

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences vétérinaires

# Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master

en

Médecine vétérinaire

**THEME**

***Impact de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur la morphométrie intestinale du poulet de chair soumis à un stress thermique chronique***

Présenté par : BENDENIA mohamed el Amir

Soutenu le 12 septembre 2022

**Devant le jury :**

Présidente : Mme. TEMIM S. Professeur (ENSV – ALGER)

Examineur : M. GOUCEM R. Maître Assistant (ENSV – ALGER)

Promotrice : Mme. BERRAMA Z. Maître de conférences A (ENSV – ALGER)

Je soussigné BENDENIA Mohamed El Amir, déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature

# REMERCIEMENTS

Louange à Allah, le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

J'adresse mes plus vifs remerciements et sincères gratitudee en premier lieu à ma promotrice **Mme BERRAMA Z** Maitre de Conférences A à l'E.N.S.Vde m'avoir proposé ce thème, ainsi que pour son encadrement, sa disponibilité, sa patience et ses encouragements.

Mes remerciements vont également à **Mme TEMIM S**, professeur à L'E.N.S.V qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Je tiens aussi à remercier **Mr GOUCEM R**, Maitre Assistant à L'E.N.S.V d'avoir bien voulu examiner ce travail.

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont donné la joie de vivre et ont été ma source d'énergie pendant toute ma vie, J'espère seulement leur donner satisfaction et faire leur fierté, Que dieu me les préserve (inchallah).

À mes adorables frères MALIK, MOUAD ET MAHDI et à ma chère petite sœur MERIEM.

À toute ma grande famille.

À Mes amis de l'E.N.S.V : Touhami, Riyadh, Charaf, Foued, Ahmed, Housseem et **toute la promotion vétérinaire 2017-2022, en particulier le groupe 1 de la 5eme année (Nadjet, Fethi, Assia, Abdelwaheb, Lyna, Rania, Zaki, Rayane, Yasmine et Nessrine).**

À ma chère promotrice **Mme BERRAMA Z.** que je remercie énormément de m'avoir aidée.

À tous ceux qui me sont chères.

# Listes des figures

<b>Figure 1. Schéma récapitulatif du protocole expérimental. ....</b>	<b>15</b>
<b>Figure 2. Exemple de la mensuration des villosités intestinale .....</b>	<b>20</b>

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1 Effet de l'addition de la vitamine C sur les performances de croissance du poulet exposé à des températures élevées .....</b>	<b>4</b>
<b>Tableau 2 Effet de la supplémentation en vitamine C sur la température rectale des poulets de chair élevés pendant la saison chaude .....</b>	<b>6</b>
<b>Tableau 3 Effet de l'addition de la vitamine C sur le nombre des hétérophiles, des lymphocytes et le rapport H/L du poulet exposé à des températures élevées .....</b>	<b>8</b>
<b>Tableau 4 Effets du stress thermique et de la supplémentation en acide ascorbique sur la rétention des nutriments des poulets de chair .....</b>	<b>9</b>
<b>Tableau 5 Effets du stress thermique et de la supplémentation en acide ascorbique sur le poids (g), la longueur (cm) du duodénum, du jéjunum et de l'iléon des poulets de chair .....</b>	<b>10</b>
<b>Tableau 6 Effets du stress thermique et de la supplémentation en acide ascorbique sur la hauteur, la largeur et la taille de la crypte à la profondeur des villosités du duodénum, du jéjunum et de l'iléon des poulets de chair .....</b>	<b>11</b>
<b>Tableau 7 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur le poids et la hauteur de l'intestin des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique .....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 8 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur la hauteur et la largeur des villosités du duodénum des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique .....</b>	<b>24</b>
<b>Tableau 9 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur la hauteur et la largeur des villosités du jéjunum des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique .....</b>	<b>25</b>
<b>Tableau 10 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur la hauteur et la largeur des villosités du jéjunum des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique .....</b>	<b>26</b>

# Table des matières

## Introduction

### *PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE*

Chapitre 1. Généralité sur la Vitamine C.....	1
I. Définition de la vitamine C.....	1
II. Rôles métaboliques de la Vitamine C.....	1
Chapitre 2. Effet de Vitamine C sur la croissance et la physiologie du poulet de chair ....	3
I. Effet de la vitamine C sur la croissance du poulet de chair .....	3
I.1. Le gain de poids et la consommation alimentaire.....	3
I.2. Facteurs influençant les effets de la vitamine C sur les Performances de croissance.....	5
II. Effet de la vitamine C sur la mortalité.....	5
III. Effet de la Vitamine C sur les paramètres physiologiques.....	6
III.1. Effet de la Vitamine C sur la température rectale et la fréquence respiratoire .....	6
III.2. Effet de la Vitamine C sur les réponses hématologique et Immunitaire :.....	7
Chapitre 3. Effets de la Vitamine C sur le tractus digestif et la morphométrie intestinale .....	9
I. Effet de la Vitamine C sur la digestibilité de la ration alimentaire :.....	9
II. Effet de la Vitamine C sur le poids et la longueur de l'intestin.....	10
III. Effet de la Vitamine C sur la morphométrie digestive.....	10

### *PARTIE EXPERIMENTALE*

Matériels et Méthodes.....	13
I. L'objectif de l'étude.....	14
II. Rappel du protocole expérimental .....	14
III. Lieu et durée de l'étude.....	15
IV. Matériels du laboratoire .....	15

<b>V. Mesures Réalisées</b> .....	17
<b>VI. Analyse statistique</b> .....	21
<b>Résultats</b> .....	22
<b>I. Effet de la supplémentation en vitamine C sur la morphométrie intestinale</b> .....	23
<b>I.1. Poids et longueur de l'intestin</b> .....	23
<b>II. Effet de la supplémentation en vitamine C sur l'histométrie de l'intestin</b> .....	23
<b>Discussion</b> .....	27
<b>Conclusion, recommandation et perspective</b> .....	30

# **Introduction**

Pendant la saison estivale, le stress thermique chronique constitue un réel problème pour la production avicole. Il est à l'origine d'une perte économique considérable en diminuant la productivité (St-Pierre *et al.*, 2003). Park et ses collaborateurs (2013) ont rapporté que l'exposition à la chaleur diminue le taux de croissance des poulets de chair suite à une réduction de l'ingéré alimentaire, et génère aussi de nombreux changements physiologiques, hormonaux et moléculaires. En outre, il a été établi que le stress thermique chronique affecte le développement de plusieurs organes internes tels que les organes digestifs (proventricule, gésier et intestin) ce qui pourrait compromettre l'efficacité de la digestibilité et la capacité d'absorption (Marchini *et al.*, 2011). En effet, en conditions de stress thermique, des changements morphologiques et physiologiques du tractus digestif affectent négativement le fonctionnement et l'intégrité de l'épithélium intestinal (Kang & Shim, 2020) et par conséquent la santé et la production des poulets. Ces dernières décennies, le nombre de travaux de recherche ayant pour but de pallier les contraintes des fortes chaleurs sur la production avicole a considérablement augmenté (Renaudeau *et al.*, 2012). Plusieurs approches nutritionnelles utilisant des additifs alimentaires ont été suggérées. A cet égard, de nombreuses études ont montré que la supplémentation en nutriments antioxydants, sous leur forme synthétique (vitamines, minéraux) peut être utilisée pour améliorer la productivité (Ayaşan, 2011), augmenter la disponibilité des nutriments et prévenir les effets néfastes du stress thermique (Sahin *et al.*, 2003, Çiftçi *et al.*, 2013).

Parmi les additifs alimentaires, la vitamine C est fréquemment employée en périodes estivales. Son rôle thermogénique, anti-stress ainsi que la baisse de sa production endogène chez le poulet exposé au chaud a longtemps été rapportés (El-Gonzalez *et al.*, 1995 ; Bollengier, 1998 ; Jahejo *et al.*, 2016). Néanmoins, les données bibliographiques disponibles quant à son efficacité pour améliorer le développement morphologique de l'intestin et la structure histologique de la muqueuse de l'intestin grêle sont variables (Kang et Shim, 2020).

Aussi, les supplémentations alimentaires en acide ascorbique se sont avérées utiles pour compenser sa biosynthèse inadéquate chez les poulets de chair soumis à un stress thermique (Njoku, 1986).

Pour cela, notre étude a eu pour objectif de déterminer l'effet de l'addition de la vitamine C dans l'aliment du poulet soumis aux contraintes des fortes chaleurs de la saison estivale sur la morphométrie de l'intestin.

***PARTIE***  
***BIBLIOGRAPHIQUE***

# Chapitre 1. Généralité sur la Vitamine C.

## I. Définition de la vitamine C

La vitamine C est un composé organique, cristallin antioxydant hydrosoluble de couleur blanche. Chimiquement parlant c'est l'Acide L-Ascorbique (Fletcher et Cason, 1991).

Chez l'espèce aviaire, les reins synthétisent l'acide ascorbique. Toutefois, cette vitamine n'est pas stockée dans l'organisme animal, d'où la nécessité d'un apport quotidien suffisant (Bender, 2003). Elle est éliminée dans les urines sous forme inchangée et sous forme de métabolites, principalement sous forme d'acide oxalique. Sa demi-vie est d'environ 10 à 20 jours (Bender, 2003).

Certains sucres tels que le glucose, le mannose et le fructose sont considérés comme des précurseurs de l'acide ascorbique (Freeman, 1986).

## II. Rôles métaboliques de la Vitamine C

La vitamine C ne fait partie d'aucune voie métabolique. Cependant c'est un cofacteur essentiel dans de nombreuses réactions enzymatiques, telles que la synthèse du collagène, de la carnitine et des catécholamines, le métabolisme des microsomes ainsi, qu'à la synthèse et le catabolisme de la tyrosine (Lohakare *et al.*, 2005 ; Abidin *et al.*, 2013).

### II-1 Dans la formation du collagène

La vitamine C active les enzymes impliquées dans la conversion de la proline et de la lysine liées aux peptides, en hydroxyproline et hydroxylysine. Ces conversions sont essentielles à la formation du collagène (Lohakare *et al.*, 2004 ; Lohakare *et al.*, 2005 ; dar *et al.*, 2019).

