

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE -ALGER

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة - الجزائر

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

THEME

**Étude de l'effet de la complémentation
alimentaire en Cumin (*Cuminum cyminum*)
sur les performances zootechniques
du poulet de chair élevé au chaud**

Présenté par : BOUTELLA aida

IKHEFOULMA Nassim

LAMARI Imene

Soutenu le : 06- Juillet- 2011

Devant le jury :

- Président : Pr. Ainbaziz H.	Professeur	ENSV- Alger
- Promoteur : Pr Temim-Kessaci S.	Professeur	ENSV- Alger
- Examineur : Dr.Berrama Z.	Maître assistante	ENSV-Alger
- Examineur : Dr. Djezzar R.	Maître assistant	ENSV- Alger

Année Universitaire : 2010/2011

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier notre chère promotrice: Pr. Temim. S. Recevez ici nos sincères remerciements pour votre encadrement, vos conseils et votre gentillesse tout le long de ce travail. Nous vous adressons notre profonde reconnaissance pour vos remarques et conseils en vue d'améliorer notre méthodologie de travail et de nous initier à la recherche.

Nous remercions également les responsables de l'institut technique des élevages (ITELV) de Baba Ali à Alger, pour nous avoir permis de réaliser notre essai au sein de la station des monogastriques de cet institut ainsi que tout le personnel qui a participé au bon déroulement de l'expérimentation.

Nous sommes très reconnaissants envers les membres du jury:

Pr. Ain Baziz Hacina pour nous avoir honoré de présider le jury.

Dr. Berrama Z. et Dr. Djezzar R, pour avoir accepté d'examiner notre mémoire.

Nos vifs remerciements s'adressent également à nos enseignants de l'ENSV, particulièrement: Mr. Goucem R., Mr Zouambi B., Mlle Ain Baziz H., Mr Lamara A. et Mlle Ait Oudhia K., ainsi que l'ensemble des personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Quand il y a la soif d'apprendre, Tout vient à point à qui sait attendre
Les études sont avant tout, Notre unique et seul atout et représentent la lumière de notre existence,
L'étoile brillante de notre réjouissance.*

*Tout d'abord je rends grâce à Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail.
Je souhaite dédier ce modeste travail, synonyme de concrétisation de tous mes efforts fournis ces dernières
années :*

A mon très cher Père

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de
bonheur et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours.

Que Dieu ait ton âme et la laisse reposer en paix

A ma merveilleuse Maman

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que
tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs
études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te
préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

A ma tendre petite sœur Amira

*Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour t'exprimer mon affection et mes pensées, pour moi tu es la
sœur idéale, nul ne peut t'égaliser tu es mon étoile de bienveillance, tu es tout simplement Exceptionnelle*

A ma promotrice Mme Temim

J'ai eu le privilège de travailler avec vous et d'apprécier vos qualités et vos valeurs.

Votre sérieux, votre compétence et votre sens du devoir m'ont énormément marquée.

*Veillez trouver ici l'expression de ma profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et
humaines. Ce travail est pour moi l'occasion de vous témoigner ma profonde gratitude.*

A Melle ainbaziz

Pour toutes ces précisions, et pour nous avoir appris les sens de la méticulosité

A Melle Ait oudhia

Pour sa gentillesse et sa présence dans les moments difficiles

Au Docteur Mimouni

De m'avoir fait aimer la chirurgie et pour toutes les anecdotes passées au cabinet aussi Rym et Mouloud

A mon précieux Amir

*Présent dans tous mes moments d'examens par son soutien moral et ses belles surprises sucrées, que Dieu
réunisse nos chemins pour un long commun serein*

A ma famille

A mes tantes, oncles, cousin et cousines tata Meriem, tata Zouzou, tata Dounia, tonton Mokhtar, tonton Hakim, sihem, mimi, ibtissem, celia noor, mehdi, fatiha ...,

A mes Amis

Nessrine, Medina, Adel, Nassim, Imene, Hamma, Slimene, pour les meilleurs moments passés en fac, toute l'équipe de l'Aghouat

Chouchou, Ryma, Rayane, Chahida, Doria, Sissi pour soutien moral

A mes animaux

Kiki mon caniche sans lui je n'aurais jamais fait des études de vétérinaire

Minette.

Aida Boutella

Dédicace

A vous les êtres les plus chers, les plus proches, mon père et ma mère, À vous je ne pourrais jamais assez exprimer mon éternel amour, respect et gratitude.

Pour votre amour, vos sacrifices, et patience, je vous dédie ce modeste travail qui n'est que le fruit de votre aide, conseils et encouragements.

Que dieu puisse vous garder pour nous.

A ma sœur, que j'adore : Rayane

A mes frères, que j'aime : abderraouf et Adam

A ma grand mère et tous mes oncles et mes tantes

A tous mes cousins et cousines

A mes chères amies du trinôme : Aida et Imene

A mes chères amis : Hamoudi, Walid, Hakkou, Rebai (hamma) , Slimane et mes amis du groupe «7».

Nassim

Dédicaces

Au nom de Dieu le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce duquel j'ai pu avoir la foi, le courage et la volonté de réaliser ce travail que je dédie:

A mes parents, les êtres les plus chers à mon cœur. Jamais je ne pourrais vous remercier assez pour tout ce que vous avez fait pour moi. Votre amour, attention, tendresse, tolérance, patience ne m'ont pas quittés depuis que j'ai vu le jour et je sais qu'ils m'accompagneront là où j'irais. C'est grâce à vous que je suis devenu ce que je suis, aujourd'hui. Je vous aime du fond de mon cœur.

*A ma tante **Karima** et son mari **Sidali**, qui ont été à la fois des parents et des amis. Vous m'avez toujours considéré comme votre propre fille, et n'avez jamais ménagé vos efforts pour mes besoins ainsi que mes envies. J'aimerais vous exprimer mon immense gratitude et le grand amour que je porte pour vous. . . .Merci.*

*A tout les membres de **ma famille**, que j'aime tellement et qui n'ont cessé de me soutenir et d'être à mes cotés quand j'en ai eu besoin.*

A mes grands parents.

*A tous **mes cousins**. Vous êtes les frères et sœurs que le tout puissant ne m'a pas donné. Je vous adore.*

*A mon cousin **Hichem**. Tu es un frère exceptionnel. Tu m'as accompagné le long de mon travail de PFE, avec tellement de patience. . . .Merci.*

*A mes amis **Nassim** et **Ayda**, avec lesquels j'ai partagé le dur travail du PFE.*

*A tous **mes amis de l'ENS V**. Avec vous j'ai passé 5 années, mêmes pénibles, mais amplement atténuées en votre présence. Aussi mes **anciens amis** du lycée, toujours fidèles.*

A Mr. Zouambi. Mon enseignant de Biochimie. A chaque fois que je parle de vous, les moments les plus marquants de vos cours et de nos discussions défilent devant mes yeux et je dois dire que j'en suis à chaque fois ému. Je vous remercie du fond du cœur pour votre enseignement quasi parfait, vos conseils si précieux et votre soutien continu.

A Mr. Goucem. Vous êtes l'enseignant qui m'a fait aimer le domaine aviaire. J'adore vos cours, votre manière d'enseigner, surtout que vous ne parlez jamais de quelque chose sans qu'on puisse en tirer beaucoup d'intérêt. Vous resterez pour toujours, là où j'irais, mon enseignant préféré de Pathologies aviaires...Merci.

A ma chère promotrice Mme Temim. Votre rigueur, sérieux et précision m'ont aidé à travailler dans de bonnes conditions malgré les difficultés et les contraintes que nous avons dû supporter durant notre 5^{ème} année. Sur le plan humain, je vous ai découvert petit à petit, et c'est surtout votre esprit compréhensif, votre tolérance, patience et gentillesse qui m'ont surtout marqué.

A Mlle Ain Baziz. Vous avez été comme une co-promotrice pour moi. Je vous présente mes sincères remerciements pour votre disponibilité et votre gentillesse en toutes circonstances, durant la réalisation de ce travail.

A Mme Berrama. Merci pour votre gentillesse, patience et disponibilité à chaque fois que j'en avais besoin.

Lamari Imene

Résumé

L'objectif de cet essai est d'évaluer l'impact de la supplémentation alimentaire en cummin (*Cuminum cyminum*) sur les performances zootechniques du poulet de chair soumis aux fluctuations naturelles de la chaleur estivale entre 28 et 49 jours d'âge.

Au total, 440 poulets (sexes mélangés) âgés de 28 jours ont été répartis en 2 lots (4 répétitions de 44 sujets) : un lot « Témoin » nourri avec un aliment standard adapté à l'âge et un lot « Cumin » recevant le même aliment mais supplémenté avec 0,2% de cummin.

Dans nos conditions expérimentales, l'addition de 0,2% de cummin à l'aliment n'a pas modifié significativement la croissance des poulets mais a légèrement réduit la consommation (-12% ; $p=0,07$), améliorant ainsi de manière significative l'indice de conversion alimentaire (-12% ; $p<0,05$). Néanmoins, la supplémentation alimentaire en cummin a augmenté la mortalité des poulets exposés au chaud par rapport aux témoins ($3,72\pm 0,74\%$ vs $0,94\pm 0,54\%$; $p<0,05$).

De tels résultats suggèrent un effet positif de la supplémentation en cummin sur l'efficacité de transformation alimentaire qui mérite d'être ultérieurement approfondie.

Mots clés : cummin, chaleur ambiante, supplémentation, poulet de chair, croissance, indice de conversion, mortalité, ingéré alimentaire.

Abstract

The aim of this essay is to evaluate the impact of the diet supplementation with cumin (*Cuminum cyminum*) on the zootechnical performances of broiler chickens subjected to natural fluctuations of summer high ambient temperatures between 28 and 49 days of age.

A total of 440 28-d old chickens (mixed sexes) were divided into 2 groups (4 replicates of 44 subjects each): a “Control” group fed with a standard diet adapted to the age and a “Cumin” group fed with the same diet supplemented with 0,2% of cumin.

Under our experimental conditions, the dietary addition of 0.2% of cumin did not significantly modify the growth of chickens but slightly reduced feed intake (-12%; $p=0.07$), thus significantly improving the feed conversion ratio (-12%; $p<0.05$). However, the dietary supplementation with cumin increased the mortality of chickens exposed to the high ambient temperatures compared to the control animals ($3.72\pm 0.74\%$ vs. $0.94\pm 0.54\%$; $p<0.05$).

These results suggest a positive effect of the dietary supplementation with cumin on the efficacy of diet conversion which needs further investigations.

Key-words: cumin, ambient temperature, supplementation, broiler chicken, growth, feed conversion ratio, mortality, feed intake.

ملخص

الهدف من هذه التجربة هو تقييم تأثير مكمل غذائي: الكمون (*Cuminum cyminum*) على أداء تربية حيوانات من الفراريج تتعرض لتقلبات طبيعية في حرارة الصيف ما بين 28 و 49 يوما من العمر. تم تقسيم ما مجموعه 440 فروج (مختلط الجنسين)، الذين تتراوح أعمارهم بين 28 يوما، إلى مجموعتين (حيث تتكون كل واحدة من 4 تكرارات من 44 فروج): قسمة "الشاهد" تتلقى نظاما غذائيا متعارفا يتكيف مع عمر الفراريج ، و قسمة "الكمون" تتلقى نفس النظام الغذائي ولكن مع استكمال الكمون 0.2 % .

في ظروفنا التجريبية، إضافة الكمون 0.2 % على الغذاء لا يغير كثيرا في نمو الدجاج ولكن خفضت قليلا الاستهلاك (-). 12%، $p = 0.07$ ، وحسنت الكفاءة الغذائية (-12% ، $p > 0.05$). ومع ذلك ، زادت التكملة الغذائية مع الكمون وفيات الدجاج المعرض للحرارة مقارنة مع الشهود ($3.72 \pm 0.74\%$ مقابل $0.94 \pm 0.54\%$ ، $p > 0.05$). مثل هذه النتائج تشير إلى الأثر الإيجابي للتكملة مع الكمون على فعالية تحويل المواد الغذائية، وهذا ما يستحق مزيدا من التحقيق.

