zootechniques, Yaoundé (Cameroun) 74p.
- 59.Van Kampen., 1981.**Cité In Umulisa R., 1979.effet du climat tropical sur le comportement alimentaire et l'utilisation des aliments par la poule pondeuse et le poulet de chaire. Rapport de DESS, IEMVT, Maison Alfort ,47p.
- 60.Van Kampen., 1984.** Cité In Uzu G ., 1989.L'alimentation de la poule pondeuse en climat chaud : deux voies d'amélioration.
L'aviculture 504 .octobre 1989. 40-53
- 61.Valancony Hygues. 1997.:** les moyens de lutte contre e coup de chaleur, centre National d'études vétérinaire et alimentaire B, P 53,22, 44 Ploufragan

Références Bibliographiques

62. Wilson W. O., 1945. Cité in Umulsa R., 1989. Effet du climat tropical sur le comportement alimentaire de l'utilisation des aliments par la poule pondeuse et poulet de chair Rapport de DESS, IEMVT ,Maison Alfort, 47 p.

63. Yahav ., 2000. cité in Leterier C., Colina Y., Colina A., Bastianili D., Constantin P., De Basilio Vasco : effets d'elvations tardives de la temperature ambiante sur la température corporelle et l'hyperventilation chez le poulet

64. Yahav S., Shamai A., Haberfeld G., Horden G., Hurwit Z., Friedman E., 1997a. Effect of acquisition of improved thermotolerance on the induction of heat Shock proteins in broiler chickens. Poul. Sci., 76, 1428-1434

65. Yahav S., Mcmurtry J.P., 2001. Thermotolerance acquisition in broiler chickens by temperature conditioning early in life – The effect of timing and ambient temperature. Poul. Sci., 80, 1662-1666

66. Yahav S., Plavnik I., 1999. Effect of early-age thermal conditioning and food restriction of performance and thermotolerance of male broiler chickens. Br. Poul. Sci., 40, 120-126.

67. Zhou, W., Yamamoto, S., 1997. Brit. Poul. Sci. 38:107-114.