## **II-2 Dans la voie de la carnitine**

La vitamine C intervient au cours du processus de la conversion de la triméthyllysine en 3-hydroxy-triméthyllysine et de la 4-butYRObetaine en carnitine (Cánovas *et al.*, 2007). Cette dernière joue un rôle majeur dans la mitochondrie (production d'ATP) et fonctionne comme un osmolyte dans le cytoplasme pour lutter contre les stress liés à l'environnement chez les organismes vivants (Cánovas *et al.*, 2007).

## **II-3 Sur la Tyrosine et les catécholamines**

La vitamine C est un cofacteur de la dopamine bêta hydroxylase, qui participe à la conversion de la dopamine en noradrénaline (norépinéphrine) dans les tissus neuraux (Harrison et May, 2009). Les niveaux de norépinéphrine augmentent généralement pendant le stress en augmentant la fréquence cardiaque, la pression artérielle, la glycémie, ainsi que le flux sanguin vers les muscles squelettiques, et en réduisant le flux sanguin vers le tractus gastro-intestinal (Harrison et May, 2009).

La vitamine C semble être essentielle dans la bioconversion de la tyrosine en catécholamines comme la dopamine, la noradrénaline et l'adrénaline (Rush et Geffen, 1980 ; Furusawa *et al.*, 2008 ; Combs et McClung, 2016). En effet, la tyrosine est un précurseur des neurotransmetteurs dont les niveaux plasmatiques augmentent dans les conditions de stress.

Diverses études ont indiqué qu'une supplémentation en tyrosine et en vitamine C, pendant le stress, pouvait réduire les hormones du stress et la perte de poids chez les animaux (Hao *et al.*, 2001 ; Peeters *et al.*, 2005). En plus de sa participation à la biosynthèse des hormones, la vitamine C améliore également leur stabilité et leur activité (Watson *et al.*, 2010 ; Sorice *et al.*, 2014).

## **Chapitre 2. Effet de Vitamine C sur la croissance et la physiologie du poulet de chair**

L'effet positif de l'addition de vitamine C sur les performances de production du poulet soumis à un stress thermique, a longtemps été rapporté (Puron *et al.*, 1994 ; Puron *et al.*, 1997 ; Çinar *et al.*, 2006, Jahejo *et al.*, 2016 ; SaizdelBarrio *et al.*, 2020).

### **I. Effet de la vitamine C sur la croissance du poulet de chair**

#### **I.1. Le gain de poids et la consommation alimentaire**

L'addition de vitamine C augmente le gain de poids, la consommation et l'efficacité alimentaire des poulets de chair exposés à des facteurs de stress (Sykes, 1978 ; Hornig *et al.*, 1984 ; McDowell, 1989 ; Blâha et Kroesna, 1997 ; Sahin *et al.*, 2001 ; Shamim *et al.*, 2015). Elle peut améliorer la consommation alimentaire ainsi que l'indice de consommation lorsque les températures d'élevage sont excessives (Daghir, 2008).

Certains auteurs rapportent que la vitamine C améliore l'efficacité de transformation alimentaire (Mckee *et al.*, 1997 ; Puthonsiriporn *et al.*, 2001). Ces derniers expliquent que l'indice de conversion alimentaire est amélioré par la Vit C par l'amélioration du gain de poids mais sans qu'il y soit un changement de la quantité alimentaire consommée.

En conditions tropicales, Kassim et Norziha, (1995) ont noté une amélioration du GMQ chez des oiseaux supplémentés par 600 mg d'acide ascorbique par kg d'aliment, par rapport aux sujets non supplémentés, et une amélioration de l'indice de consommation qui passe de 2,3 pour le lot témoin à 1,8 pour les lots supplémentés.

L'étude de la littérature indique que la réponse optimale en termes d'indice de consommation et d'efficacité alimentaire chez les poulets de chair soumis à un stress thermique semble se produire avec des concentrations moyennes de 250 mg/kg d'aliment de vitamine C (Sahin *et al.*, 2002 ; Mahmoud *et al.*, 2004 ; Asli *et al.*, 2007 ; Ali *et al.*, 2010 ; Seven *et al.*, 2010 ; Abidin *et al.*, 2013).

**Tableau 1 Effet de l'addition de la vitamine C sur les performances de croissance du poulet exposé à des températures élevées (Ouaguéni, 2013).**

Température ambiante (°C)	Espèce	Âge	Traitement AA	GP*	IA*	IC*	Auteurs et année
34,6-35,5	PC(SM)	0-8 sem	Aliment 200 ppm 400 ppm 600 ppm	+18 +10 +7	PE PE PE	-15 -8 -7	Njoku (1986)
33-37,5	PC(SM)	0-8 sem	Aliment 100 ppm 200 ppm 300 ppm	+5 +24 +16	-3,5 PE +2	-8 -19 -12	Njoku (1986)
34	PC(M)	J9-J17	Aliment 150 ppm	PE	PE	PE	Mckee et al (1997)
35 constante	PP	34-37	Eau de boisson 1000 ppm	ND	PE	ND	Puthpong Siriporn et al (2001)
28-37	PC(SM)	0-77	Eau de boisson 20mg/sujet/jour 40mg/sujet/jour	+9 +18	+5 +9	-8 -9	Vathana et al (2002)
Non identifiée	PC(SM)	0-6 sem	Aliment 10 ppm 50 ppm 100 ppm 200 ppm	+2 +6 +9 +10	+2 +4 +12 +13	PE PE +3 +4	Lohakare et al (2005)
27,6-35,6	PC(SM)	1-7 sem	Aliment 3 mg/Kg (0,03%)	-6	+10	+17	Fathy (2006)
25-32	PC(SM)	3-6 sem	Aliment 100 ppm 200 ppm 300 ppm 1000 ppm	+17 +47 +78 +150	-8 -5 -12 -14	-20 -31 -47 -63	Mbajiorgu et al (2007)
30-33(12h) 21-23(12h)	PC(F)	5-6 sem	Aliment + mélange ASA/AA/Na HCO <sub>3</sub> /KCl	+43	+11	-22	Roussan et al (2008)

\*Les variations des paramètres sont exprimées en % par rapport aux témoins. AA : acide ascorbique ; GP : gain de poids ; IA : ingéré alimentaire ; IC : Indice de consommation ; PP : poule pondeuse ; PC : poulet de chair ; SM : sexes mélangés ; M : mâles ; F : femelles ; PE : pas d'effet ; ND : Non déterminé

## **I.2. Facteurs influençant les effets de la vitamine C sur les Performances de croissance**

L'amélioration des performances de croissance induite par l'addition de la vitamine C varie en fonction du type de stress thermique. En effet, l'acide ascorbique semble avoir un meilleur effet chez les poulets exposés à des températures cycliques (Njoku, 1986 ; Vathana *et al.*, 2002 ; Fathy, 2006) par rapport à ceux élevés dans un milieu à température élevée constante (Mckee *et al.*, 1997 ; Puthongsiriporn *et al.*, 2001).

D'autre part, l'effet positif de la vitamine C sur les performances du poulet à la chaleur dépend de la température d'exposition. En effet, cet impact est encore plus important lorsque la température ambiante dépasse 34°C (Njoku, 1986 ; Vathana *et al.*, 2002).

Aussi, la dose de vitamine ajoutée est également un facteur important. Les concentrations de 200 et 400 ppm semblent produire les meilleurs effets (Njoku, 1986 ; Lohakare *et al.*, 2005 ; Mbajjorgu *et al.*, 2007).

L'ajout de la Vit C dans l'aliment donne de meilleure performance par rapport à la supplémentation hydrique (Maurice *et al.*, 2004 ; Abidin et katoon, 2013).

## **II. Effet de la vitamine C sur la mortalité**

L'addition de vitamine C dans l'eau de boisson ou dans l'aliment réduit significativement le taux de mortalité des poulets soumis au stress thermique (Mckee et Harrison, 1995 ; Shewita *et al.*, 2019). Aussi, les effets bénéfiques de la supplémentation alimentaire des volailles en vitamine C sur la mortalité des poulets élevés en conditions de stress thermique a largement été documenté (Maurice *et al.*, 2004 ; Abidin et katoon, 2013 ; Shewita *et al.*, 2019). Fathy, (2006) a enregistré un taux de mortalité de 8,9% contre 2,2% chez des poulets non supplémentés et supplémentés respectivement. Soit un taux d'amélioration de la survie de 37%.

La supplémentation en vitamine C permet de convertir les protéines et les graisses du corps en énergie pour la production et la survie, à travers une augmentation de la sécrétion de corticostérone (Marshall et Hughes, 1980 ; Pardue *et al.*, 1985a, 1985b ; Bains, 1996 ; Giang et Doan, 1998 ; Doan, 2000 ; Vathana *et al.*, 2002). Aussi, la vitamine C joue un rôle dans la synthèse des leucocytes, plus précisément les phagocytes et les neutrophiles, qui jouent un

rôle important dans le système de défense des poulets lors de stress thermique permettant ainsi, de réduire la mortalité (Vathana *et al.*, 2002).

### III. Effet de la Vitamine C sur les paramètres physiologiques

#### III.1. Effet de la Vitamine C sur la température rectale et la fréquence respiratoire

Dans les conditions de chaleur, l'ajout de vitamine C à l'eau de boisson à raison de 0,5 g/litre, réduit la température rectale des poulets par rapport aux non supplémentés (Abioja *et al.*, 2013).

Kutlu et Forbes (1993) et Sayed et Shoeib (1996) rapportent que l'acide ascorbique réduit la température cutanée et rectale des poulets de chair. Toutefois, Ashtiani (2004) a montré que l'inclusion de vitamine C dans l'alimentation des poulets de chair n'entraîne aucune différence de température cloacale par rapport aux poulets recevant un régime standard non supplémenté. L'addition de la vitamine C est associée à la réduction des réponses au stress par la diminution du taux plasmatique de corticostérone (Mahmoud *et al.*, 2004), qui est un bon indicateur de stress chez les oiseaux. La vitamine C agit au niveau du cortex surrénalien où elle réduit la synthèse et la libération de corticostérone. La quantité réduite de corticostérone en circulation aide à maintenir la température corporelle (Mahmoud *et al.*, 2004). Il a été observé que l'effet de la vitamine C était plus prononcé en phase de finition.