الكلمات المفتاحية : الكمون ، الحرارة المحيطة ، مكملات ، الفراريج ، النمو ، عامل تحويل الأعلاف ، الوفيات،

الإستهلاك

INTRODUCTION GENERALE

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I :

Effets de la chaleur ambiante sur la physiologie du poulet

I.	La thermorégulation chez les oiseaux	1
II.	Conséquences de l'exposition à la chaleur chez le poulet.....	3
	II.1. Augmentation de la thermolyse et diminution de la thermogenèse.....	3
	II.2. Impact sur la croissance et la consommation alimentaire.....	6

Chapitre II :

Cumin : données générales

I.	Généralités sur le cumin.....	8
II.	Propriétés du cumin.....	9
	II.1. Activité anti-oxydante.....	9
	II.2. Effet hypolipémiant.....	10
	II.3. Effet anti-hyperglycémiant.....	10
	II.4. Effet anti-carcinogène.....	10
	II.5. Activité antibactérienne.....	11
	II.6. Activité Antifongique.....	11
	II.7. Activité Ovicide.....	11
	II.8. Effet cholérétique.....	11

III. Effet du cumin chez le poulet de chair soumis à un stress thermique

MATERIELS ET METHODES

I.	Lieu, durée et période de l'essai.....	14
----	--	----

II. Animaux.....	14
III. Traitements expérimentaux.....	15
IV. Aliment	16
V. Bâtiment.....	17
VI. Equipement d'élevage.....	18
VI.1. Matériels d'alimentation.....	18
VI.2. Matériels d'abreuvement.....	18
VI.3. Matériels de chauffage.....	18
VI.4. La litière.....	18
VII. Programme sanitaire d'élevage.....	19
VIII. Mesures réalisées	
VIII.1. Relevé de température et d'humidité.....	20
VIII.2. Ingéré alimentaire.....	20
VIII.3. Poids vif et gain de poids.....	21
VIII.4. Indice de conversion.....	22
VIII.5. Mortalité.....	22
IX. Analyse statistique.....	23

RESULTATS

I. Effet sur la croissance.....	24
II. Effet sur la consommation alimentaire.....	30
III. Effet sur l'indice de conversion alimentaire.....	31
IV. Effet sur la mortalité.....	32

DISCUSSION GENERALE	34
---------------------------	----

CONCLUSION.....	36
-----------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	38
----------------------------------	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1. La thermorégulation chez les oiseaux	1
Figure 2. Principales voies de thermolyse chez le poulet.....	2
Figure 3. Représentation schématique des relations entre thermogenèse, thermolyse et température ambiante. TCI : température critique inférieure, TCS : température critique supérieure, MS : métabolisme de sommet.....	3
Figure 4. Répartition de la chaleur au niveau périphérique chez un poulet exposé à 35°C.....	4
Figure 5. Aspects morphologiques du cumin.....	8
Figure 6. Schéma récapitulatif du protocole expérimental (* : mesures collectives, n= nombre de répétitions).....	15
Figure 7. Cumin en grain et après broyage	16
Figure 8. Vue extérieure et intérieure du bâtiment d'élevage.....	17
Figure 9. Poids vifs mesurés à l'âge de 28, 42 et 49 jours chez les poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4, F : femelles, M : mâles).....	23
Figure 10. Gain de poids moyens par phase d'élevage (J28—J42 et J42-J-49) et gains de poids cumulés mesurés chez les poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4, F : femelles, M : mâles).....	26
Figure 11. . Evolution des poids vifs moyens entre J28 et J49 chez les poulets témoins et ceux supplémentés en cumin et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4, F : femelles, M : mâles).....	27
Figure 12. Consommation alimentaire moyenne par phase d'élevage (J28—J42 et J42-J-49) et cumulée, mesurées chez les poulets (mâles + femelles) témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....	28

Figure 13. Indices de conversion alimentaires moyens par phase d'élevage (J28—J42 et J42-J-49) et cumulé, mesurés chez les poulets (mâles + femelles) témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....30

Figure 14. Taux de mortalité par phase d'élevage (J28—J42 et J42-J-49) et cumulé, mesurés chez les poulets (mâles + femelles) témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Effet de la température ambiante (Ta) sur les performances des poulets.....	6
Tableau 2. Composition biochimique des graines de cumin.....	8
Tableau 3. Composition et caractéristiques des aliments utilisés durant l'essai (%).....	17
Tableau 4. Programme prophylactique appliqué durant l'essai.....	19
Tableau 5. Poids vifs des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin entre 28 et 49 jours d'âge et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....	22
Tableau 6. Gain de poids des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin entre 28 et 49 jours d'âge et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....	25
Tableau 7. Ingéré des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin entre 28 et 49 jours d'âge et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....	28
Tableau 8. Indice de conversion (IC) des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin entre 28 et 49 jours d'âge et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....	29
Tableau 9. Mortalité des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin entre 28 et 49 jours d'âge et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).....	31

Introduction
générale

Au cours de ces dernières décennies, l'aviculture nationale a connu une expansion indéniable. Celle-ci est néanmoins freinée par une contrainte majeure qu'est la température ambiante élevée.

De par sa localisation géographique, l'Algérie est considérée comme un pays chaud où les pics de température atteignent parfois les 40-45°C en été. Ces températures ambiantes élevées induisent des pertes économiques considérables en termes de chute de croissance et de forte mortalité.

En effet, les températures ambiantes (T_a) chaudes provoquent chez l'animal un **stress thermique** (ST) dont le type diffère selon la durée d'exposition et l'amplitude de l'élévation de la T_a . Ainsi, lors d'élévation brutale et de courte durée (quelques heures), le poulet subit un **stress thermique aigu**, qualifié de coup de chaleur. Lors d'élévation modérée, généralement cyclique (entre 29 et 35°C, T_a plus fraîche la nuit) et sur une période prolongée (de quelques jours à quelques semaines), le **stress thermique** est dit **chronique**.

Les réponses de l'animal diffèrent selon le type de stress thermique (Temim, 2000). Le stress thermique aigu implique des changements immédiats et radicaux convergeant vers un seul objectif : la survie de l'animal. En revanche, lors de stress thermique chronique, les changements sont relativement faibles, sur une assez longue période, jusqu'à atteindre un nouvel état d'équilibre (homéostasie) qui permet à l'animal de s'adapter à son nouvel environnement (acclimatation). Dans ce cas, la survie des poulets est légèrement affectée mais la croissance est fortement ralentie (Temim, 2000).

Pour pallier les effets négatifs de la chaleur, diverses solutions ont été explorées. Celles-ci sont à adapter au type de stress thermique considéré. Lors de stress thermique aigu, les mesures sont essentiellement techniques (gestion adaptée des paramètres d'ambiance : température, hygrométrie, renouvellement d'air, densité d'élevage, retrait d'aliment...). Lors d'exposition chronique à la chaleur, les solutions à envisager sont plutôt d'ordre génétique ou nutritionnel, passant par une modification de la composition de la ration alimentaire (taux de protéines, acides aminés, concentration en énergie...) (Padilha et al., 1995 ; Ain Baziz, 1996 ; Temim et al., 2000) ou l'ajout de différents types d'additifs : vitamines, électrolytes, probiotiques. Récemment, les recherches se sont orientées vers l'utilisation d'herbes et d'épices connues pour leurs vertus anti-oxydantes à l'instar du cumin (Ali et al., 2010).

Cuminum cyminum est une plante aromatique appartenant à la famille des *Ombellifères*, utilisée comme condiment et ingrédient en industrie alimentaire (Ali et al., 2010). Cette plante présente des propriétés médicinales connues depuis l'antiquité en tant que diurétique, antioxydant, astringent, hypoglycémiant, cholagogue, et stomachique (Dhandapani et al., 2002).

Jusqu'à présent, l'utilisation du cumin en tant qu'additif alimentaire a été explorée soit chez des souches rustiques Egyptiennes à croissance lente soumises à un stress thermique (Ali et al., 2010) ou chez des poulets de souche commerciale élevés en conditions d'ambiance standards (thermoneutralisé) (El-Kassie, 2010 ; El-Kassie et al., 2011). L'ensemble de ces études rapportent un effet améliorateur des performances de croissance induit par l'apport de cumin dans l'aliment. Qu'en est-il dans nos conditions d'élevage de souches commerciales en période estivale ?

Dans ce contexte, nous nous proposons d'étudier l'intérêt d'une supplémentation alimentaire continue en cumin chez le poulet de chair soumis aux fluctuations naturelles de la température ambiante estivale (conditions de stress thermique chronique).

La première partie de ce mémoire est consacrée à une étude bibliographique articulée sur deux chapitres : le premier traitera des effets de la température ambiante élevée sur la physiologie du poulet de chair ; le second abordera les propriétés générales ainsi que les effets bénéfiques du cumin.

La deuxième partie présentera notre étude expérimentale menée en conditions réelles de chaleur estivale. Les méthodologies et les protocoles utilisés seront d'abord globalement décrits puis les résultats seront présentés et discutés. La conclusion générale fera le point des idées acquises et des perspectives qui en découlent.

Etude
Bibliographique

Chapitre I

Effets de la chaleur ambiante sur la physiologie du poulet

I. La thermorégulation chez le poulet

Le poulet est un **homéotherme**. Ce statut s'applique à tout animal qui peut maintenir sa température corporelle constante dans une certaine gamme de température, et ce malgré les fluctuations thermiques environnementales et son activité (Geraert, 1991).

La **thermorégulation** est une fonction physiologique importante, permise par l'établissement d'un équilibre entre les processus de production de chaleur « **thermogenèse** », et ceux de perte de chaleur « **thermolyse** » (Figure 1).

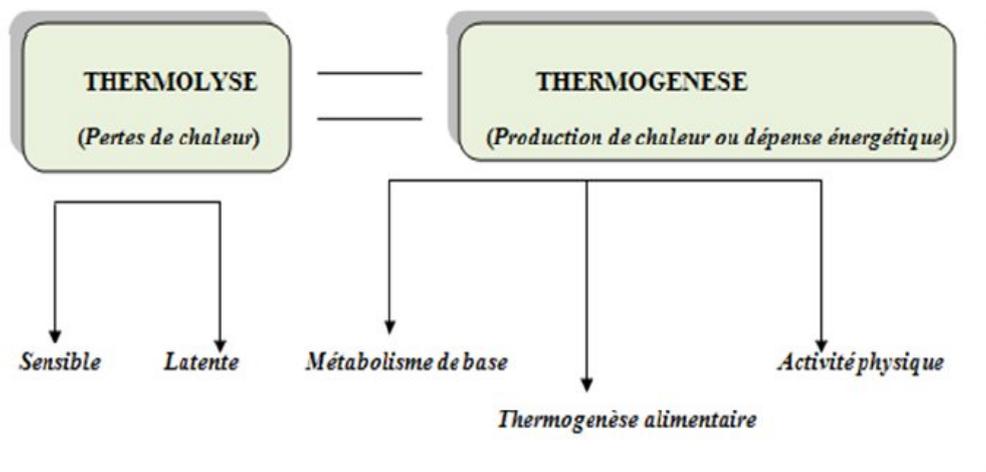


Figure 1 : La thermorégulation chez les oiseaux (adapté de Temim, 2000)

La production de chaleur est liée au métabolisme de base, à l'activité physique, et à la thermogenèse alimentaire dite extrachaleur. **Les pertes de chaleur** se font soit par voie sensible ou par voie latente (Figure 2).

La chaleur sensible ou libre est évacuée par échange direct avec le milieu environnant au niveau de la peau des animaux, par :

- **Conduction** : c'est la déperdition de chaleur (contact solide ou liquide) ; le flux se fait de la chaleur vers le froid; dans l'eau la perte est 3 fois plus élevée que dans l'air (Contact des pattes, de la poitrine, avec la litière, les parois...).
- **Convection** : déperdition de chaleur entre la surface cutanée et l'air ambiant en direction de l'air, au travers des plumes...
- **Rayonnement ou radiation** : c'est la déperdition de chaleur (surface cutanée et objet) rayonnement infrarouge au travers de l'air, en direction des parois ou des litières plus froides....

Les pertes de chaleur latente (Thermolyse latente) se font par évaporation d'eau au niveau pulmonaire et se substituent donc progressivement aux pertes de chaleur sensible. Ce mécanisme est d'autant plus efficace que l'hygrométrie de l'air inspiré par les oiseaux est faible. Par ailleurs, il existe une faible élimination de chaleur via l'excrétion fécale (Amand et al, 2004).