**Tableau 2 Effet de la supplémentation en vitamine C sur la température rectale des poulets de chair élevés pendant la saison chaude (Abioja *et al.*, 2013).**

Semaines	Témoin	Vit C
5	41,98	41,86
6	42,33	42,16
7	42,24 <sup>a</sup>	42,00 <sup>b</sup>
8	42,26 <sup>a</sup>	42,04 <sup>b</sup>
Moyenne	42,20 <sup>a</sup>	42,02 <sup>b</sup>

a,b : différents exposants diffèrent significativement (P<0,05) sur la même ligne.

La fréquence respiratoire des poulets de chair soumis aux conditions de stress thermique est modulable par la vitamine C (Kutlu et Forbes, 1993). L'ajout de vitamine C réduit la fréquence respiratoire et le halètement du poulet soumis au stress thermique (Abioja *et al.*, 2013).

### **III.2. Effet de la Vitamine C sur les réponses hématologique et Immunitaire :**

En conditions de thermoneutralité, la vitamine C contribue au maintien de la fonction immunitaire, elle active la cicatrisation des plaies et participe à la formation des globules rouges (Booster, 2020). Les globules blancs, gardiens de l'immunité, contiennent près de 60 fois plus de vitamine C que le plasma sanguin (Pauline, 2018). Différents travaux ont pu démontrer que des concentrations élevées en vitamine C induisent une meilleure mobilisation des globules blancs et des neutrophiles leur permettant ainsi de s'attaquer beaucoup plus facilement aux bactéries (Sabah Elkheir *et al.*, 2008). La vitamine C est également indispensable à la synthèse d'anticorps (Dieter et Breitenbach, 1971 ; Lohakare *et al.*, 2005 ; Ichiyama *et al.*, 2009 ; Gouda *et al.*, 2020 ; Shakeri *et al.*, 2020). Elle possède en outre un effet antiviral à fortes doses en favorisant la synthèse et l'activité de l'interféron qui empêche la pénétration du virus dans la cellule (Source Internet 1).

L'addition d'acide ascorbique à différentes concentrations dans l'aliment ou dans l'eau de boisson, diminue le rapport H/L des poulets soumis à un stress thermique (Mckeet Harrison, 1995 ; Lohakare *et al.*, 2000 ; Zulkifli *et al.*, 2000) . Cette diminution est liée à l'élévation du nombre des lymphocytes (Aengwanich *et al.*, 2005). La vitamine C induit une immunité humorale optimale chez les poulets soumis à un stress thermique chronique, et protège la bourse de Fabricius des effets des glucocorticoïdes sécrétés lors de l'exposition à de fortes chaleurs (Aengwanich *et al.*, 2005).

La vitamine C est présente à des concentrations élevées dans les cellules immunitaires, mais elle est épuisée rapidement dans des conditions de stress. Le mécanisme d'action de la vitamine C sur la fonction du système immunitaire, reste inconnu. Toutefois, l'effet de la vitamine C sur les phagocytes, la production de cytokines, les lymphocytes et le nombre de molécules d'adhésion cellulaire dans les monocytes a été précédemment rapporté (watson *et al.*, 2010 ; sorce *et al.*, 2014). Elle protège les cellules contre les dommages oxydatifs et améliore le fonctionnement du système immunitaire (abidin et katoon, 2013 ; lohakare *et al.*, 2005). Les Effets de l'addition de la vitamine C sur le nombre des hétérophiles, des

lymphocytes et le rapport H/L du poulet exposé à des températures élevées sont synthétisés dans le tableau 3 réalisé par Ouagueni en 2013.

**Tableau 3 Effet de l'addition de la vitamine C sur le nombre des hétérophiles, des lymphocytes et le rapport H/L du poulet exposé à des températures élevées (Ouagueni, 2013).**

Température ambiante	Espèce	Âge	Traitement AA	H*	L*	H/L*	Auteurs et Année
Stress Chronique 24-34	C (F)	0-6 sem	Eau de boisson  1200 ppm	-10	+3	-11	Zulkifkli et al (200)
33	PC (SM)	4-7 sem	Aliment  200 mg/kg 400 mg/kg 800 mg/kg	ND ND ND	+9 +8 PE	ND ND ND	Aengwanich et al (2003)
Non Contrôlée	PC (SM)	0-6 sem	Aliment  10 ppm 50 ppm 100 ppm 200 pmm	ND ND ND ND	ND ND ND ND	-27 -13 -7 -24	Lohakare et al (2005)

Les variations des paramètres sont exprimées en % par rapport aux témoins. AA : acide ascorbique ; H : hétérophiles ; L : lymphocytes ; H/L : hétérophiles/ lymphocytes ; C : caille ; PC : poulet de chair; SM : sexes mélangés ; F: femelles; PE: pas d'effet, ND: Non déterminé.

## Chapitre 3. Effets de la Vitamine C sur le tractus digestif et la morphométrie intestinale

### I. Effet de la Vitamine C sur la digestibilité de la ration alimentaire :

En conditions de thermoneutralité, la vitamine C améliore la digestibilité des nutriments en améliorant la rétention des protéines brutes, des matières grasses, de la cellulose brute et de l'énergie (Sahin et Küçük, 2001).

En condition de stress thermique, la caille japonaise a montré une amélioration de la digestibilité des nutriments lors d'une supplémentation alimentaire en acide ascorbique. (Sahin et Küçük, 2001). En effet, L'allongement de l'intestin permet un allongement du temps de transit permettant une meilleure utilisation digestive et une plus grande performance (Viveros et al 2011 ; Jahejo *et al.*, 2016). Lorsque la poule pondeuse est élevée sous de faibles températures ambiantes (6,2°C), l'utilisation de la matière sèche, des protéines brutes et des matières grasses est largement réduite (Sahin et Küçük, 2001). Toutefois, une supplémentation en acides ascorbiques réduit largement ces effets négatifs (Sahin et Küçük, 2001).

**Tableau 4 Effets du stress thermique et de la supplémentation en acide ascorbique sur la rétention des nutriments des poulets de chair (Jahejo *et al.*, 2016)**

Nutriment (%)	Température Normale		Température Élevé	
	Témoin	Vitamine c	Témoin	Vitamine c
<b>Protéine brute</b>	77±1 <sup>b</sup>	79±1 <sup>a</sup>	73±1.25 <sup>c</sup>	75±0.85 <sup>b</sup>
<b>Extrait à l'éther</b>	69±1 <sup>b</sup>	75±1 <sup>a</sup>	70±1 <sup>b</sup>	73±0.36 <sup>a</sup>
<b>Cellulose brute</b>	33±1 <sup>a</sup>	33.30±1 <sup>a</sup>	29±0.52 <sup>b</sup>	31±0.70 <sup>a</sup>
<b>Énergie Métabolisée</b>	78±1 <sup>a</sup>	80±1 <sup>a</sup>	70±1 <sup>b</sup>	79±1 <sup>a</sup>

a-b Les moyennes dans une colonne ne partageant pas un exposant commun différent à P < 0,05.

## II. Effet de la Vitamine C sur le poids et la longueur de l'intestin

L'acide ascorbique améliore le développement des intestins en conditions de stress thermique (Jahejo *et al.*, 2016). Le poids et la longueur de l'intestin (duodénum, jéjunum et iléum) des poulets de chair élevés en ambiance chaude, sont plus importants chez les sujets ayant reçus une supplémentation en vitamine C que les sujet nourris par une alimentation standard (Jahejo *et al.*, 2016).

**Tableau 5 Effets du stress thermique et de la supplémentation en acide ascorbique sur le poids (g), la longueur (cm) du duodénum, du jéjunum et de l'ilium des poulets de chair (Jahejo *et al.*, 2016).**

Items	Température Normale		Température Elevé	
	Témoin	Vitamine c	Témoin	Vitamine c
Poids de Gros intestin(g)	4±0.1 <sup>a</sup>	4.26±0.25 <sup>a</sup>	3.30±0.26 <sup>b</sup>	3.76±0.5 <sup>a</sup>
Longueur de Gros intestin(cm)	12.10±0.26 <sup>a</sup>	14.20±0.2 <sup>a</sup>	11.23±0.25 <sup>b</sup>	12.70±0.26 <sup>a</sup>
Poids de Duodénum(g)	15±1 <sup>a</sup>	16.66±1.5 <sup>2a</sup>	13±1 <sup>b</sup>	14±1 <sup>a</sup>
Longueur de Duodénum(cm)	30±1 <sup>a</sup>	31.66±1.5 <sup>2a</sup>	27±1 <sup>b</sup>	28±1 <sup>a</sup>
Poids de Jéjunum(g)	20.66±1.52 <sup>a</sup>	22±2 <sup>a</sup>	18.66±0.57 <sup>b</sup>	19.66±0.57 <sup>a</sup>
Longueur de Jéjunum(cm)	81.66±1.52 <sup>a</sup>	85.33±1.5 <sup>2a</sup>	78.33±1.52 <sup>b</sup>	80±1 <sup>a</sup>
Poids de Iléon(g)	18.33±1.52 <sup>a</sup>	19.33±0.5 <sup>7a</sup>	16±1 <sup>b</sup>	18±1 <sup>a</sup>
Longueur d'Iléon(cm)	66.33±1.52 <sup>a</sup>	68.33±2.0 <sup>8a</sup>	65±1 <sup>b</sup>	67±1 <sup>a</sup>

a-b Les moyennes dans une colonne ne partageant pas un exposant commun différent à P < 0,05.

## III. Effet de la Vitamine C sur la morphométrie digestive

Le stress thermique a des effets néfastes sur l'épithélium intestinal, entraînant une diminution de la hauteur des villosités et de la profondeur des cryptes (Yamauchi *et al.*, 2006). Burkholder *et al.*, (2008) ont signalé une diminution de la profondeur de la crypte lorsque le poulet est soumis à une température ambiante de 30 °C pendant une durée de 24 h

par rapport au poulet élevé à 23 °C. En conditions de stress thermique, ces mêmes auteurs rapportent une diminution de presque 18,8 % de la hauteur des villosités.

Dans les conditions de stress thermique, l'acide ascorbique augmente la taille moyenne des villosités, la hauteur, la largeur et la profondeur des cryptes des différentes parties de l'intestin (duodénum, jéjunum, iléum) (Jahejo *et al.*, 2016).