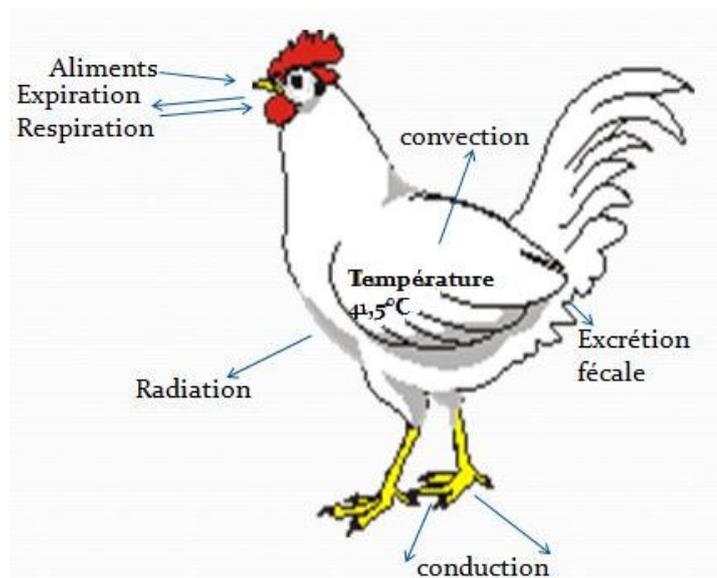


Figure 2 : Principales voies de thermolyse chez le poulet (Amand et al, 2004).

Pour analyser l'efficacité des variations thermiques, un intervalle de thermoneutralité est défini comme étant la plage de températures ambiantes pour lesquelles le poulet conserve sa température corporelle physiologique, pour un niveau alimentaire donné (Padilha, 1995). **La zone de neutralité thermique** de l'ambiance dans laquelle vit l'animal (Figure 3) est définie, pour un âge donné, par les températures critiques inférieures et supérieures où l'animal réagit soit au froid ou à la chaleur (Amand et al, 2004).

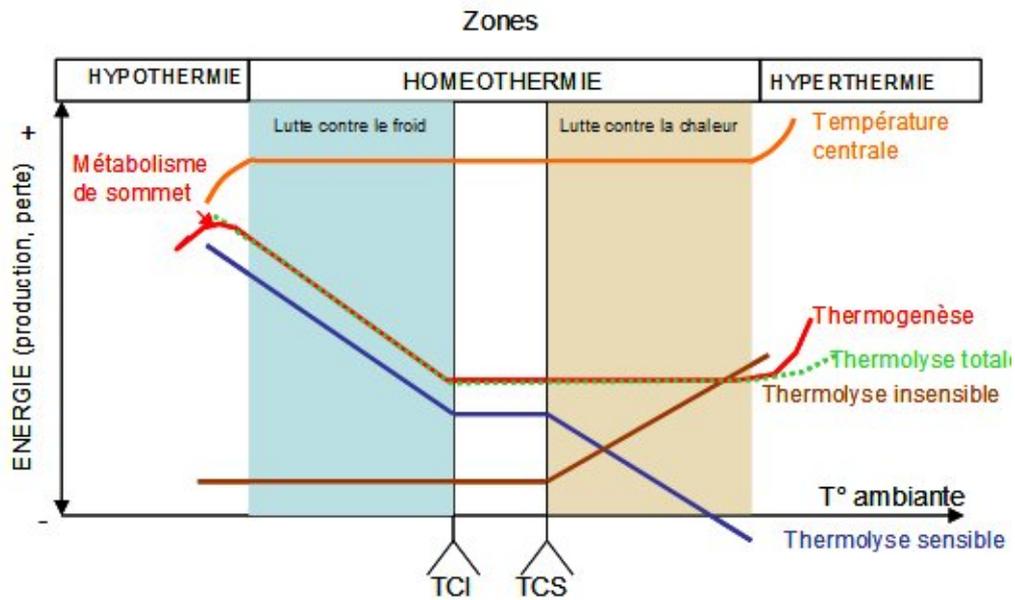


Figure 3. Représentation schématique des relations entre thermogénèse, thermolyse et température ambiante. TCI : température critique inférieure, TCS : température critique supérieure, MS : métabolisme de sommet (Durand et Meyer 2008).

II. Conséquences de l'exposition à la chaleur chez le poulet

II.1. Augmentation de la thermolyse et diminution de la thermogénèse

A l'instar des autres volailles, le poulet présente une température corporelle plus élevée que celle des mammifères (41 à 42°C ; Ain Baziz, 1996). De par l'absence de glandes sudoripares limitant les pertes de chaleur latentes et en raison de l'efficacité d'isolation thermique de son plumage qui réduit les pertes de chaleur sensibles, le poulet est très sensible aux variations de la température ambiante (Geraert, 1991). Selon cet auteur, la rupture d'équilibre entre production et perte de chaleur semble se situer aux alentours d'une température ambiante de 32°C, résultant en une augmentation significative de la température rectale du poulet. A partir de là, les moyens de lutte mis en place par l'organisme correspondront à une augmentation de la thermolyse et une réduction de la thermogénèse.

La figure 4 explique la répartition des échanges thermiques au niveau périphérique chez un poulet exposé à une température ambiante constante de 35°C en période de finition (Yahav et al, 2004)

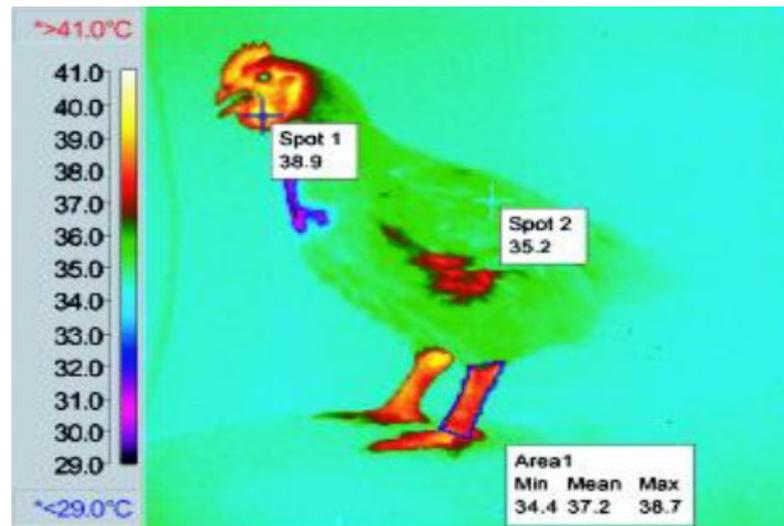


Figure 4 : Répartition de la chaleur au niveau périphérique chez un poulet exposé à 35°C (Yahav et al, 2004).

L'élimination de chaleur est favorisée par l'intervention d'un ensemble de réactions végétatives et comportementales (Bottje et al. 1983; Le Ménéec, 1987) :

- Augmentation de la fréquence cardiaque
- Dilatation des vaisseaux au niveau de la peau et des zones d'échanges privilégiées car dépourvues de plumes isolantes (les pattes, la crête, les barbillons...)
- Recherche de zones froides et ventilées
- Ecartement des ailes pour augmenter la surface d'échange et présenter des zones moins emplumées

Le poulet élimine également des calories sous forme de vapeur d'eau. De ce fait, 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; Mathere et al., 1980).

Lorsque la température ambiante dépasse 23°C, le premier réflexe de l'animal est de limiter ses apports énergétiques en diminuant sa consommation alimentaire (Howlider 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 des aliments diminue, ce qui explique une partie de la perte économique associée au stress thermique.

A partir de 26°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 l'oiseau 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 (Linsley et Berger, 1964). 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. A 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; Teeter et al, 1985). Au fur et à mesure que s'installe l'alcalose respiratoire, les systèmes de correction du pH sanguin se mettent en place, mais ceux-ci se trouvent vite dépassés (Deyhim et Teeter, 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.

II.2. Impact sur la croissance et la consommation alimentaire

Le premier effet de l'exposition à la chaleur est la réduction de consommation alimentaire (Austic, 1985 ; Geraert, 1991 ; Ain Baziz, 1996, Tesseraud et Temim, 1999) en vue de diminuer la production de chaleur métabolique et maintenir l'homéothermie (Al-Fataftah et Abu-Dieyeh, 2007; May et al, 1998; Geraert et al, 1997). Cette réduction de l'ingéré atteint 1,5% par °C au-dessus de 20°C (Austic, 1985). Elle entraîne un ralentissement de la croissance des poulets associée à une altération de leur indice de consommation, quelque soit leur origine génétique (Geraert et al, 1993).

Le tableau 1 récapitule les résultats de nombreux travaux mesurant l'effet de l'élévation de la température ambiante, de manière constante ou cyclique, sur la consommation d'aliment, le gain de poids et l'indice de consommation du poulet de chair.

Tableau 1 : Effet de la température ambiante (Ta) sur les performances des poulets
(adapté de Temim, 2000).

Ta (°C) Contrôle/Expérimentale	Age (semaines)	Variations (%)			Auteurs
		Gain de poids	Ingéré	IC [§]	
Température ambiante constante					
22 / 32	0 à 6	-11	-13	-2,6	El Husseiny & Creger, 1980
24 / 35	1 à 4	-23	-25	-2,2	Cerniglia et al., 1983
24 / 35	1 à 8	-48	-47	+1,3	Cerniglia et al., 1983
22 / 32	2 à 4	-18	-14	+2,6	Padilha, 1995
25 / 35	3 à 6	-24	-22	+3	Chwalibog, 1989
18 / 27	3 à 7	-3	-5	-1,8	Reece & Mc Naughton, 1982
22 / 32	4 à 6	-46	-30	+23	Washburn & Eberhart, 1988
22 / 32	4 à 6	-41	-24	138	Padilha, 1995
25 / 35	4 à 6	-12	-16	-3	Ilenken et al., 1982
20 / 30	4 à 7	-17	-20 ^b	-3	Washburn & Eberhart, 1988
22 / 32	4 à 7	-47	-36	+23	Ain Baziz (1996)
24 / 34	4 à 7	--	-10	-	Smith & Teeter, 1987
20 / 30	5 à 8	-34	-23	+16	Yahav et al., 1995
22,5 / 30	5 à 8	-12	-12	0	Yahav et al., 1995
25 / 35	5 à 8	-62	-46	+42	Yahav et al., 1995
21 / 27	6 à 8	-13	-15	-	Charles et al., 1981
Température ambiante cyclique					
24 / 24-35	4 à 6	-6	-7	-1,6	Stilborn, 1988
13-24 / 24-35	4 à 7	-21	-22 ^b	-2,1	Keshavarz & Fuller, 1982
17-23 / 24-33	4 à 7	-14	-15	-1,3	Dale & Fuller, 1980
20 / 10-30	5 à 8	-17	-12	16,5	Yahav et al., 1995
13-24 / 24-35	6 à 8	-18	-20 ^b	-2,8	Keshavarz & Fuller, 1982
25 / 15-35	5 à 8	-32	-26	110	Yahav et al., 1995

[§] IC : indice de consommation.

Il semble d'une part, que lors de température ambiante (T_a) chaude cyclique, les performances zootechniques sont moins affectées que lors de T_a constante. En effet, les poulets consomment d'avantage et présentent de meilleurs indices de consommation pendant les phases de basses températures (généralement nocturnes), ce qui compense les baisses d'ingéré lors des pics diurnes de température.

D'autre part, dans les conditions d'exposition chronique à la chaleur, l'altération des performances de croissance est d'autant plus accentuée (gain de poids et IC) que la température ambiante (T_a) dépasse les 30°C. L'élévation de la T_a dans l'intervalle 27 à 30°C entraîne une diminution moyenne de l'ingéré de l'ordre de 1,4% par degré d'augmentation de la T_a , et une baisse de gain de poids de 10 à 20%. Au-delà de 30°C la chute d'ingéré atteint 2,2% par degré d'élévation de la T_a et celle du gain de poids est de 2,5% par degré d'augmentation (Temim, 2000).

L'effet de la chaleur ambiante sur la croissance dépend aussi du poids vifs des animaux en début d'exposition au stress thermique : plus le poids vif initial est élevé, plus l'impact de la chaleur sur le gain de poids est accentué (Padilha, 1995).

L'âge des poulets en début d'exposition à la chaleur est également un facteur clef puisque il a été démontré que l'altération de la consommation et de la croissance sont d'avantage affectées par les T_a élevées chez les poulets exposés entre 4 et 6 semaines d'âge par rapport à des sujets plus jeunes exposés entre 2 et 4 semaines d'âge (Geraert et al., 1996).

En conclusion de cette première partie...

...les données bibliographiques révèlent un effet négatif du stress thermique chronique sur l'ingéré alimentaire qui se répercute négativement sur la croissance du poulet de chair. Pour limiter ces effets délétères de la chaleur ambiante, les études se sont orientées vers la recherche de solutions nutritionnelles, notamment le recours aux additifs alimentaires. Dans ce qui suit, nous limiterons notre étude bibliographique au cumin, objet de notre étude expérimentale.

Chapitre II

Cumin : données générales

I. Généralités sur le cumin

Le cumin ou *Cuminum cyminum* est une petite plante de la famille *Ombellifères* (Bézanger-beauquesne et al., 1986, cité par Athamena, 2009). Originnaire du Turkestan, elle fut par la suite propagée dans l'ensemble des pays méditerranéens ainsi qu'en Amérique latine (Boullard, 2001, cité par Athamena, 2009).