La supplémentation en acide ascorbique augmente l'épaisseur de la couche musculaire du jéjunum des oiseaux élevés en thermoneutralité mais reste sans effet en condition de stress thermique (Hajati *et al.*, 2015). Aussi, aucun effet de cet additif sur la largeur des villosités, la profondeur des cryptes et la hauteur des villosités, en condition de chaleur.

**Tableau 6 Effets du stress thermique et de la supplémentation en acide ascorbique sur la longueur, la largeur et la taille de la crypte à la profondeur des villosités du duodénum, du jéjunum et de l'iléon des poulets de chair (Jahejo *et al.*, 2016).**

Items( $\mu\text{m}$ )	Température Normale		Température Élevé	
	Témoin	Vitamine c	Témoin	Vitamine c
Hauteur duodénum( $\mu\text{m}$ )	1430 $\pm$ 26 <sup>b</sup>	1573 $\pm$ 25 <sup>a</sup>	1383 $\pm$ 76 <sup>b</sup>	1416 $\pm$ 40 <sup>b</sup>
Largeur de duodénum( $\mu\text{m}$ )	157 $\pm$ 2 <sup>b</sup>	173 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	150 $\pm$ 5 <sup>b</sup>	151 $\pm$ 7 <sup>b</sup>
Crypte à la profondeur de duodénum( $\mu\text{m}$ )	6 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	8 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	5 $\pm$ 1 <sup>b</sup>	5 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>
Hauteur de jéjunum( $\mu\text{m}$ )	1266 $\pm$ 51 <sup>b</sup>	1366 $\pm$ 28 <sup>a</sup>	1233 $\pm$ 20 <sup>b</sup>	1250 $\pm$ 50 <sup>b</sup>
Largeur de jéjunum( $\mu\text{m}$ )	153 $\pm$ 2.88 <sup>b</sup>	166.66 $\pm$ 7.63 <sup>a</sup>	149 $\pm$ 4.50 <sup>b</sup>	150.66 $\pm$ 4.04 <sup>b</sup>
Crypte à la profondeur de jéjunum( $\mu\text{m}$ )	5.73 $\pm$ 0.64 <sup>b</sup>	7.33 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	5 $\pm$ 1 <sup>b</sup>	5.33 $\pm$ 0.57
Hauteur de Iléon( $\mu\text{m}$ )	1163 $\pm$ 54.8 <sup>3b</sup>	1300 $\pm$ 50 <sup>a</sup>	1100 $\pm$ 50 <sup>b</sup>	1150 $\pm$ 50 <sup>b</sup>
Largeur de Iléon( $\mu\text{m}$ )	136 $\pm$ 5.29 <sup>b</sup>	160 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	126 $\pm$ 7.63 <sup>b</sup>	131 $\pm$ 9.64 <sup>b</sup>
Crypte à la profondeur d'Iléon( $\mu\text{m}$ )	5.500 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	7 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	4.8 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	5 $\pm$ 1 <sup>b</sup>

a-b Les moyennes dans une colonne ne partageant pas un exposant commun différent à P < 0,05.

***PARTIE***  
***EXPERIMENTALE***

# **Matériels et Méthodes**

## **I. L'objectif de l'étude**

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'intérêt de la supplémentation alimentaire en Vitamine C, sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair élevé en période estivale.

Cette étude est une continuité d'un travail de recherche dont le protocole expérimental a été mis en place et réalisé sur terrain par les membres d'une équipe de recherche du laboratoire « Santé et Production Animales ».

## **II. Rappel du protocole expérimental**

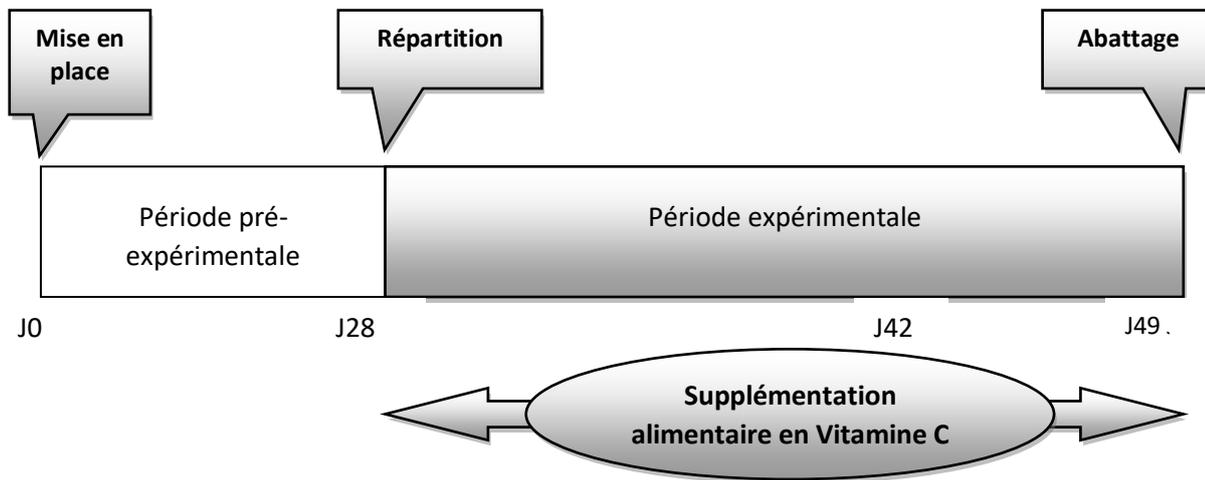
L'essai a été réalisé pendant la saison estivale entre les mois de Juin et Août sur une durée de 49 jours. L'essai s'est déroulé en 2 périodes :

**Une période allant de J0 à J28**, où l'ensemble des poulets était soumis à des conditions standards d'élevage,

**Une période s'étalant de J28 à J49**, durant laquelle la vitamine C a été supplémentée dans l'aliment du groupe poulets concerné (figure 1)

Au total, 440 poulets mâles, âgés de 28 jours ont été répartis en 2 lots (5 répétitions de 22 sujets) : un lot « Témoin » nourri avec un aliment standard adapté à l'âge et un lot « Vitamine Reçevant un aliment standard adapté à l'âge, supplémenté de 400 ppm d'Acide Ascorbique à partir de J28.

Pendant toute l'expérimentation, (J28 à J49), l'eau et l'aliment ont été distribués à volonté. L'ensemble des animaux était élevé dans un même bâtiment et soumis aux mêmes fluctuations des températures ambiantes de la saison estivale. Les valeurs moyennes de la température ambiante et de l'hygrométrie enregistrées au cours de l'essai étaient respectivement de  $30^{\circ}\text{C}\pm 1$  et  $58\% \pm 5$ .



**Figure 1. Schéma récapitulatif du protocole expérimental.**

### **III. Lieu et durée de l'étude**

Le travail a été réalisé au laboratoire d'Anatomie Pathologique de l'ENSV, durant la période allant du 23 avril au 1 juin 2022.

### **IV. Matériels du laboratoire**

#### **IV.1. Verreries**

- Lame et lamelle.
- Cuve de coloration en verre (Type Hellendhal et type schiffedecker).
- Boîte de coloration Type Hausser-Gedigk.

#### **IV.2 Appareils (Photos 1,2,3,4,5)**

- Etuve
- Microtome
- Plaque chauffante
- Bain Marie
- Microscope



**Photo 1. MICROTOME**



**Photo 2. ETUVE**



**Photo 3. PLAQUE CHAUFFANTE**



**Photo 4. BAIN MARIE**



**Photo 5. MICROSCOPE**

## **V. Mesures Réalisées**

### **V.1 Morphométrie de l'intestin**

Dix mâles ont été prélevés à partir de chaque lot expérimental (2 sujets par parquet). Les oiseaux sont pesés puis sacrifiés. Après autopsie, l'intestin est pesé puis étalé sur une table puis la longueur est mesurée.

### **V.2 Mesure Des Villosités Intestinales**

#### **V.2.1.L'histologie**

Après l'abattage, l'intestin grêle est prélevé, et les trois segments ont été délimités à savoir le duodénum, jéjunum et l'iléon afin de réaliser des prélèvements d'échantillons et fixés dans une solution de formol à 4%, puis conservés pour réaliser les coupes histologiques.

Deux portions de chaque segment intestinal sont prélevées. Une de la partie proximale et l'autre de la partie distale.

Les techniques histologiques utilisées dans notre essai sont celles couramment décrites par Martoja *et al.*, (1970).

Les différentes étapes de la réalisation des lames sont :

#### **➤ Prélèvement des tissus**

Le prélèvement doit se faire aussi délicatement que possible afin de ne pas dégrader l'organisation tissulaire. Une fois obtenu, ce prélèvement doit immédiatement être immergé dans un grand volume de liquide fixateur.

#### **➤ La fixation**

La fixation a pour but de conserver les structures et les constituants cellulaires dans un état aussi proche que possible de leur état vivant et ainsi de les stocker pour permettre des préparations permanentes, avec arrêt de toutes activités mitotique et enzymatique. Ainsi que le durcissement de la pièce anatomique.

Les liquides fixateurs les plus utilisés en pratique courante sont le formol ou le liquide de Bouin (mélange d'eau 5%, acide acétique 10%, formol 25% et d'acide picrique 75%).

La durée de la fixation varie selon le volume des prélèvements.

## **La Procédure :**

La fixation doit être immédiate après le prélèvement aussi bien sur place qu'au laboratoire, pour empêcher une putréfaction du tissu par autolyse et par altération microbienne (putréfaction).

Le volume du fixateur doit être de 20 à 50 fois celui du prélèvement. En routine, les pièces séjourneront de 24 à 48 heures dans le fixateur et y seront totalement immergées. Aucune pièce ne doit flotter au-dessus du fixateur car la fixation ne sera ni bonne ni homogène. Ce temps est toutefois adapté selon la consistance et la taille du tissu.

### **➤ L'inclusion L'enrobage**

L'inclusion a pour but d'enfermer le prélèvement dans une substance qui le pénètre et l'infiltrer. Les tissus acquièrent ainsi une consistance qui permet d'obtenir des coupes minces-au microtome.