Utilisé comme ingrédient essentiel dans de nombreux mélanges d'épices, le cumin constitue également un remède largement employé dans l'Égypte ancienne, essentiellement pour les affections digestives et respiratoires ainsi que dans la médecine Ayurvédique, dans l'ancienne médecine Iranienne, et même au Maroc (Athamena, 2009).

D'un point de vue botanique, cette plante possède des feuilles parfumées finement divisées, des ombelles de petites fleurs blanches ou roses en été (Bremness, 2002, cité par Athamena, 2009), ainsi qu'un fruit fusiforme (Singh et Goswami, 1996, cité par Athamena, 2009) d'une odeur aromatique et d'un goût épicé et amer (Behera et al, 2004). Elle est actuellement cultivée en Afrique du nord et au sud-ouest de l'Asie, où ses graines sont cueillies à la fin de l'été (Vican, 2001, cité par Athamena, 2009).



Règne : Plantes
 Embranchement : Spermaphytes
 Classe : Dicotyledones
 Ordre : Apiales
 Famille : Apiaceae
 Genre : *Cuminum*
 Espèce : *Cuminum cyminum* L.
 (Quezel et Santa, 1963, cité par Athamena, 2009)

Figure 5. Aspects morphologiques du cumin (Site web: Wikipedia).

L'analyse de la **composition biochimique** des graines de cumin (Tableau 2) montre la présence d'environ 15% d'huile fixe constituée essentiellement de triglycérides(55%), d'ester de stérol (25%) et d'acide gras libre (10%). Ces graines contiennent également 2,5 à 10% d'huile essentielle constituée de 25 à 35% d'aldéhyde cuminique, d'aldéhyde hydro-cuminique, d'alcool cuminique, de terpinéol (Athamena, 2009).

Tableau 2 : Composition biochimique des graines de cumin.

Composés	Taux (%)	Auteur
Huile fixe	15	Saiedirad et al., 2008
Huile essentielle	2,5 à 10	Athamena, 2009
Protéines	18,7	El-Kassie , 2010
Sucres	36,6	Behera et al., 2004
Flavonoïdes	/	Vican, 2001
Coumarines et acides phénoliques	/	Surveswaran et al., 2007
Eau	10,83±0,4	Athamena, 2009

II. Propriétés du cumin

De par sa composition biochimique complexe, le cumin possède de nombreuses propriétés biologiques exploitées en médecine, pharmacie, parfumerie, ainsi qu'en cosmétologie (produits de beauté).

II.1. Activité anti-oxydante

Le cumin, comme les autres épices de la famille des Ombellifères est connu pour avoir des propriétés anti-oxydantes puissantes (Wojdylo et al, 2007, cité par Athamena, 2009 ; Birjees Bukhari et al., 2009). Il agirait en réduisant la susceptibilité de l'oxydation des lipides (Dhandapani et al, 2002; cité par Athamena, 2009).

L'extrait de cumin a présenté dans l'étude d'Athamena (2009), une activité anti-radicalaire élevée (94,55%), corrélée significativement ($R^2=0,977$) à sa teneur en polyphénols totaux, ce qui indique l'intervention de ces derniers dans l'activité anti-oxydante du cumin.

II.2. Effet hypolipémiant

Dans une étude récente d'Al-Kassie et al., (2011), une diminution significative ($p < 0,05$) du taux de cholestérol sanguin a été constaté chez deux groupes de poulets de chair recevant une alimentation contenant du cumin à raison de 0,75% pour un groupe, et de 1% pour l'autre groupe. D'après ces auteurs, cet effet serait probablement lié à l'inhibition de l'enzyme hépatique 3-hydroxyl-3-méthylglutaryl coenzyme A. Cette enzyme est responsable de la synthèse du cholestérol au niveau hépatique (CROWELL, 1999; cité par Athamena, 2009).

II.3. Effet anti-hyperglycémiant

Une étude élaborée par Willatgamuwa et ses collaborateurs (1998), sur des rats diabétiques induits par la streptozotocine, a montré une diminution de l'hyperglycémie et de la glucosurie, après un régime diététique contenant 1,25% de la poudre de cumin. Cette influence était évidente autour de la troisième semaine de l'alimentation et l'effet était de plus en plus prononcé vers la fin de la 8ème semaine de supplémentation. Ceci a été également accompagné d'une amélioration des poids corporels des rats et de modifications métaboliques telles une diminution de l'urémie.

II.4. Effet anti-carcinogène

En présence d'un carcinogène du colon le 1,2-diméthyl hydrazine (DMH), l'activité des mucinases et des β -glucuronidases est sensiblement augmentée. Cette augmentation a comme conséquence une hydrolyse des mucines protectrices du colon et des glucuronides conjugués. L'hydrolyse des glucuronides libère des toxines, ce qui peut engendrer le risque d'un cancer du colon. Des travaux sur des rats, ont montré que le cumin peut protéger le colon en diminuant l'activité des mucinases et des β -glucuronidases en présence ou en absence du DMH (Nalini et al, 1998).

II.5. Activité antibactérienne

L'huile des graines de cumin a des propriétés antimicrobiennes (El-Sami et al., 2002). Sagdic et Ozcan (2003) ont testé *in vitro*, sur 15 bactéries, l'activité antibactérienne des hydrosols de cumin, qui ont été actifs, seulement sur *Bacillus brevis*, *Enterobacter aerogenes*, et *Escherichia coli O157 :H7*.

Une étude plus récente a également confirmé que l'huile essentielle de cumin a une forte activité contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, et *Listeria monocytogenes* (Athamena, 2009).

II.6. Activité Antifongique

Cette propriété a été décrite par O'Riordan et Wilkinson (2008) qui ont constaté l'absence de contamination par l'Aflatoxine dans les échantillons commerciaux du cumin.

II.7. Activité Ovicide

Dans l'étude de Tunc et al (2000), les vapeurs d'huiles essentielles de cumin ont été examinées contre les œufs de deux insectes de produits stockés (*Tribolium Confusum*, *Ephestia Kuehniella*). Ces vapeurs étaient plus actives contre les œufs d'*Ephestia Kuehniella* dont le taux de mortalité a atteint 100%.

II.8. Effet cholérétique

Platel et Srinivasan (2000) ont étudié l'influence du cumin et d'autres épices sur le taux de la sécrétion de la bile, ainsi que sa teneur en acides biliaires. Les épices sont administrées soit par le biais d'une ingestion diététique soit sous forme d'une dose orale simple. L'ingestion diététique a influencé significativement la sécrétion de la bile et sa teneur en acides biliaires, tandis que l'ingestion par dose simple a influencé seulement la teneur en acides biliaires (cité par Athamena, 2009).

III. Effet du cumin chez le poulet de chair soumis à un stress thermique

L'analyse de la bibliographie montre qu'il y a très peu d'études relatives à l'impact de la supplémentation alimentaire en cumin chez le poulet de chair soumis à des conditions de stress thermique.

L'unique étude disponible (Ali et al., 2010) a été menée sur une souche de poulet rustique Egyptienne à croissance lente (El-Salam), exposée, entre 21 et 84 jours d'âge, à un stress thermique cyclique (38°C pendant 4 h/jour, sur 3 jours successifs/semaine) où l'addition de cumin dans l'aliment a été réalisée à la dose de 0,2%. Les résultats obtenus ont révélé une amélioration significative du gain de poids (+15%, $P < 0,05$) et de l'indice de conversion alimentaire (-12%, $p < 0,05$) sans variation de l'ingéré. L'impact de ce traitement sur la mortalité n'a pas été exploré dans cette étude. D'après ces auteurs, l'effet négatif du stress thermique sur les performances zootechniques a été contré grâce à un meilleur statut antioxydant induit par l'addition alimentaire du cumin.

Par ailleurs, deux autres études ont porté sur l'effet de la supplémentation en cumin sur la croissance, l'indice de consommation et l'indice de conversion mais celles-ci ont été conduites en ambiance de thermoneutralité (Al-Kassie, 2010 ; Al-Kassie et al., 2011). Ces auteurs ont mis en évidence que l'addition de cumin dans l'aliment du poulet de chair (sexes mélangés) à des doses croissantes allant de 0,5 à 1,5%, durant 6 semaines (de 1 à 42 jours d'âge) a permis d'améliorer significativement la croissance (+6% en moyenne) et l'indice de conversion alimentaire (-9% en moyenne), sans modification notable de l'ingéré. Cet effet positif du cumin est probablement dû à son rôle de stimulant, carminatif (remède ayant la propriété d'expulser les gaz de l'intestin), stomachique (qui rétablit le fonctionnement troublé de l'estomac), antimicrobien et prévenant la toxicité gastrique (Jones et al., 1997).

Enfin, concernant les effets du cumin sur la mortalité du poulet, il semble que cet additif, utilisé à des doses allant de 0,25 à 1%, induise une baisse significative ($p < 0,05$) de la mortalité en relation avec sa propriété immunostimulante (El-Kassie et al., 2010).

En revanche, l'emploi de doses supérieures de cumin dans l'aliment (1,5%) a affecté la survie des poulets (El-Kassie et al., 2010). Ceci peut être expliqué par les dommages causés au niveau de l'intestin, du foie et des reins (Ibrahim et al., 2007).

En conclusion ...

...malgré les vertus médicinales reconnues du cumin (pouvoir antioxydant, immunostimulant et effet bénéfique sur les processus de digestion), son utilisation en tant qu'additif alimentaire pour améliorer les performances de croissance du poulet reste à préciser aussi bien en conditions d'élevage standard, en tant qu'alternative aux antibiotiques facteurs de croissance désormais interdits en alimentation animale mais également lors de stress thermique.

*Matériels et
Méthodes*

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'intérêt d'une supplémentation alimentaire en Cumin (*Cuminum cyminum*) à la dose de 0,2%, sur les performances zootechniques du poulet de chair élevé en condition ambiante estivale.

I. Lieu, durée et période de l'essai

Cet essai a été réalisé à la Station des Monogastriques de l'Institut Technique des Elevages de Baba Ali, Alger et s'est déroulé durant l'été de l'année 2010.

La période de l'essai s'étalait du **20 juin au 08 août 2010**, soit une durée de 49 jours. Elle comportait 2 périodes :

- **Une période pré-expérimentale**, allant de J0 à J28 (soit du 20 Juin au 17 Juillet 2010), où l'ensemble des poulets étaient soumis à des conditions standards d'élevage,
- **Une période expérimentale**, s'étalant de J28 à J49 (du 17 Juillet au 9 Aout 2010), durant laquelle les poulets étaient nourris avec un aliment supplémenté ou pas en cumin.

II. Animaux

A la mise en place, un effectif de **550** poussins d'1 jour d'âge, de souche ISA HUBBARD F15, provenant du même couvoir, ont été pesés, triés et répartis en **8 groupes de 55 sujets** de poids homogène ($38,6g \pm 0,3$). Chaque groupe est ensuite placé dans un parquet d'une surface de $5,27 \text{ m}^2$ soit une densité de $10,4 \text{ sujets/m}^2$. Au cours des premières 48 heures, les sujets morts sont pesés et remplacés par des sujets de même poids. Tous les animaux sont élevés dans les mêmes conditions standards jusqu'à l'âge de 4 semaines (période pré-expérimentale).

A l'âge de 28 jours, les poulets ont été repesés, triés, sexés, et répartis en 2 groupes expérimentaux de poids homogène ($954,2g \pm 29,2$). Chacun de ces 2 groupes a été ensuite divisé en 4 lots soit **4 répétitions de 40 poulets/groupe expérimental**, avec un sexe ratio homogène (densité de 8 sujets/m^2).

III. Traitements expérimentaux

Afin d'étudier l'effet de la supplémentation alimentaire en cumin chez le poulet de chair élevé en climat chaud, nous comparons 2 traitements expérimentaux :

- Un groupe « **Témoin** » nourri avec un aliment classique *ad libitum* adapté à l'âge.
- Un groupe « **Cumin** » recevant le même aliment classique supplémenté en cumin.

Durant tout l'essai, l'ensemble des poulets étaient exposés aux fluctuations naturelles de la température ambiante estivales.

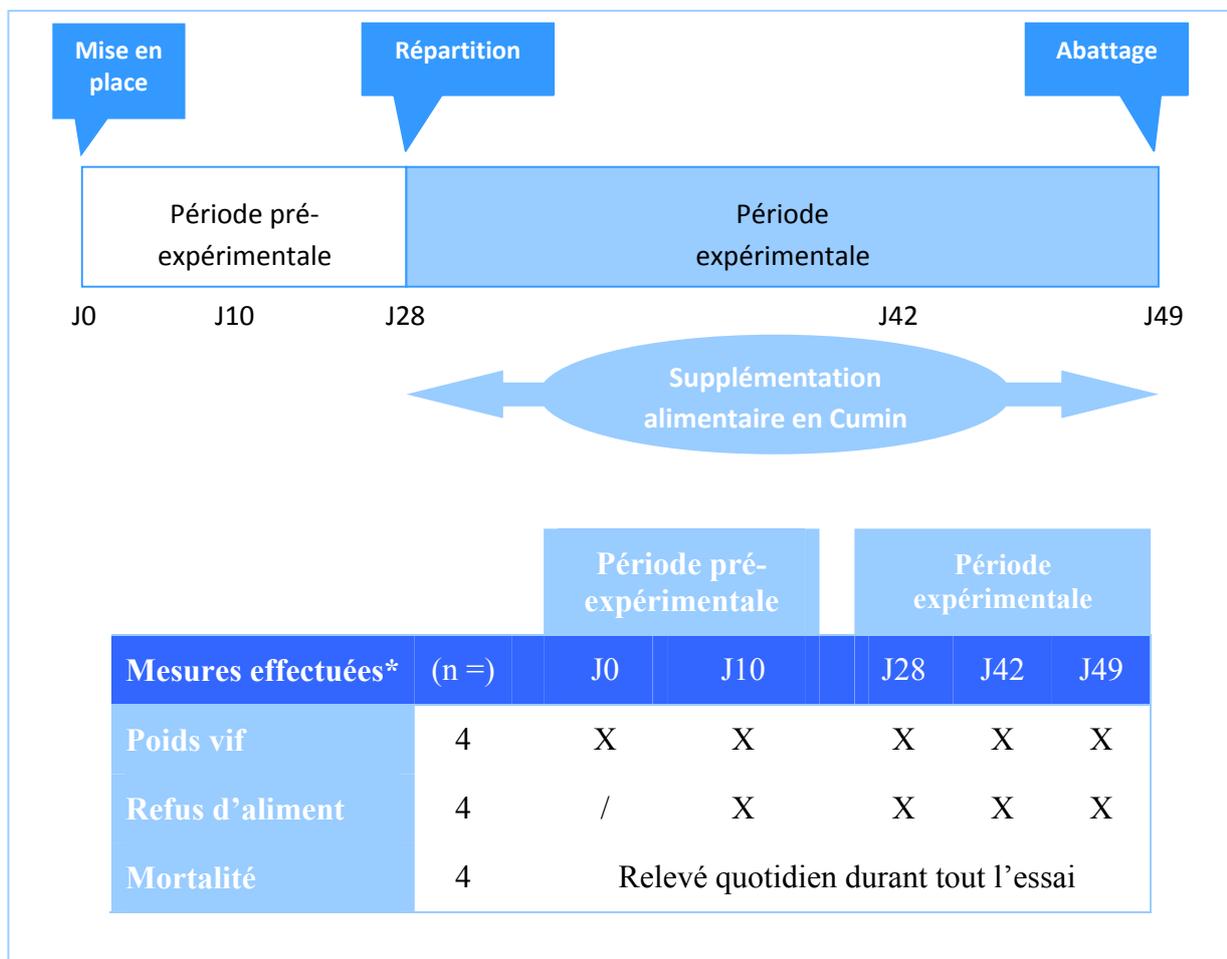


Figure 6. Schéma récapitulatif du protocole expérimental

(* : mesures collectives, n= nombre de répétitions).

La supplémentation alimentaire en Cumin a été appliquée sur la période allant de la mi-croissance jusqu'à l'abattage (de 28 jours d'âge jusqu'à J49). Pour ce faire, l'aliment standard a été supplémenté avec du cumin à la **dose de 0,2%**, soit 200g/100kg.



Figure 7. Cumin en grain et après broyage.

En pratique, du cumin en grain, procuré du commerce (figure 7) a été broyé et mélangé à l'aliment standard. Afin de s'assurer de l'homogénéité du mélange, nous avons procédé par un pré-mélange initial (200g de cumin dans 10kg d'aliment), puis des mélanges successifs dans des quantités croissantes d'aliment.

IV. Aliment

Trois types d'aliments standards (Tableau 2) adaptés aux 3 phases d'élevage ont été distribués à tous les animaux :

- Un aliment «Démarrage» distribué entre J1 et J10.
- Un aliment «Croissance» distribué entre J11 et J42.
- Un aliment «Finition» distribué entre J43 et J49.

Durant tout l'essai, les aliments ont été fournis *ad libitum* au même titre que l'eau de boisson.

Tableau 3. Composition et caractéristiques des aliments utilisés durant l'essai (%).

	Aliment Démarrage	Aliment Croissance	Aliment Finition
Matières Premières (%)			
Maïs	60,90	64,80	68,80
Son de blé	5,90	5,00	6,00
Tourteau de soja	29,10	27,00	21,80
Calcaire	0,57	1,20	1,30
Phosphate	1,50	1,00	1,10
Bicalcique			
Méthionine	0,03	-	-
Antistress	1,00	-	-
CMV D-C [§]	1,00	1,00	-
CMV F [§]	-	-	1,00
Caractéristiques (valeurs calculées)			
EM (kcal/kg)	2800	2900	2930
Protéines brutes (%)	21	19	17

[§] CMV D-C : complément minéral et vitaminique pour les phases de démarrage et de croissance, CMV F : complément minéral et vitaminique pour la phase de finition.

V. Bâtiment

Les poulets des deux groupes ont été élevés dans un même bâtiment afin qu'ils soient soumis à des conditions environnementales similaires (température, hygrométrie...). Le bâtiment comporte 18 parquets par rangée, avec une surface de 5,27 m² pour chacun, et un couloir entre les deux rangées. Ce bâtiment est de type obscur à ambiance contrôlée (température, ventilation).

**Figure 8.** Vue extérieure et intérieure du bâtiment d'élevage.

VI. Equipement d'élevage

VI.1. Matériels d'alimentation

Durant notre essai, nous avons utilisé des mangeoires adaptés à l'âge des poulets :

- Des assiettes circulaires en plastique du 1^{er} au 6^{ème} jour d'âge.
- Des mangeoires linéaires du 7^{ème} au 11^{ème} jour d'âge.
- Des trémies suspendues au plafond du 11^{ème} jour jusqu'à l'abattage.

VI.2. Matériels d'abreuvement

Au début de l'essai, nous avons utilisé des abreuvoirs siphoniques en plastique du 1^{er} au 11^{ème} jour d'âge, puis des abreuvoirs automatiques du 11^{ème} jour jusqu'à l'abattage.

VI.3. Matériels de chauffage

Nous avons utilisé des radiants à gaz butane à raison d'un radiant par trois lots en 1^{ère} âge et à raison de deux radiants pendant la période expérimentale. Un des radiants est disposé à l'entrée du bâtiment, l'autre à la sortie.

Le contrôle des variations de la température ambiante estivale est réalisé avec 5 thermomètres à mercure placés à une hauteur moyenne de 1 mètre et demi du sol. Pour enregistrer la température ambiante du bâtiment et l'hygrométrie, un thermo-hygromètre est placé à la même hauteur au milieu du bâtiment (au niveau du couloir central).

VI.4. La litière

Une litière en copeaux de bois a été répartie sur le sol cimenté et recouvert d'un peu de chaux (épaisseur d'environ 15 cm). Durant toute la période d'élevage, cette litière n'a pas été changée mais des rajouts ont été effectués pour l'ensemble des parquets.

VII. Programme sanitaire d'élevage

Le protocole sanitaire appliqué le long de notre essai est représenté dans le tableau 4.

Tableau 4. Programme prophylactique appliqué durant l'essai.

Age en jours	Traitement appliqué
1	Antibiotiques pendant 3 jours.
4	✓ Vaccination contre la maladie de New Castle (souche vaccinale HB1) ✓ Vaccination contre la bronchite infectieuse (souche vaccinale Bromipra 1)
10	Vitamines (ADE3) pendant 5 jours.
15	Vaccination contre la maladie de Gumboro (souche vaccinale IBDL)
17	Traitement anticoccidien pendant 5 jours.
24	Antistress pendant 3 jours.
25	Rappel de vaccination contre la maladie de New Castle (souche La Sota)
29	Antistress.
36	Traitement anticoccidien pendant 5 jours + Vitamine E.

VIII. Mesures réalisées

VIII.1. Relevé de température et d'humidité

Le relevé quotidien de la température et de l'humidité dans le bâtiment d'élevage est réalisé cinq fois par jour, autrement dit à: 8 heure du matin, 10 heure, midi, à 14 heure, et enfin à 16 heure (données non présentées).

VIII.2. Ingéré alimentaire

L'ingéré alimentaire est calculé à différentes étapes de l'essai, c'est-à-dire de J28 à J42, de J42 à J49, ainsi que l'ingéré globale de J28 à J49.

Pour ce faire, nous avons procédé à la pesée des aliments distribués au début, et des refus à la fin, de chaque phase; ce qui nous permettra de calculer l'ingéré alimentaire par la formule suivante:

$$\text{Quantité d'aliment ingéré(g)} = \text{Quantité distribuée(g)} - \text{Refus(g)}$$

L'ingéré alimentaire moyen est ensuite obtenu en divisant la quantité ingéré par le nombre de sujets présents.

VIII.3. Poids vif et gain de poids

Afin d'apprécier l'évolution du poids vif, la pesée massale de chaque lot (pesée séparée des mâles et des femelles) est effectuée à J28, J42 et J49. Ensuite, le poids individuel moyen de chaque lot est obtenu par la formule suivante:

$$\text{Poids vif moyen du poussin (Poulet) (g)} = \text{Poids global du lot (g)} / \text{Effectif du lot}$$

Le gain de poids est calculé par la différence de poids vif au début et à la fin de la phase considérée (J28-J42, J42-J49, J28-J49), en appliquant la formule ci-dessous:

$$\text{Gains de poids (g)} = \text{Poids vif final (g)} - \text{Poids vif initial (g)}$$

VIII.4. Indice de conversion

Ce paramètre correspond au rapport entre la quantité d'aliment ingéré et le gain de poids moyen réalisé pour une période donnée. Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Indice de conversion (g/g)} = \text{Ingéré alimentaire moyen (g)} / \text{Gain de poids moyen(g)}.$$

VIII.5. Mortalité

L'enregistrement quotidien de la mortalité est effectué au début de chaque journée. Le taux de mortalité est ensuite calculé pour chaque phase d'élevage en appliquant la formule:

$$\text{Taux de mortalité} = (\text{Nombre de poulets morts} / \text{effectif présent en début de phase}) \times 100$$

IX. Analyse statistique

Les résultats sont décrits par la moyenne et l'erreur standard SE, calculée selon la formule ($SE = SD/n^{0,5}$; SD : déviation standard ; n=nombre de répétitions).

L'homogénéité de la variance a été vérifiée par le test de Bartlett qui s'est avéré non significatif. Les résultats sont alors soumis à une analyse de variance à un facteur (ANOVA) afin de déterminer l'effet de la supplémentation alimentaire en cumin sur le paramètre considéré. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5% ($p < 0,05$) ; néanmoins les valeurs de p comprises entre 0,20 et 0,05 ont été considérées comme des tendances statistiques.

Toutes ces analyses ont été effectuées à l'aide du programme StatView (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).

Résultats

L'objectif de notre essai était de d'évaluer l'effet de la supplémentation alimentaire en cumin (0,2% de *Cuminum cyminum*) sur les performances zootechniques du poulet de chair élevé en période estivale.

I. Effet sur la croissance

Les valeurs moyennes des poids vifs des poulets témoins et supplémentés en cumin enregistrés durant l'essai sont représentées dans le tableau 5 et la figure 9.

Tableau 5. Poids vifs des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).