La substance d'inclusion, généralement la paraffine, est une substance liquide à chaud, solide à température ambiante, insoluble dans l'eau et dans l'alcool.

## **La Procédure :**

Le prélèvement fixé, est d'abord découpé macroscopiquement en plus petits morceaux lorsqu'il s'agit d'un organe. Chaque morceau est bien identifié par un code (association de lettres et d'un nombre). Une transcription est faite dans un registre de travail. Les prélèvements sont ensuite déposés dans des paniers spécifiques ou cassettes avec leur identification sur papier ou sur le bord des cassettes (inscription avec un crayon mince 2B).

### **- Déshydratation par les alcools**

Le prélèvement est d'abord déshydraté (immersion dans des bains successifs d'alcool à concentrations croissantes jusqu'à alcool absolu)

### **- Remplacement de l'alcool par un solvant de la paraffine (éclaircissement)**

Un solvant de la paraffine est destiné à chasser l'alcool par trois bains successifs de toluène ou de xylène.

- **L'inclusion** proprement dite dans la paraffine fondue prend la place du solvant.

➤ **La micromisation et le collage des coupes sur lame**

Ils permettent d'obtenir des coupes dont l'épaisseur est de 5 à 7 µm et de les mettre sur un support de verre transparent.

**Procédure :**

- L'équarrissage par l'enlèvement à l'aide d'un couteau, de l'excédent de paraffine :

Il doit rester qu'environ 5 mm de paraffine autour de la pièce.

- Le montage du bloc sur son support :

On doit prêter une attention particulière au montage du bloc sur son support. Sa bonne orientation par rapport au couteau est primordiale. Le bloc doit rester parallèle au couteau. Le couteau est extrêmement tranchant.

Les éléments composant un tissu ou un organe sont orientés par hasard par rapport au plan de section dans le bloc. Il est donc difficile de faire une coupe longitudinale ou transverse exacte d'un tube. Si le rasoir passe le long de l'axe du tube, on obtient une coupe longitudinale ou axiale. Celle-ci apparaît comme deux traits parallèles. Si la coupe est faite parallèlement à l'axe du tube, mais dans l'épaisseur même de sa paroi, il en résulte une coupe tangentielle. Celle-ci apparaît comme une surface rectangulaire assez large.

La coupe d'une sphère creuse près de son pôle, donne une coupe tangentielle qui aura la forme d'un petit disque sans cavité centrale. Si l'on coupe plus près de son centre, on obtient un disque plus grand avec une cavité.

- Le dégrossissage au microtome permet d'éliminer la paraffine qui se trouve en avant du prélèvement pour obtenir une coupe entière du tissu à colorer.

Le prélèvement imbibé de solvant est ensuite imprégné à chaud dans un bain successif de paraffine fondue à 56-60 degrés dans l'étuve.

- Le coulage du bloc à l'enrobage dans la paraffine :

La préparation du bloc de paraffine (enrobage) se fait au moyen d'un petit moule préalablement chauffé dans lequel on verse de la paraffine fondue grâce à un distributeur de paraffine. Dans celle-ci on place rapidement la pièce en l'orientant convenablement suivant les coupes transversales ou longitudinales pré-envisagées. Puis on laisse refroidir la paraffine. Après refroidissement complet, le bloc de paraffine est démoulé.

On utilise la fiche d'observation pour noter les différentes phases de l'inclusion.

### ➤ **Le Montage des coupes**

Le montage des coupes permet la protection mécanique de la préparation, la conservation des colorations et l'obtention d'un degré de transparence et d'un indice de réfraction avantageux d'un point de vue optique.

**La Procédure** : après coloration, on dépose sur chaque coupe, un milieu permanent, iso-réfringent avec le verre (baume de canada, milieux synthétiques tel que le D.P.X, l'Eukitt.) puis on la recouvre d'une lamelle couvre objet. Lors de manipulation, aucune bulle d'air ne doit s'insérer entre la lame et la lamelle.

Après le montage, les coupes sont rangées dans des boîtes spécifiques à l'abri de la poussière.

### ➤ **Lecture des lames**

La lecture des lames a été réalisée à l'aide du microscope « MOTIC » muni d'une caméra, au grossissement Gx4 et d'un logiciel de mesure le logiciel MOTIC Image plus 2.0. Sur chaque lame, nous avons mesuré la hauteur et la largeur de 10 villosités intestinales. Les données ont été ensuite enregistrées sur une feuille Excel.



**Figure 2. Exemple de la mensuration des villosités intestinale**

## VI. Analyse statistique

Les différents résultats sont décrits par la moyenne et l'erreur standard (SE, calculée à partir de la déviation standard SD. L'homogénéité de la variance entre traitements a été vérifiée par le test de Bartlett qui s'est avéré non significatif ( $P > 0,05$ ). Les résultats ont été alors soumis à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) afin de déterminer **l'effet de la supplémentation en vitamine C** sur les paramètres considérés. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5%. Toutes ces analyses sont effectuées à l'aide du programme StatView (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).

# Résultats

## I. Effet de la supplémentation en vitamine C sur la morphométrie intestinale

### I.1. Poids et longueur de l'intestin

Le poids moyen et la longueur moyenne de l'intestin des poulets de chair supplémentés en vitamine C et soumis à un stress thermique chronique sont présentés dans le tableau (7).

**Tableau 7 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur le poids et la longueur de l'intestin des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique**

Paramètres	Témoin	Vit C	Valeur de P
Poids de l'intestin (g)	119,59 ± 1,22	102,07 ± 2,83	< 0,0001
Longueur de l'intestin (cm)	255,66 ± 1,73	243,00 ± 3,57	0,003

Témoin : Non supplémenté en vitamine C. Vit C : supplémenté en vitamine C

La supplémentation alimentaire en vitamine C des poulets de chair soumis à un stress thermique n'a pas amélioré le poids et la longueur de l'intestin par rapport aux poulets non supplémentés. De légères supériorités de +14 et 5% ( $P < 0.05$ ) sont enregistré respectivement pour le poids et la longueur de l'intestin en faveur des sujets non supplémentés.

## II. Effet de la supplémentation en vitamine C sur l'histométrie de l'intestin

### II.1. Villosités du Duodénum

La hauteur et largeur des villosités de duodénum proximale et distale des poulets de chair supplémenté en vitamine C et soumis à un stress thermique chronique sont présenté dans le tableau (8).

**Tableau 8 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur la hauteur et la largeur des villosités du duodénum des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique**

	Témoïn	Vit C	Valeur de P
<b>Hauteur DP (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	4255,37 $\pm$ 192	7514,39 $\pm$ 1932	0,1024
<b>Largeur DP (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	695,57 $\pm$ 23,77	789,65 $\pm$ 47,52	0,0857
<b>Hauteur DD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	4561,26 $\pm$ 194	7515,34 $\pm$ 155	< 0,0001
<b>Largeur DD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	668,68 $\pm$ 26,24	950,22 $\pm$ 20,72	< 0,0001

Témoïn : Non supplémené en vitamine C. Vit C : supplémené en vitamine C. DP : villosités de duodénum proximale. DD : villosités de duodénum distale.

La supplémentation alimentaire en vitamine C des poulets de chair soumis à un stress thermique n'a pas modifié significativement ( $P > 0,05$ ) la hauteur et la largeur des villosités de duodénum proximal par rapport à celles des villosités des poulets abreuvés en eau non supplémenée. Toutefois une légère tendance à l'augmentation a été enregistrée (hauteur  $p = 0,10$  ; largeur  $p = 0,08$ ). Par contre, Cet additif a nettement amélioré la taille des villosités de la partie distale du duodénum ( $P < 0,0001$ ).

## II.2. Villosités du Jéjunum

La hauteur et la largeur moyennes des villosités du jéjunum proximal et distal des poulets de chair supplémené en vitamine C et soumis à un stress thermique chronique sont présentés dans le tableau (9).

**Tableau 9 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur la hauteur et la largeur des villosités du jéjunum des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique**

	<b>Témoin</b>	<b>Vitamine C</b>	<b>Valeur de P</b>
<b>Hauteur JP (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	4695,35 $\pm$ 126	5761,77 $\pm$ 222	0,0002
<b>Largeur JP (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	674,10 $\pm$ 15,62	808,44 $\pm$ 26,95	0,0001
<b>Hauteur JD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	4056,01 $\pm$ 146	5323,47 $\pm$ 157	< 0,0001
<b>Largeur JD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	763,15 $\pm$ 13,44	886,11 $\pm$ 17,75	<0,0001

Témoin : Non supplémenté en vitamine C. Vit C : supplémenté en vitamine C. JP : villosités de jéjunum proximale. JD : villosités de jéjunum distale.

La hauteur et la largeur moyennes des villosités des deux parties (distale et proximale) du jéjunum sont significativement plus importantes chez les poulets supplémentés en Vit C que celles des villosités du groupe témoin. Une supériorité de +22 (P<0,001) et +31% (P<0,0001) est enregistrée pour la hauteur du JP et JD respectivement et de +20 et 16 % (P<0,0001) pour la largeur du JP et JD respectivement.

### **II.3. Villosités de l'iléon**

La hauteur et la largeur moyennes des villosités de l'iléon proximal et distal des poulets de chair supplémenté en vitamine C et soumis à un stress thermique chronique sont présenté dans le tableau (10).

**Tableau 10 Effet de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur la hauteur et la largeur des villosités de l'iléon des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique**

	<b>Témoin</b>	<b>Vitamine C</b>	<b>Valeur de P</b>
<b>Hauteur IP (µm)</b>	3820,64 ± 111,89	5565,99 ± 192,82	< 0,0001
<b>Largeur IP (µm)</b>	642,96 ± 24,49	913,13 ± 21,50	< 0,0001
<b>Hauteur ID (µm)</b>	1878,49 ± 69,61	3067,31 ± 109,19	< 0,0001
<b>Largeur ID(µm)</b>	976,93 ± 22,47	1107,90 ± 39,17	0,0065

Témoin : Non supplémenté en vitamine C. Vit C : supplémenté en vitamine C. IP : villosités d'iléon proximale. ID : villosités d'iléon distale.