Traitements expérimentaux	Témoin	Cumin	ANOVA (p=)
Poids vif à J 28 (g)			
Femelles	868 \pm 4	921 \pm 59	0,404
Mâles	1039 \pm 32	1064 \pm 76	0,771
Mâles + Femelles	954 \pm 29	988 \pm 67	0,660
Poids vif à J 42 (g)			
Femelles	1665 \pm 31	1745 \pm 71	0,345
Mâles	1923 \pm 76	2027 \pm 67	0,347
Mâles + Femelles	1799 \pm 59	1886 \pm 68	0,370
Poids vif à J 49 (g)			
Femelles	2073 \pm 53	2131 \pm 63	0,510
Mâles	2440 \pm 73	2456 \pm 74	0,884
Mâles + Femelles	2264 \pm 69	2302 \pm 62	0,694

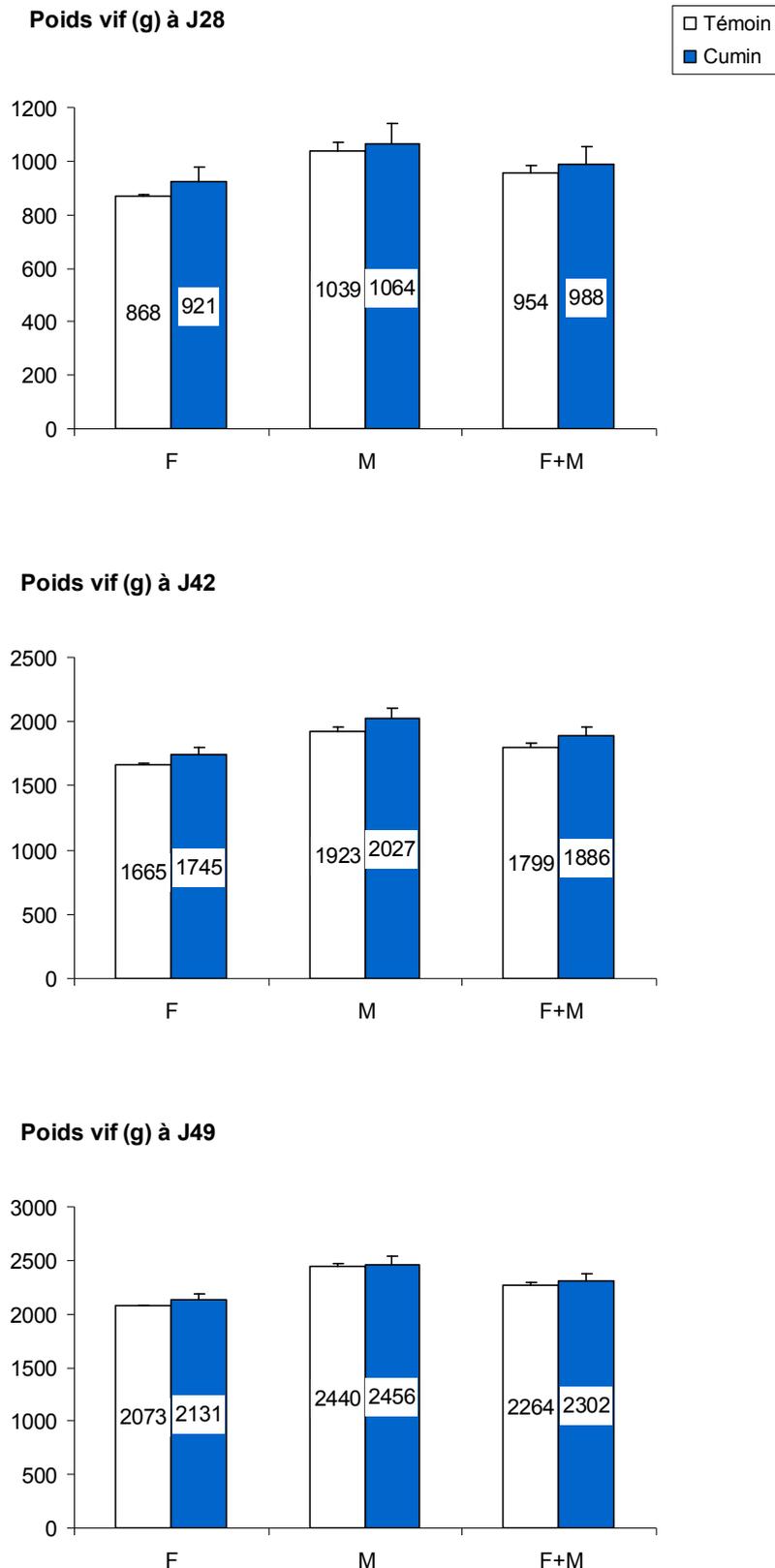


Figure 9. Poids vifs mesurés à l'âge de 28, 42 et 49 jours chez les poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4, F : femelles, M : mâles).

Au début de la supplémentation (J28), les poids vifs des poulets témoins et supplémentés en cumin sont quasi-comparables, soit en moyenne : $895\text{g}\pm 32$ pour les femelles ($p=0,40$), et 1051 ± 54 chez les mâles ($p=0,77$).

Après deux semaines de supplémentation en cumin, les poids vif des poulets mâles et femelles n'ont pas été significativement augmentés par rapport à ceux nourris avec l'aliment standard. En effet, nous notons : des écarts non significatifs d'environ 5%, au niveau des poids vifs enregistrés à J42, aussi bien chez les mâles que les femelles supplémentés ($p<0,34$) comparés aux témoins.

De la même manière, les poids vifs des poulets mesurés **à la fin de l'essai (J49)**, ne sont pas significativement modifiés par la supplémentation alimentaire en cumin : variations non significatives de 3% ($p=0,51$) et 1% ($p=0,88$), respectivement chez les femelles et les mâles supplémentés par rapport aux poulets contrôles.

Si l'on considère l'impact de la supplémentation en cumin sur **la croissance des poulets** élevés au chaud, nos résultats semblent montrer un effet différent selon le sexe des poulets (Tableau 6 et Figures 10 et 11).

Durant la période allant de J28 et J42, la croissance des mâles tend à être améliorée par l'ajout du cumin d'environ 9% ($p=0,16$), alors que celle des femelles n'est pratiquement pas augmentée (3% ; $p=0,48$).

En revanche, entre J42 et J49, l'apport de cumin dans l'aliment a significativement réduit la croissance des mâles (-17% ; $p<0,01$), sans altérer significativement celle des femelles (-5% ; $p=0,55$).

En considérant les résultats de croissance globaux (mâles et femelles), la supplémentation en cumin n'a pas significativement augmenté le gain de poids en période de croissance (+6% entre J28 et J42 ; $p=0,23$). Ce dernier est par contre altéré de manière significative durant la période de finition : -11% entre J42 et J49 ($p<0,05$). Finalement, les gains de poids cumulés (de J28 à J49) des poulets supplémentés en cumin sont quasi-identiques à ceux des poulets témoins : $1208\text{g}\pm 37$ chez les femelles ; $1397\text{g}\pm 22$ chez les mâles.

Tableau 6. Gain de poids des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).

Traitements expérimentaux	Témoins	Cumin	ANOVA (p=)
Gain de poids de J28 à J42 (g)			
Femelles	797 \pm 32	824 \pm 16	0,479
Mâles	884 \pm 44	963 \pm 23	0,165
Mâles + Femelles	845 \pm 35	898 \pm 19	0,233
Gain de poids de J42 à J49 (g)			
Femelles	408 \pm 25	386 \pm 24	0,546
Mâles	517 \pm 8	429 \pm 21	<0,01
Mâles + Femelles	465 \pm 12	416 \pm 13	<0,05
Gain de poids de J28 à J49 (g)			
Femelles	1206 \pm 53	1210 \pm 20	0,934
Mâles	1402 \pm 41	1392 \pm 3	0,831
Mâles + Femelles	1310 \pm 43	1314 \pm 19	0,930

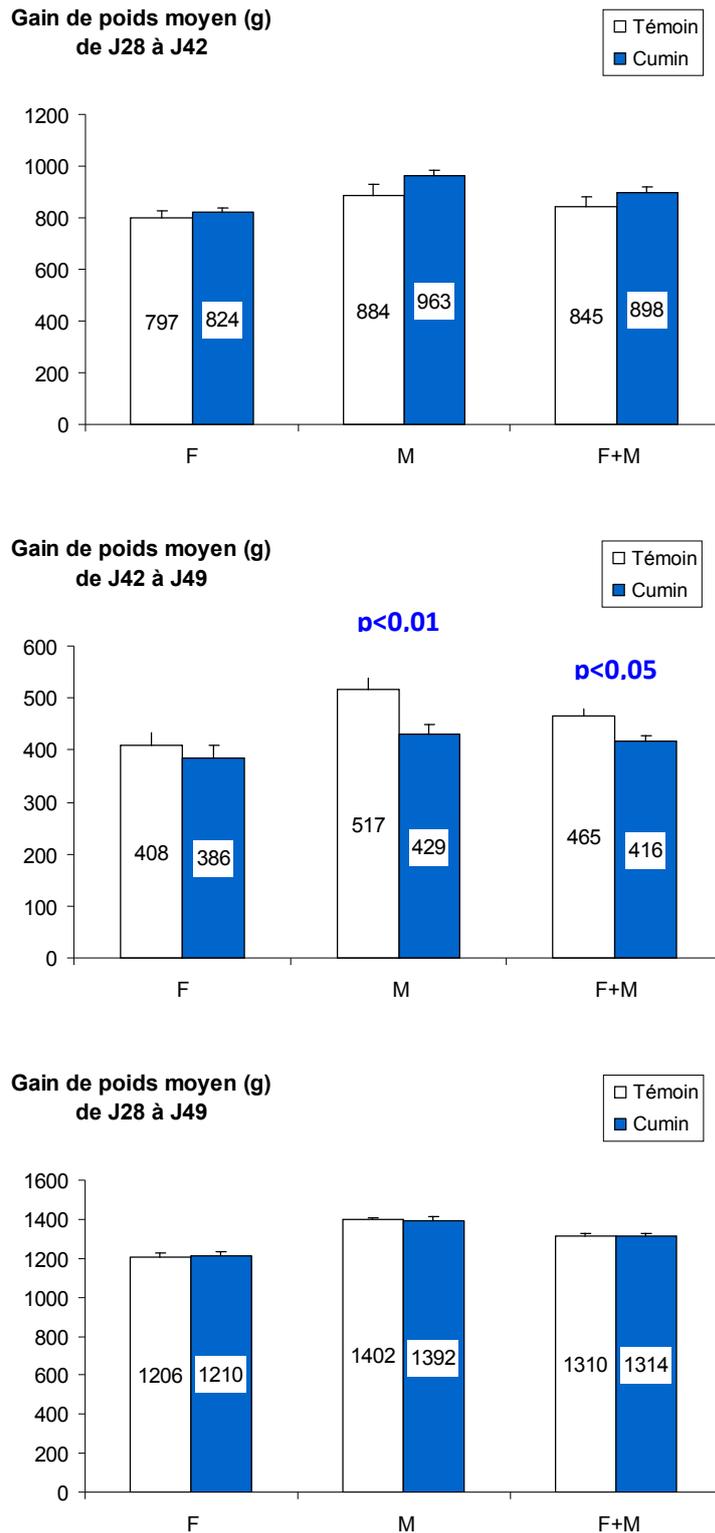


Figure 10. Gain de poids moyen par phase d'élevage (J28-J42 et J42-J49) et gains de poids cumulés mesurés chez les poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4, F : femelles, M : mâles).