Les résultats ont montré que la supplémentation en vitamine C des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique a amélioré significativement la hauteur et la largeur des villosités de l'iléon proximale et distale par rapport aux sujets non supplémentés ( $P < 0,01$ ). Un net développement de la taille des villosités de ce segment intestinal de + 46 et + 42 % pour la hauteur et la largeur de la partie proximale et +63% et +14 % pour la hauteur et la largeur de la partie distale est enregistré.

# Discussion

Chez le poulet de chair, le tractus gastro-intestinal est particulièrement sensible. En effet, en conditions de stress thermique, des changements morphologiques et physiologiques de ce système affectent négativement la fonctionnalité et l'intégrité de l'épithélium intestinal (Kang & Shim, 2020) et par conséquent la santé et la production des poulets.

L'acide ascorbique ou la vit C est un des additifs, les plus utilisés en aviculture pour lutter contre les effets néfastes du stress thermique (Çınar *et al.*, 2006 ; Hajati *et al.*, 2015 ; Humam *et al.*, 2019). Son rôle thermogénique et antistress a largement été rapporté par la littérature (Ouagni, 2016).

Dans notre étude, l'ajout de 400 ppm de vitamine C dans 1 kg d'aliment des poulets de chair soumis aux contraintes des fortes chaleurs chroniques, n'a pas amélioré le poids et la longueur de l'intestin. Ces résultats corroborent ceux enregistrés par Hajati *et al.*, (2015). Ces derniers ont montré que la supplémentation de 300 mg de vitamine C dans 100 ml d'eau de boisson des poulet soumis à de fortes températures de  $34 \pm 1$  °C pendant 42 jours, n'a pas eu un impact positif sur la longueur de l'intestin ( $P > 0,05$ ). Pareillement, (Jahejo *et al.*, 2016) ont rapporté que lors d'une supplémentation alimentaire en vit c (150 mg / kg), les valeurs numériques du poids et de la longueur de l'intestin étaient statistiquement équivalentes avec celles des poulets témoins.

L'étude histométrique des villosités de la paroi des différentes parties de l'intestin grêle a révélé plusieurs effets positifs de la vitamine C. En effet, mise à part la hauteur et la largeur des villosités de la partie proximale du duodénum qui ont montré une tendance à la signification, toutes les mesures des autres compartiments ont présenté un meilleur développement des villosités par l'addition de la Vit C dans l'aliment en condition de chaleur, par rapport aux poulets non supplémentés. Il a été rapporté qu'une taille réduite des villosités induit à une moindre absorption chez les poulets élevés au chaud (Mitchell et Carlisle, 1992). Humam *et al.*, 2019 ont révélé que l'addition de 200 mg d'acide ascorbique par kilo d'aliment, pendant la phase de croissance et finition, a augmenté significativement la hauteur des villosités dans le duodénum, le jéjunum et l'iléon des poulets de chair soumis à un stress thermique chronique. De même, une supplémentation en acide ascorbique a amélioré simultanément la hauteur et la largeur des villosités des trois segments de l'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon) (Hajati *et al.*, 2015 ; Jahejo *et al.*, 2016).

La hauteur des villosités et la profondeur des cryptes sont des indicateurs importants de la fonction intestinale et de la santé animale (Uni *et al.*, 1995, Humam *et al.*, 2019). Les

villosités sont les composants clés responsables de l'absorption des nutriments dans l'intestin grêle (Caspary, 1992). L'augmentation de la hauteur des villosités et la diminution de la profondeur des cryptes peuvent entraîner une absorption accrue des nutriments et une amélioration des performances de croissance (Xu *et al.*, 2003). Fan, *et al.*, (1995) ont affirmé que l'augmentation de la hauteur des villosités est positivement corrélée à l'augmentation du renouvellement des cellules épithéliales, conduisant une meilleure performance globale du poulet (Viveros *et al.*, 2011).

# **Conclusion, Recommandations et Perspectives**

## **Conclusion**

Le présent travail, nous a permis d'évaluer une solution nutritionnelle basée sur la supplémentation alimentaire en vitamine C, en vue de réduire les effets négatifs induits par le stress thermique chronique sur l'histomorphométrie de l'intestin du poulet de chair élevé en période estivale.

Globalement, dans nos conditions de stress thermique chronique, la supplémentation alimentaire en vitamine C (400 ppm) n'a pas amélioré de manière significative le poids et la longueur de l'intestin.

En revanche, la taille des villosités qui conditionnent l'absorption au niveau de l'intestin grêle (duodénum proximale et distale, jéjunum proximale et distale, iléon proximale et distale) semble être amélioré chez les poulets supplémentés en vitamine C et soumis à un stress thermique chronique.

## **Recommandations**

Il serait intéressant d'évaluer l'effet de cet additif lorsqu'il est associé avec d'autres solutions d'ordre nutritionnelle (la vitamine E, Curcumine, Bétaïne...) ou bien avec des solutions d'ordre techniques (Régime d'alimentation double, Alimentation humide, Ajout de graisses dans le régime alimentaire...).

## **Perspectives**

Bien que les résultats de cette étude soient préliminaires, ils ouvrent de nouvelles voies de recherche intéressantes en aviculture. Celles-ci incluent l'utilisation de nouvelles techniques saines et l'utilisation alternative de nouveaux produits naturels pour lutter contre les pertes économiques causées par les températures élevées. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer les bienfaits de la vitamine C testée dans nos conditions d'élevage. En effet, l'industrie de la santé animale soutient sans réserve cette perspective de protection de la santé humaine et animale, de protection de l'environnement, de garantie du bien-être animal et de permettre la production d'aliments sains.

# **Références bibliographiques**

1. **Abioja m. O., osinowo o. A., smith o. F. And daisy eruvbetine, 2013.** Physiological and haematological responses of broiler chickens offered cold water and vitamin c during hot-dry season. *Nigerian journal of animal production*
2. **Aengwanich w., sridama p., phasuk y., vongpralab t., pakdee p., katawatin s. & simaraks, s., 2005.** Effects of ascorbic acid on cell mediated, humoral immune response and pathophysiology of white blood cell in broilers under heat stress. *Songklanakar journal science technology*, 25(3), 297-305.
3. **Aengwanich, w., sridama, p., phasuk, y., vongpralab, t., pakdee, p., katawatin, s. And imaraks, s., 2003.** Effects of ascorbic acid on cell mediated, humoral immune response and pathophysiology of white blood cell in broilers under heat stress *songklanakar j. Sci. Technol.* 25(3): 297-305
4. **Al-aqil, a.; zulkifli, i.; sazili, a.; omar, a.; rajion, m, 2009.** The effects of the hot, humid tropical climate and early age feed restriction on stress and fear responses, and performance in broiler chickens. *Asian-australas j. Anim. Sci.* 22, 1581–1586.
5. **Ali, m.; howlider, m.; azad, a.; rahman, m, 2010.** Vitamin c and electrolyte supplementation to support growth and meat yield of broilers in a hot humid environment. *J. Bangladesh agric. Univ.* 8, 57–60.
6. **Asli, m.m.; hosseini, s.a.; lotfollahian, h.; shariatmadari, f, 2007.** Effect of probiotics, yeast, vitamin e and vitamin c supplements on performance and immune response of laying hen during high environmental temperature. *Int. J. Poult. Sci.* 6, 895–900.
7. **Azad, m.; kikusato, m.; maekawa, t.; shirakawa, h.; toyomizu, m, 2010.** Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Comp. Biochem. Physiol. Part a mol. Integr. Physiol.* 155, 401–406.
8. **Bains, b.s, 1996.** The role of vitamin c in stress management. *World poultry* 12: 38-41.
9. **Bender d.a. 2003.** The vitamins. In: *nutritional biochemistry of vitamins*. Second edition cambridje university press, pp. 1-29.
10. **Blâha j., k. Kroesna. 1997.** Effect of vitamin and electrolytes supplements on broiler's performance, slaughter value and chemical composition of meat during the heat stress. *Universitagriculturepraga press*, 30: 103-113.
11. **Bonnet, s.; geraert, p.; lessire, m.; carre, b.; guillaumin, s, 1997.** Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 76, 857–863.
12. **Burkholderk.m, thompsonk.l, einsteinm.e, applegatet.j, pattersonj.a, 2008.** department of animal science, purdue university, west lafayette, in 47907-2009.

13. **Caspary, W.F, 1992.**Physiology and Pathophysiology of Intestinal Absorption. The American Journal of Clinical Nutrition, 55, 299S-308S.
14. **Cánovas, m. ;bernal, v. ; sevilla, a. ; iborra, j, 2007.**salt stress effects on the central and carnitine metabolisms of escherichia coli. *Biotechnol. Bioeng.*96, 722–737.
15. **Çinar a., ferda b., nurcan d., abuzer t., muzaffer s. &mustafa t., 2006.** Effects of stress produced by adrenocorticotropin (acth) on ecg and some blood parameters in vitamin c treated and non-treated chickens. Journal on the faculty of veterinary medicine university of zagreb.veterinarskiarhiv, 76 (3), 227-235.
16. **Combs, g.f., jr.; mclung, j.p, 2016.***the vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*; academic press: cambridge, ma, usa, 2016.
17. **Daghir n. J, 2008.** Poultry production in hot climate 2nd ed wallingford; cab int', p 1–377.
18. **Dar, t.a.; singh, l.r, 2019.** *Protein modificomics: from modifications to clinical perspectives*; academic press: cambridge, ma, usa, *vet. Sci.* 7, 71.
19. **Dieter, m.p. And breitenbach, r.p, 1971.** Vitamin c in lymphoid organs of rats and cockerels treated with corticosterone or testosterone. *Proc.soc. Exp. Biol. Med.*, 137(1): 341-346.
20. **Doan, b.h, 2000.** Effect of different level of dietary calcium and supplemental vitamin c on growth, survivability, leg abnormalities, total ash in the tibia, serum calcium and phosphorous in 0-4 week-old chicks under tropical conditions, livestock research for rural development, cipav publication, colombia,12(1).
21. **Doba, t.; burton, g.w.; ingold, k.u, 1985.** Antioxidant and co-antioxidant activity of vitamin c. The effect of vitamin c, either alone or in the presence of vitamin e or a water-soluble vitamin e analogue, upon the peroxidation of aqueous multilamellar phospholipid liposomes. *Biochim. Biophys. Acta.* 835, 298–303.
22. **Estévez, m. Oxidative damage to poultry: from farm to fork. Poult. Sci. 2015, 94,** 1368 1378.
23. **Fathy abd-eltwaba.e.h., 2006.** Study of some anti-heat stress procedures in broilers. These de magister. Agricultural science animal production (poultry physiology) department of animal production faculty of agriculture al-azhar university.47 pages.
24. **Fletcher, d.l. And cason, j.a. 1991.** Influence of ascorbic acid on broiler shrink and processing yields. *Poultry science* 70:2191-2196.
25. **Freeman, b.m, 1986.** Depletion of ascorbic acid from the adrenal of the intact embryo of gallous domestics by adrenocorticotrophic hormone on histamine. *Comparative biochemistry and physiology* 24: 905-1004.

26. **Furusawa, h.; sato, y.; tanaka, y.; inai, y.; amano, a.; iwama, m.; kondo, y.; handa, s.; murata, a.; nishikimi, m, 2008.** Vitamin c is not essential for carnitine biosynthesis in vivo: verification in vitamin c-depleted senescence marker protein-30/gluconolactonase knockout mice. *Biol. Pharm. Bull.* 31, 1673–1679.
27. **Giang, v.d. And doan, b.h, 1998.** Effect of vitamin c supplementation on the absorption of a diet for 0-4 week old chicks on the absorption of calcium and phosphorous, in: *livestock research for rural development*,cipav publication, colombia, 10(2).
28. **Gouda, a., amer, s.a., gabr, s. And tolba, s. A, 2020.**effect of dietary supplemental ascorbic acid and folic acid on the growth performance, redox status, and immune status of broiler chickens under heat stress. *Trop. Anim. Health prod.*, 52(6): 2987-2996.
29. **Hajati h, hassanabadi a, golian a, nassiri-moghaddam h, nassirimr 2015.** The effect of grape seed extract and vitamin c feed supplementation on some blood parameters and hsp70 gene expression of broiler chickens suffering from chronic heat stress italian. *Journal of animal science* 14:3273–3282
30. **Hao, s.; avraham, y.; bonne, o.; berry, e.m, 2001.**separation-induced body weight loss, impairment in alternation behavior, and autonomic tone: effects of tyrosine. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 68, 273–281.
31. **Harrison, f.e.; may, j.m, 2009.** Vitamin c function in the brain: vital role of the ascorbate transporter svct2. *Free radic. Biol. Med.* 46, 719–730.
32. **He, x.; lu, z.; ma, b.; zhang, l.; li, j.; jiang, y.; zhou, g.; gao, f, 2018.** Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression in broilers. *J. Sci. Food agric.*98, 4471–4478.
33. **Hornig d., glatthaar b., moser u. 1984.** General aspect of ascorbic acid function and metabolism in:weggeri, tagwerker fj, moustgaard j, editors. Workshop. Ascorbic acid in domestic animals,copenhagen: royal danishagr. Soc., 3–24.
34. **Humam, a. M., t. C. Loh, h. L. Foo, a. A. Samsudin,n. M. Mustapha, i. Zulkifli, and w. I. Izuddin, 2019.** Effects of feeding different postbiotics produced by lactobacillus plantarum on growth performance, carcass yield, intestinal morphology, gut microbiota composition, immune status, and growth gene expression in broilers under heat stress. *Animals*, 9, 644.
35. **Ichiyama, k., mitsuzumi, h., zhong, m., tai, a., tsuchioka, a., kawai, s., yamamoto, i. And gohda, e, 2009.** Promotion of il-4-and il-5-dependent differentiation of anti-mu-primed b cells by ascorbic acid 2-glucoside. *Immunol. Lett.*, 122(2): 219-226.

36. **Jahejo a. R., legharii. H., sethar a., rao m. N., nisa m., sethar g. H, 2016.**Effect of heat stress and ascorbic acid on gut morphology of broiler chicken. *Sindh univ. Res. Jour. (sci. Ser.) Vol. 48 (4)* 829-832.
37. **Jamroz d., t. Wertelecki, m houszka c. Kamel 2006.** Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *J animphysiolanimnutr*90: 255-268.
38. **Kassim h, norzihai. 1995** effects of ascorbic.acids (vitamin c) supplementation in layer and broiler diets in the tropics. *Ajas*, 8(6), 607-610.
39. **Kutlu, h.r and forbes, j.m. 1993.** Changes in growth and blood parameters in heat stressed broiler chicks in response to dietary ascorbic acid. *Livestock production science* 36: 335-350.
40. **Lara, l.j.;rostagno, m.h, 2013.** Impact of heat stress on poultry production. *Animals* 3, 356–369.
41. **Lohakare j. D., ryu m. H., hahnt.w., lee j. K. &chae b. J., 2005.** Effects of supplemental ascorbic acid on the performance and immunity of commercial broilers. *Journal of applied poultry. Res.* 14:10–19.
42. **Lohakare, j. ; chae, b. ; hahn, t, 2004.**Effects of feeding methods (water vs. Feed) of vitamin c on growth performance and carcass characteristics in broiler chickens. *Asian australas. J. Anim. Sci.*17, 1112–1117.
43. **Mahmoud k. Z., edens, f. W., eisen, e. J. And havenstein, g. B. 2004.**ascorbic acid decreases heat shock protein 70 and plasma corticosterone response in broilers (*gallus gallusdomesticus*) subjected to cyclic heat stress. *Comparative biochemistry and physiology*, b 137: 35-42.
44. **Marshall, p. T. And hughes, g. M, 1980.**Physiology of mammals and othervertebrates, the endocrine system,cambridge university press, usa. 11:277-300.
45. **Maurice, d.; lightsey, s.; toler, j, 2004.** Ascorbic acid biosynthesis in hens producing strong and weak eggshells. *Br. Poult. Sci.* 45, 404–408.
46. **Mbajjorgu c.a., ng’ambij.w. &norris d., 2007.** Effect of time of initiation of feeding after hatching and influence of dietary ascorbic acid supplementation on productivity, mortalityand carcass characteristics of ross 308 broiler chickens in south africa. *International journal of poultry science.* 6 (8), 583-591.
47. **Mcdowellr. 1989.** Vitamins in animal nutrition–comparative aspects to human nutrition, vitamin e. In:mcdowellr, editor. London: academic press, 93–131.

48. **Mckee, j.s. And harrison, p.c. 1995.**effect of supplemental ascorbic acid and the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stressors. Poultry science 74:1772-1785.
49. **Mckee, j.s., harrison, p.c. And riskowski, g.i. 1997.** Effect of supplemental ascorbic acid on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal. Poultry science 76: 1278-1286.
50. **Miraei-ashtiani, s. R. Zamani, p., shirazad, m. And zare-shahned, a. 2004.** Comparison of the effect of different diets on acute heat stressed broilers. *Proc. Of the 22<sup>nd</sup> world poultry congress, istanbul, turkey. Pp 552.*
51. **Mitchell, M.A. and A.J. Carlisle, 1992.** The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 101A: 137-142.
52. **Najafi, p.; zulkifli, i.; soleimani, a.f.; kashiani, p, 2015.** The effect of different degrees of feed restriction on heat shock protein 70, acute phase proteins, and other blood parameters in female broiler breeders. *Poult. Sci.* 94, 2322–2329.
53. **Njoku, p, 1986.** Effect of dietary ascorbic acid (vitamin c) supplementation on the performance of broiler chickens in a tropical environment. *Anim. Feedsci. Technol.* 16, 17–24.
54. **Ouagueninassim, 2013.** Impact de l'association de l'acclimatation precoce et de la complementation alimentaire en vitamine c sur les parametres zootechniques et physiologiques du poulet de chair eleve en conditions estivales algeriennes. *Ecole nationale superieure veterinaire.*
55. **Pardue, s.i. And thaxton, j.p. 1986.** Ascorbic acid in poultry: a review. *World's poultry science journal* 42: 107-123.
56. **Pardue, s.l., thaxton, j.p. And brake, j, 1985a.** Role of ascorbic acid in chicks exposed to high environmental temperature. *Journal of applied physiology* 58: 1511-1516.
57. **Pardue, s.l., thaxton, j.p. And brake, j, 1985b.** Influence of supplemental ascorbic acid on broiler performance following exposure to high environmental temperature. *Poultry science* 64: 1334-1338.
58. **Peeters, e.; neyt, a.; beckers, f.; de smet, s.; aubert, a.; geers, r, 2005.** Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin c, and vitamin e on stress responses of pigs to vibration. *J. Anim. Sci.* 83, 1568–1580.
59. **Per jensen & coll., 2000.** The welfare of chickens. Kept for meat production (broilers) report of the scientific committee on animal health and animal welfare, adopted 21

march 2000 european commission health & consumer protection directorate-general.150 pages.

60. **Puron d. Et raulsantamarias.j.c., 1997.**sodium bicarbonated and broiler performance at high stocking densities in a tropical environment. *Journal applied poultry research.* 6, 443-448.
61. **Puron d., santamaria r., seguraj.c., 1994.**Effects of sodium bicarbonate, acetylsalicylic, and ascorbic acid on broiler performance in a tropical environment. *Journal applied poultry. Research.* 3, 141-145.
62. **Puthongsiriporn u., scheideler se., sell jl., beck mm. 2001.** Effects of vitamin e and c supplementation on performance, in vitro lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poultry science.* 80(8), 1190-1200.
63. **Quinteiro-filho, w.m.; ribeiro, a.; ferraz-de-paula, v.; pinheiro, m.; sakai, m.; sá, l.r.m.d.; ferreira, a.j.p.; palermo-neto, j, 2010.** Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poult. Sci.* 89, 1905–1914.
64. **Rimoldi, s.; lasagna, e.; sarti, f.m.; marelli, s.p.; cozzi, m.c.; bernardini, g.; terova, g, 2015.** Expression profile of six stress-related genes and productive performances of fast and slow growing broiler strains reared under heat stress conditions. *Meta gene.* 6, 17–25.
65. **Roussan d. A., khwaldeh g. Y, haddad r. R., shaheeni. A., salameh g. & al rifai r., 2008.** Effect of ascorbic acid, acetylsalicylic acid, sodium bicarbonate, and potassium chloride supplementation in water on the performance of broiler chickens exposed to heat stress. *Journal applied poultry research.* 17. 141-144.
66. **Rush, r.; geffen, l, 1980.** Dopamine  $\beta$ -hydroxylase in health and disease. *Crc crit. Rev. Clin. Lab. Sci.* 12, 241–277.
67. **Sabah elkheir, m.k., mohammedahmed, m.m. And abdelgadir, s.m, 2008.** Effect of feed restriction and ascorbic acid supplementation on performance of broiler chicks reared under heat stress. *Research journal of animal and veterinary sciences,* 3: 1-8
68. **Sahin k., onderci m., sahin n., gursu m. F., et kukuk o., 2003.**dietary vitamin c and folic acid supplementation ameliorates the detrimental effects of heat stress in japanese quail. *Journal of nutrition.* 133: 1882–1886.
69. **Sahin k., sahinn. Ondercim. Yaralioglus., kukuko. 2001.** Protective role of supplemental vitamin e on lipid peroxidation, vitamins e, a and some mineral concentrations of broilers reared under heatstress. *Vet med–czech.,* 46(5):140–144.