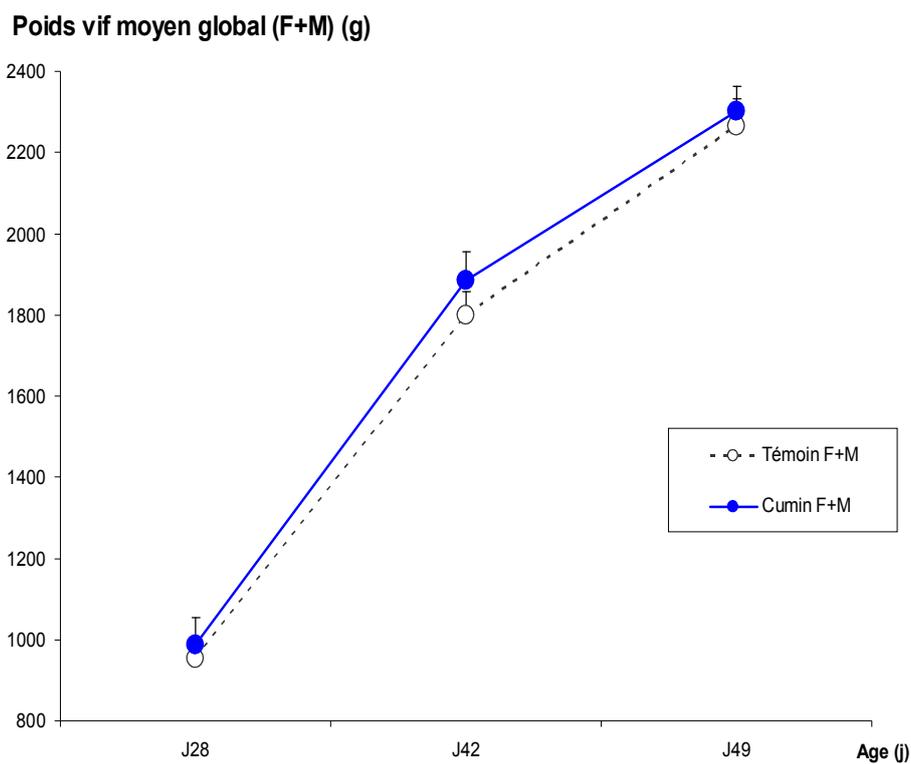
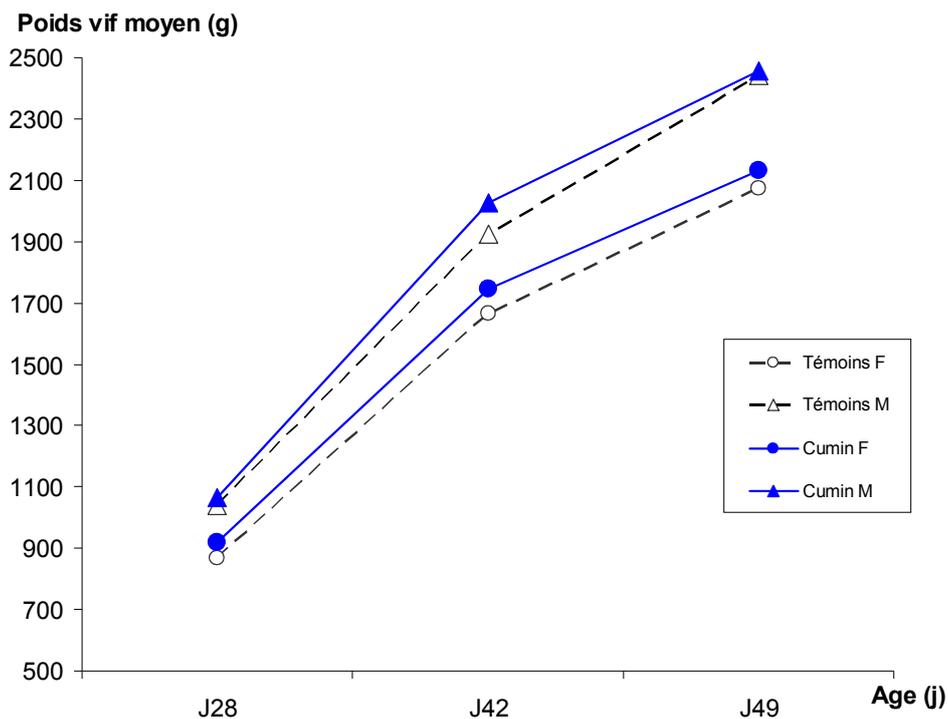


Figure 11. Evolution des poids vifs moyens entre J28 et J49 chez les poulets témoins et ceux supplémentés en cumin et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4, F : femelles, M : mâles).

II. Effet sur la consommation alimentaire

Les consommations alimentaires moyennes des poulets témoins et supplémentés en cumin (sexes mélangés) enregistrées durant l'essai sont représentées dans le tableau 7 et la figure 12.

Tableau 7. Ingéré des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).

Traitements expérimentaux	Témoins	Cumin	ANOVA (p=)
Ingéré alimentaire Mâles + Femelles (g)			
De J28 à J42	1012 \pm 53	810 \pm 48	<0,05
De J42 à J49	1082 \pm 68	1146 \pm 26	0,415
De J 28 à J49	2205 \pm 96	1949 \pm 69	0,074

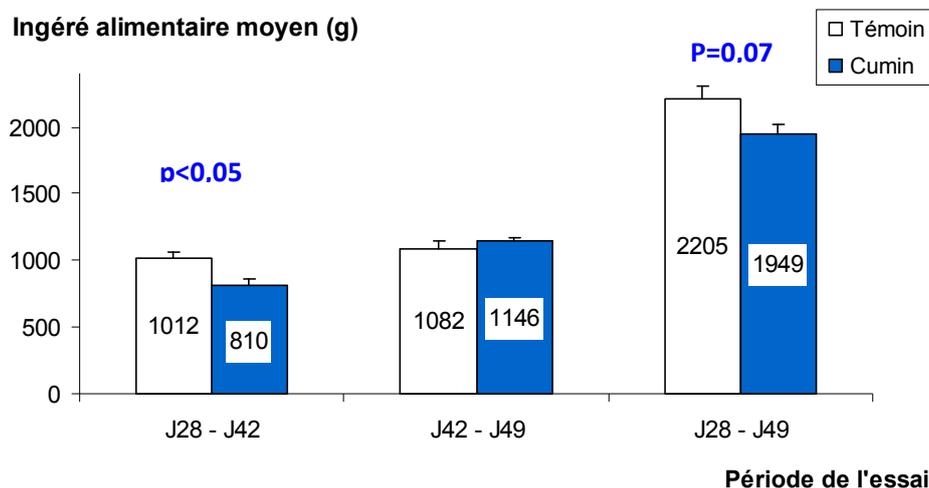


Figure 12. Consommation alimentaire moyenne par phase d'élevage (J28-J42 et J42-J49) et cumulée, mesurées chez les poulets (mâles + femelles) témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).

Durant la période allant de J28 à J42, les poulets nourris avec l'aliment supplémenté en cumin présentent des ingérés alimentaires significativement plus faibles que ceux des sujets recevant l'aliment témoin : -20% ($p < 0,05$).

Par contre, **durant la période de finition (J42-J49)**, la consommation alimentaire est semblable entre les poulets témoins et ceux supplémentés en cumin: écart non significatif de 6% ($p = 0,42$).

Enfin, **la consommation alimentaire globale** tend à être réduite par la supplémentation en cumin: -12% ($p = 0,07$).

III. Effet sur l'indice de conversion alimentaire

Les indices de conversion alimentaires (IC) moyens des poulets témoins et supplémentés en cumin (sexes mélangés) déterminés durant l'essai figurent dans le tableau 8 et la figure 13.

Tableau 8. Indice de conversion (IC) des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; $n = 4$).

Traitements expérimentaux	Témoin	Cumin	ANOVA (p=)
IC alimentaire Mâles + Femelles (g/g)			
De J28 à J42	1,20 \pm 0,03	0,90 \pm 0,05	<0,01
De J42 à J49	2,32 \pm 0,10	2,76 \pm 0,11	<0,05
De J28 à J49	1,68 \pm 0,02	1,48 \pm 0,05	<0,01

Durant la première période de supplémentation en cumin (allant de J28 à J42), les IC des poulets supplémentés en cumin sont significativement plus faibles que ceux des poulets témoins: -25% ($p < 0,01$).

En revanche, **entre 42 et 49 jours d'âge**, nous notons une augmentation significative des IC, de l'ordre de 19% ($p < 0,05$) induite par la supplémentation alimentaire en cumin.

En considérant la **période globale de supplémentation en cumin**, cette dernière a significativement réduit l'indice de conversion alimentaire d'environ 12% ($p < 0,01$), traduisant une meilleure efficacité de transformation de l'aliment par rapport aux poulets témoins.

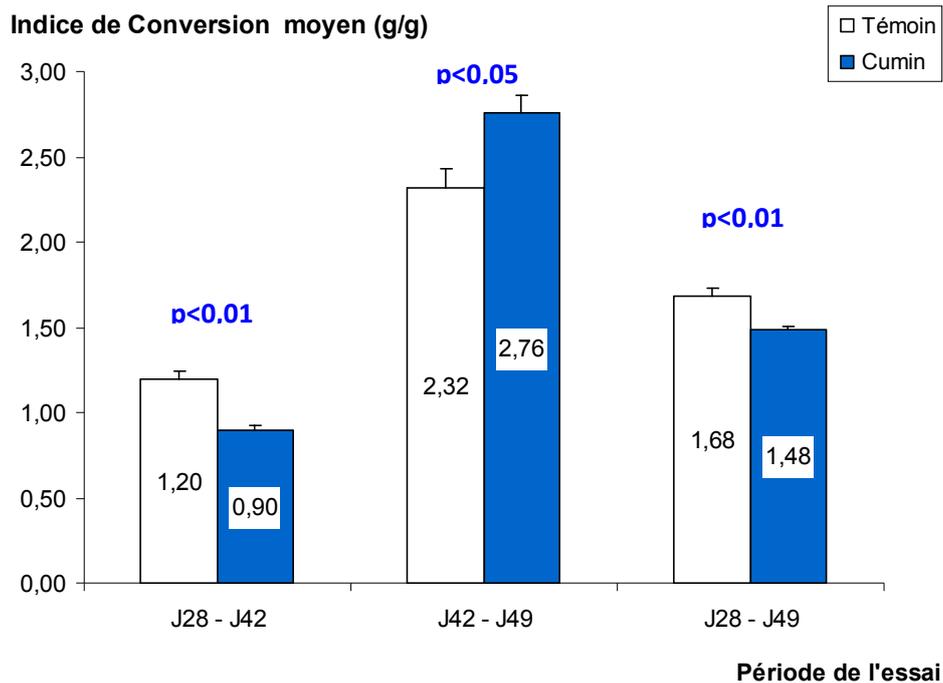


Figure 13. Indices de conversion alimentaires moyens par phase d'élevage (J28-J42 et J42-J49) et cumulé, mesurés chez les poulets (mâles + femelles) témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; $n = 4$).

IV. Effet sur la mortalité

Le tableau 9 et la figure 14 présentent les taux de mortalité moyens des poulets témoins et supplémentés en cumin (sexes mélangés) déterminés durant l'essai.

Tableau 9. Mortalité des poulets témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).

Traitements expérimentaux	Témoins	Cumin	ANOVA (p=)
Mortalité mâles + femelles (%)			
De J28 à J42	0,91 \pm 0,53	0,00 \pm 0,00	0,134
De J42 à J49	0,48 \pm 0,00	3,72 \pm 0,74	<0,05
De J28 à J49	0,94 \pm 0,54	3,72 \pm 0,74	<0,05

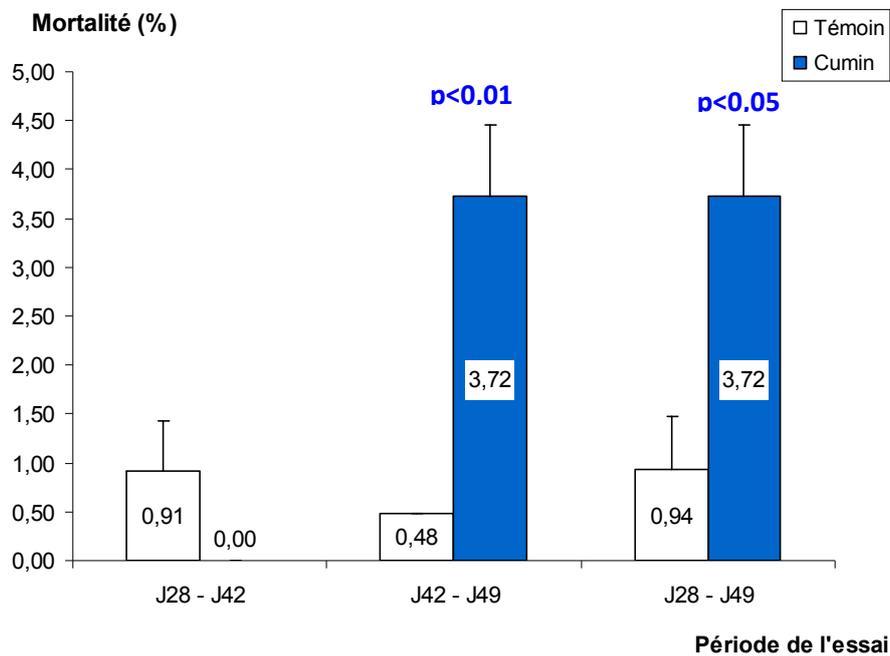


Figure 14. Taux de mortalité par phase d'élevage (J28-J42 et J42-J49) et cumulé, mesurés chez les poulets (mâles + femelles) témoins et ceux supplémentés en cumin (entre 28 et 49 jours d'âge) et élevés au chaud (Moyennes \pm SE ; n = 4).

Durant la période allant de J28 à J42, aucune mortalité n'a été enregistrée dans les lots de poulets supplémentés avec le cumin, contrairement aux lots témoins chez lesquels une mortalité de 1% est relevée.

Au cours de la période de finition, nous notons au contraire des mortalités chez les lots supplémentés ($4\pm 1\%$), alors que chez les lots témoins, la survie est de 100%.

In fine, **la mortalité globale** enregistrée à la fin de l'essai est plus élevée chez les lots de poulets recevant l'aliment supplémenté en cumin en comparaison à celle des lots témoins.