70. **Sahin, k. And kucuk, o, 2001.** Effects of vitamin e and selenium on performance, digestibility of nutrients and carcass characteristics of japanese quails reared under heat stress (34c). *Journal of animal physiology and animal nutrition* 85: 342-348.
71. **Sahin, k.; kucuk, o.; sahin, n.; sari, m, 2002.** Effects of vitamin c and vitamin e on lipid peroxidation status, serum hormone, metabolite, and mineral concentrations of japanese quails reared under heat stress (34 °c). *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*72, 91–100.
72. **Saiz del barrio. A, mansilla. W. D, navarro-villa. A, mica. J. H, smeets. J. H, den hartog. L. A, and garcía-ruiz. A. I, 2020.** Effect of mineral and vitamin c mix on growth performance and blood corticosterone concentrations in heat-stressed broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 29:23–33
73. **Sayed, a. N. And shoeib, h. 1996.** A rapid two weeks evaluation of vitamin c and b-complex and sodium chloride for heat- stressed broilers. *Assiut veterinary medical journal* 34: 37-42.
74. **Seven, i.; aksu, t.; seven, p.t, 2010.** The effects of propolis on biochemical parameters and activity of antioxidant enzymes in broilers exposed to lead-induced oxidative stress. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*23, 1482–1489.
75. **Shakeri, m., oskoueian, e., le, h.h. And shakeri, m, 2020.** Strategies to combat heat stress in broiler chickens: unveiling the roles of selenium, vitamin e and vitamin c. *Vet. Sci.*, 7(2): 71.
76. **Shamim m.a.a., jaber m., sultana n., rahmanm.m. 2015.** Effect of supplementation of vitamin e and selenium on growth and haemato-biochemical parameters of broiler. *International journal of natural and social sciences*, 2(5): 37-43.
77. **Shewitaramadan s, el-naggar karima, abdelnabywalaa s h, 2019.** Influence of dietary vitamin c supplementation on growth performance, blood biochemical parameters and transcript levels of heat shock proteins in high stocking density reared broiler chickens. *Slov vet res*; 56 (suppl 22): 129–38
78. **Sorice, a.; guerriero, e.; capone, f.; colonna, g.; castello, g.; costantini, s, 2014.** Ascorbic acid: its role in immune system and chronic inflammation diseases. *Mini rev. Med. Chem.* 14, 444–452.
79. **Syafwan, s.; kwakkel, r.; verstegen, m, 2011.** Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens. *Worlds poult. Sci. J.* 67, 653–674.
80. **Sykes a.h., 1977.** Nutrition-environment interactions in poultry. In *nutrition and the climatic environment*, hare sign w., swan h. And lewis d. Eds, butterworths, sevenoaks (gb) 17-30.

81. **Tajkarimi, m.; ibrahim, s.a, 2011.** Antimicrobial activity of ascorbic acid alone or in combination with lactic acid on escherichia coli o157: h7 in laboratory medium and carrot juice. *Food control* 22, 801–804.
82. **Tufarelli, v.; dario, m.; laudadio, v, 2007.** Effect of xylanase supplementation and particle-size on performance of guinea fowl broilers fed wheat-based diets. *Int. J. Poult. Sci.* 4, 302–307.
83. **Uni, Z., Y. Noy, and D. Sklan, 1995.** Posthatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy- and light-strain chicks. *Poult. Sci.* 74:1622–1629
84. **Vathana s., kang k., loan c. P., thinggaard g., kabasa j. D., termeulen u., 2002.** Effect of vitamin c supplementation on performance of broiler chickens in cambodia. Conference on international agricultural research for development deutschertropentag .witzenhausen, october 9-11.
85. **Verghese, r.j.; ramya, s.; kanungo, r, 2017.** In vitro antibacterial activity of vitamin c and in combination with ciprofloxacin against uropathogenicescherichia coli. *J. Clin. Diagn. Res.* 11, 1–5.
86. **Viveros a., s chamorro., ipizarro., c. Arijacenteno and a. Brenes 2011.** Effects of dietary polyphenol- rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. *Poult. Sci.* 90, 566-578.
87. **Watson, r.r.; zibadi, s.; preedy, v.r, 2010.** *dietary components and immune function*; springer science & business media: new york, ny, usa, 2010.
88. **Yamauchi k., t. Buwjoom, k koge, t. Ebashi, 2006.** Histological intestinal recovery in chickens refeed dietary sugar cane extract. *Poult sci* 85: 645-651.
89. **Zulkifi, i., norma, m.t., israf, d.a. And omar, a.r. 2000.** The effect of early age feed restriction on subsequent response to high environmental temperature in female broiler chickens. *Poultry science* 79: 1401-1407.

---

## Sources Internet

### Source internet 1

<http://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=vitamine Cp>

**Booster, 2020.** Vitamine c - tout savoir sur la vitamine c. <https://nutrisport-performances.com/boutique/blog/post/6-vitamine-c-tout-savoir-sur-la-vitamine-c>

**pauline petit, 2018.** L'acerola, cerise magique. <https://www.consoglobe.com/recette-bio-alimentation-bio-acerola-cerise-magique-2270-cg>

## **Résumé**

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la supplémentation alimentaire en vitamine C sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair élevé en condition de stress thermique chronique. Au total, 440 poulets mâles, âgés de 28j ont été répartis en 2 lots, un lot « Témoin » nourri avec un aliment standard adapté à l'âge et un lot « Vitamine C » recevant un aliment standard adapté à l'âge et supplémenté de 400 ppm d'Acide Ascorbique à partir de J28. Pendant toute l'expérimentation, (J28 à J49), l'eau et l'aliment ont été distribués à volonté. L'ensemble des animaux était élevé dans un même bâtiment et soumis aux mêmes fluctuations des températures ambiantes de la saison estivale ( $30^{\circ}\text{C}\pm 1$ ). A l'abattage, le poids et la longueur de l'intestin ont été mesurés et les lames histologiques de la paroi des parties proximales et distales du duodénum, jéjunum et l'iléon ont été réalisées. Dans nos conditions de stress thermique chronique, la supplémentation alimentaire en vitamine C (400 ppm) n'a pas amélioré de manière significative le poids et la longueur de l'intestin. En revanche, la taille des villosités du duodénum proximale et distale, jéjunum proximale et distale, iléon proximale et distale semble être amélioré chez les poulets supplémentés en vitamine C et soumis à un stress thermique chronique.

**Mots clés :** Vitamine C, Histomorphométrie, Stress thermique, Poulet de chair, Intestin

## **Abstract**

This study was conducted to determine the effect of dietary supplementation with vitamin C on intestinal histomorphometry of broiler chickens subjected to chronic heat stress. A total of 440 28-day old chickens were divided into 2 groups a "Control" group fed with a standard diet and a "Vit C" group receiving a basal diet supplemented with 400 ppm of vit C. During all of the experiment (d28 to d49), water and food were distributed ad libitum. All the animals were reared in the same conditions and subjected to the same ambient temperature fluctuations in ambient temperatures of the summer season ( $30^{\circ}\text{C}\pm 1$ ). At slaughter, the weight and length of the intestine were measured and histological slides of the wall of the proximal and distal parts of the duodenum, jejunum and ileum were made. In our chronic heat stress conditions, dietary vitamin C supplementation (400 ppm) did not significantly improve intestine weight and length. On the other hand, the size of the villi of the proximal and distal duodenum, jejunum and ileum seem to be improved in chickens supplemented with vitamin C and subjected to chronic heat stress.

**Key words:** Vitamin C, Histomorphometry, Heat stress, Broiler, Intestine

## الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير مكملات فيتامين ج الغذائية على القياس النسيجي المعوي ل دجاج التسمين التي تربي تحت ظروف الإجهاد الحراري المزمن. تم تقسيم ما مجموعه 440 دجاجة، عمرها 28 يوماً، إلى دفتين، دفعة "مراقبة" تغذى بأعلاف قياسية تتكيف مع العمر ودفعة "فيتامين ج" تتلقى علماً قياسياً يتكيف مع العمر ومكمل من 400 جزء في المليون من حمض الأسكوربيك من اليوم 28 وطوال التجربة (D28 إلى D49)، تم توزيع الماء والغذاء على أساس الرغبة. تمت تربية جميع الحيوانات في نفس المبنى وتعرضت لنفس التقلبات في درجات الحرارة المحيطة لموسم الصيف (30 درجة مئوية  $\pm$  1). عند الذبح، تم قياس وزن وطول الأمعاء وصنع الشرائح النسيجية لجدار الأجزاء القريبة والبعيدة من الامعاء الدقيقة. في ظل ظروف الإجهاد الحراري المزمن، لم تحسن مكملات فيتامين ج الغذائية (400 جزء في المليون) بشكل ملحوظ من وزن الأمعاء وطولها. من ناحية أخرى، يبدو أن حجم الزغابيات في الامعاء الدقيقة القريبة والبعيدة، قد تحسن في الدجاج المضاف إليه فيتامين سي ويتعرض للإجهاد الحراري المزمن. الكلمات المفتاحية: فيتامين سي، قياس النسيج، الإجهاد الحراري، دجاج التسمين، الأمعاء