*Discussion
et Conclusion*

Dans cette étude, nous avons évalué l'intérêt d'une supplémentation alimentaire en cumin (*Cuminum cyminum*) chez le poulet de chair élevé dans nos conditions estivales locales. Plus précisément, nous avons mesuré l'impact d'un ajout de 0,2% de cumin à l'aliment standard, durant une période continue de 3 semaines (de 28 à 49 jours d'âge), sur la mortalité, la croissance, l'ingéré et l'indice de conversion alimentaires du poulet soumis aux fluctuations naturelles de la température ambiante estivale.

Durant toute la période de la supplémentation, la température ambiante (T_a) diurne et celle de l'air de vie des poulets était en moyenne de $29,5 \pm 0,94^\circ\text{C}$ (données non présentées). Cette température est supérieure à celle préconisée pour l'élevage du poulet entre 4 et 6 semaines d'âge (T_a de thermoneutralité : $20-22^\circ\text{C}$) (Geraert et al., 1991). Par conséquent, l'ensemble des sujets était en condition de stress thermique chronique.

Dans nos conditions d'essai, la supplémentation en cumin a débuté à l'âge de 4 semaines et a duré jusqu'à la fin du cycle d'élevage (J49). Dans l'étude d'Ali et al. (2010), une durée de supplémentation en cumin supérieure (9 semaines entre 3 et 12 semaines d'âge) a été testée chez des poulets de souche locale Egyptienne à croissance lente soumis au stress thermique (38°C durant 4 h/j sur 3 jours successifs / semaine). Al-Kassie (2010) et Al-Kassie et al. (2011), ont supplémenté des poulets de souche commerciale durant un cycle complet d'élevage (de 0 à 49 jours d'âge), et ce en condition de T_a thermoneutre. Le choix de la période d'apport de cumin dans notre étude a été motivé par le fait que la sensibilité du poulet à la chaleur débute à partir de l'âge de 28 jours (Padilha et al., 1995).

La dose de cumin utilisée dans notre expérimentation (0,2%) s'aligne à celles précédemment testées en thermoneutralité (Al-Kassie, 2010) ou en condition de stress thermique chez des souches locales Egyptiennes (Ali et al., 2010).

Dans nos conditions expérimentales, la supplémentation alimentaire en cumin n'a pas eu l'effet positif escompté en termes d'amélioration de la croissance de poulets élevés au chaud comme il a été signalé en conditions d'élevage thermoneutre (Al-Kassie, 2010). En effet, les poids vifs enregistrés durant toute la période d'élevage aussi bien chez les mâles que chez les femelles étaient quasi-comparables (variations moyennes non significatives de l'ordre de 4%), voire altérés durant la période de finition (-11% ; $p < 0,05$) surtout chez les

mâles (-17%, $p < 0,01$) par rapport aux femelles (-5%, $p = 0,55$). Cet effet sexe dépendant n'a pas été préalablement décrit à notre connaissance.

Les résultats positifs de la supplémentation en cumin rapportés par Ali et al. (2010) sur la croissance des souches locales Egyptiennes (+15%) pourraient s'expliquer par la rusticité et donc la moindre sensibilité de ces races de volaille à la chaleur, ou alors à leur potentiel de croissance différent des souches sélectionnées utilisées dans notre essai.

D'après nos résultats, l'addition de 0,2% de cumin dans l'aliment du poulet a légèrement réduit la consommation (-12%, $p = 0,07$). Aucune variation significative de l'ingéré des poulets de souche locale élevés au chaud n'a été rapporté par Ali et al. (2010) suite à la supplémentation en cumin (même dose). De même, en condition de thermoneutralité, l'apport de cumin à des doses croissantes de 0,5 à 1,5% chez des poulets de chair commerciaux n'a pas modifié significativement la consommation alimentaire (Al-Kassie, 2010).

Finalement, dans nos conditions expérimentales, l'ajout de 0,2% de cumin à l'aliment a amélioré significativement l'indice de conversion cumulé car il a permis de réduire la consommation alimentaire sans affecter la croissance traduisant ainsi une meilleure efficacité de transformation de l'aliment induite probablement par les propriétés bénéfiques du cumin (Athamena, 2009). Cet effet positif mérite d'être approfondi par des études ultérieures.

Concernant la mortalité enregistrée dans notre essai, il est à noter que durant la période de finition, un nombre supérieur de morts a été relevé dans le lot recevant l'aliment supplémenté en cumin par rapport aux témoins. A notre connaissance, de tels résultats n'ont pas été précédemment rapportés dans la littérature. Par contre, en conditions standards d'élevage, l'effet positif de la supplémentation alimentaire en cumin sur la survie du poulet a été déjà signalé (Al-Kassie, 2010).

En conclusion de cette expérimentation,

Notre travail a contribué à évaluer, dans nos conditions estivales d'élevage, l'impact de la supplémentation alimentaire en cumin sur les performances zootechniques du poulet de chair.

Nos résultats montrent que l'apport de 0,2% de cumin (*Cuminum cyminum*) dans l'aliment n'a pas eu l'effet positif attendu sur la survie des poulets élevés au chaud. De plus, ce traitement n'a pas modifié la croissance des poulets mais a réduit l'ingéré améliorant ainsi significativement l'efficacité de transformation alimentaire. Ceci mérite d'être approfondi par des études ultérieures utilisant de plus grands effectifs ainsi que des doses et des durées de supplémentation en cumin supérieures. De plus, compte tenu de la réponse différente entre les mâles et les femelles face à la supplémentation alimentaire en cumin, observée dans notre essai, il nous semble intéressant de confirmer et d'explorer d'avantage l'effet sexe-dépendant de ce traitement sur la physiologie du poulet.

*Références
bibliographiques*

A

- Ain Baziz H., 1996** : Effet d'une température ambiante élevée sur le métabolisme lipidique chez le poulet en croissance. Thèse de Doctorat, Université de tours, 147 pages.
- Ain Baziz H., Geraert PA., Padilha JCF., & Guillaumin S., 1996**: Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poultry Science*, 75, 505-513.
- Ali M.N, Qota E.M.A and Hassan R.A, 2010**: Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks using natural antioxidants without or with Sulphate. *Int. J. Poultry Science*, 2, 109-117.
- Al-Kassie, G.A.M, 2010**: Effect of feeding Cumin (*Cuminum cyminum*) on the performance and some blood traits of broiler chicks. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1, 72-75.
- Al-Kassie G.A.M., Akhil M.M and Raghad A.A, 2011**: Modification of productive performance and physiological aspects of broilers on the addition of a mixture of cumin and turmeric to the diet. *Research Opinions In Animal & Vétérinary Sciences*, 1, 31-34.
- Amand G., Aubert C., Bourdette C., Bouvarel I., Chevalier D., Dusanter A., Franck Y, Guillou M, Hassouna M, Le Biavan R., Mahe F., Prigent JP., Robin P., 2004**. La prévention du coup de chaleur en aviculture. *Sciences et Techniques Avicoles - Hors série - Mai 2004*.
- Athamena S., 2009**: Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *Cuminum cyminum* et les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et l'évaluation de l'activité biologique. Thèse de magister, Université El-Hadj Lakhdar-Batna, Faculté des sciences, Département de biologie, 126 pages.
- Austic, 1985**: Feeding Poultry in hot and cold climates. In yousef M.K., Ed, *Stress physiology in lives*. Vol III Poultry 124-136, CRC Press, Boca Roton (USA).

B

- Behera S., Nagarajan S., Rao L.J.M., 2004**: Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds (*Cuminum cyminum* L.) and effect on chemical composition of volatiles. *Food Chem.* 87, 25-29.
- Belay T & Teeter RG., 1996**: Effects of ambient temperature on broiler mineral balance partitioned into urinary and fecal loss. *British Poultry Science*, 37, 423-33.

Birjees Bukhari.S, S Iqbal and M.I. Bhanger, 2009: Antioxidant potential of commercially available cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Pakistan. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 60, 240-247.

Bottje W.G., Harrison, P.C., Grishaw, D 1983 Poultry Science ., 62, 1386-1387, *Le Ménéca M.*, 1987 *Bulletin d'Information .S.E.A Ploufragan.*,27,19-23.

Bottje et al. 1985; Prevention measures against heat strokes *Poultry Sciences*,64, 107-113.

D

Deyhim et Teeter, 1991 *Poultry Science*, Fasting to improve broiler performance under heat stress, 66, 774-780.

Dhandapani S., Subramanian V.R., Rajagopal S., Namasivayam N.,2002: Hypolipidemic effect of *cuminum cyminum* L. on alloxan-induced diabetic rats. *Pharmacological research*. 46, 251-255.

Durand et Meyer 2008: Mécanisme de régulation physiologique Edition 2008, 378-380.

E

El-Sawi S.A., Mohamed M.A., 2002: Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. *Food Chem*. 77, 75-80.

G

Geraert P., 1991 : Métabolisme énergétique du poulet de chair en climat chaud. *INRA Prod Anim* 4, 257-267.

Geraert PA., Guillaumin S, Leclercq B., 1993. Are genetically lean broilers more resistant to hot climate, *British Poultry Science*, 34, 643-653.

Geraert PA., Padilha JC. & Guillaumin S., 1996. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. *British Journal of Nutrition*, 75, 205-216.

H

Howlider M.A.R., Rose S.P., 1987 *World's Poultry Science* Managing stress in broiler breeders ,43, 228-23.

I

Ibrahim I.A, El Badwi S.M.A, Bakhiet A.O, Abdel Gadir W.S and Adam S.E.I., 2007: A 9-week Feeding Study of Cuminum cyminum and Hibiscus sabdariffa in Bovans Chicks. *Journal of Pharmacology and Toxicology*, 2, 666-671

J

Jones N. L., Shabib S. and Sherman P. M., 1997: Capsaicin as an inhibitor of the growth of the gastric pathogen *Helicobacter pylori*. *FEMS Microbiology Letters*, 146, 223-227.

Jukes M .G.M., 1971.In: *Physiologayn Biochemistry of the Domestic Fowl Vol.I*. D.J. Bell and B.M. Freemane dit.,Academic PressN .Y.N.Y.

K

Kettlewell P.J., 1989 *World's poultry science* Managing stress in broiler breeders, 46, 219-227.

L

Linsley et Berger, 1964 *Poultry Science Bilan Des Actions De Prévention du coup de chaleur*,43, 291-305.

N

Nalini N., Sabitha K., Viswanathan P., Menon V.P, 1998: Influence of spices on the bacterial (enzyme) activity in experimental colon cancer. *J Ethnopharmacol.* 62, 15-24.

O

O'Riordan M.J., Wilkinson M.G.,2008: A survey of the incidence and level of aflatoxin contamination in a range of imported spice preparations on the Irish retail market. *Food Chem*,107, 1429-1435.

P

Padilha JFC., 1995. Influence de la chaleur sur le métabolisme énergétique et sa régulation chez les poulets en croissance. Thèse de Doctorat de l'Université de Tours, 205 pages.

S

-
- Sagdic O., Ozcan M., 2003:** Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food Control*, 14, 141-143.
- Saiedirad M.H., Tabatabaeefar A., Borghei A., Mirsalehi M., Badii F., Ghasemi Varnamkhasti M., 2008:** Effects of moisture content, seed size, loading rate and seed orientation on force and energy required for fracturing cumin seed (*Cuminum cyminum* Linn.) under quasi-static loading. *J Food Engineering*, 86, 565-572.
- Surveswaran S., Cai Y.Z., Corke H., Sun M., 2007:** Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food Chem*, 102, 938-953.

T

-
- Temim S., Changneau AM., Guillaumin S., Michel J., Peresson R., Geraert PA. & Tesseraud S., 1999.** Effect of chronic heat exposure and protein intake on growth performance, nitrogen retention and muscle development in broiler chicken. *Reproduction Nutrition Development*, 39, 145-156.
- Temim S., 2000 :** Effet de l'exposition chronique à la chaleur et de l'ingéré protéique sur le métabolisme protéique sur le métabolisme du poulet de chair en finition. Thèse de doctorat de l'université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille, 109 pages.
- Tunc I., Berger B.M., Erler F., Dagli F., 2000:** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *J Stored Products Research*, 36, 161-168.

V

-
- Van Kampen M., 1981.** *Brit. Poultry Science and agriculture science*, 22, 17-23.

W

-
- Willatgamuwa S.A., Platel K., Saraswathi G., Srinivasan K., 1998:** Antidiabetic influence of dietary cumin seeds in streptozotocin induced diabetic rats. *Nutrition Research*, 18, 131-142.

Y

- Yahav S., Straschnow A., Luger D., Shinder D., Tanny J. & Cohen S, 2004.** Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poultry Science*, 83, 253-258.