

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITE BATNA 1**



**INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES  
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**THESE**

*Pour l'obtention du diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle*

**Filière : Sciences Agronomiques**

**Specialité : Production animale**

**Présentée par: M<sup>elle</sup> Sahraoui Leila**

**THEME**

**Reponses du poulet de chair à l'addition d'argile  
naturelle et de condiments**

**JURY**

Président: Bennoune Omar

Directeur de thèse: Ouachem Derradji

Examineur: Senoussi Abdelhakim

Examineur: Adamou Abdelkader

Examineur: Kaboul Nourredine

**Grade et Université**

Prof.Université Batna1

Prof.Université Batna1

Prof.Université Kasdi Merbah Ouargla

Prof.Université Kasdi Merbah Ouargla

M.C.A.Université Batna1

**Année universitaire: 2021/2022**

## REMERCIEMENTS

Je remercie **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné la puissance, la patience, la santé et la volonté pour arriver au terme de ce travail dans les meilleures conditions possibles.

Également, il m'est particulièrement agréable de remercier vivement:

**Professeur Ouachem Derradji** pour avoir accepté de m'encadrer et de diriger ce travail doctoral d'une manière exemplaire et pour le temps qu'il m'a consacré.

**Professeur Bennoune Omar** pour avoir accepté d'honorer la présidence de mon jury de thèse.

**Prof. Adamou Abdelkader, Prof. Senoussi Abdelhakim et Docteur Kaboul Nourredine** pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de faire partie de ce jury.

Je tiens à remercier aussi :

Tous les gens qui m'ont aidé pour réaliser ce travail et tous ceux qui m'ont prêté main forte pendant les moments difficiles.

## Dédicaces

Je dédie cette thèse à..... ✍

A l'âme de mon père, que dieu ait pitié de lui avec sa grande miséricorde.

A ma très chère maman

A mes très chers frères

A mes très chères sœurs

A toute ma famille

A mes chers amis

A tous ceux qui m'est chers

A tous ceux qui aiment la science

## Liste des tableaux

Tableau 1. Composition chimique du kaolin et de la marne (%) selon différents auteurs.....	19
Tableau 2. Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles des aliments de démarrage et de croissance utilisés. ....	52
Tableau 3. Composition chimique de kaolin et de la marne (%) .....	53
Tableau 4. Caractéristiques des régimes alimentaires testés.....	53
Tableau 5. 1. Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de kaolin sur les performances de croissance. ....	61
Tableau 5. 2. Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de marne sur les performances de croissance. ....	61
Tableau 6. 1. Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur le rendement de carcasse et en découpe. ....	67
Tableau 6. 2. Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur le rendement de carcasse et en découpe. ....	67
Tableau 7. 1. Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur la densité de l'intestin grêle (g/cm <sup>2</sup> ). ....	68
Tableau 7. 2. Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur la densité de l'intestin grêle (g/cm <sup>2</sup> ). ....	68
Tableau 8. 1. Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur les indicateurs de qualité de viande.....	70
Tableau 8. 2. Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur les indicateurs de qualité de viande.....	71
Tableau 9. 1. Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de kaolin sur la qualité de l'os .....	72
Tableau 9. 2. Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de marne sur la qualité de l'os. ....	72
Tableau 10. 1. Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin sur l'état de l'emplumement à l'âge de 3 semaines.....	75
Tableau 10. 2. Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'état de l'emplumement à l'âge de 3 semaines.....	75
Tableau 11. 1. Effet de l'addition de 3% de mélange à base de kaolin sur l'activité du poulet de chair à 5 et 6 semaines.....	76
Tableau 11. 2. Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'activité du poulet	

de chair à 5 et 6 semaines.....	77
Tableau 12. 1. Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin sur l'immobilité tonique.....	78
Tableau 12. 2. Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'immobilité tonique.....	78
Tableau 13. 1. Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin sur l'humidité des fientes.....	80
Tableau 13. 2. Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'humidité des fientes.....	80

## Liste des figures

Figure 1. Disposition et aménagement des cages.....	52
Figure 2. Rendement en découpe de poulet de chair.....	56
Figure 3. Densité de l'intestin grêle .....	57
Figure 4. Echelle d'emplumement .....	58
Figure 5. Position du poulet au dos sur le berceau.....	60

## Liste des abréviations

AFC	antibiotiques facteurs de croissance
ATB	Antibiotique
WOAH	World organisation of animal health (Organisation mondiale de la santé animale)
AAF	additifs alimentaires phytoènes
GGT	$\gamma$ -glutamyltransférase
LDH	L-lactate déshydrogénase
AMY	l' $\alpha$ -amylase
AST	aspartate aminotransférase
ALT	alanine aminotransférase
CK	créatine kinase
pH	Potentiel hydrogène
ALP	phosphatase alcaline
IT	Immobilité tonique
IS	Indice de Seedor.
MM	matières minérales
FOS	fructo-oligosaccharides
PPC	poulet prêt à cuire
GP	gain de poids
IC	indice de consommation
PV	poids vif
LPS	lipopolysaccharides
AFB1	Aflatoxine B1
GMQ	gain moyen quotidien
PCV	l'hématocrite
GSH	glutathion peroxydase
HDL	lipoprotéines de haute densité
LDL	lipoprotéines totales de basse densité
T	Aliment témoin sans addition
KA	Aliment témoin + 3% de mélange à base de kaolin et d'ail
KG	Aliment témoin + 3% de mélange à base de kaolin et de gingembre
KAG	Aliment témoin + 3% de mélange à base de kaolin, d'ail et de gingembre

- MA Aliment témoin + 3% de mélange à base de marne et d'ail
- MG Aliment témoin + 3% de mélange à base de marne et de gingembre
- MAG Aliment témoin + 3% de mélange à base de marne, d'ail et de gingembre

## **TABLES DES MATIERES**

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 13

### **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

I. Les argiles ..... 17

I.1. Le kaolin ..... 18

I.2. La marne..... 18

I.3. Effets sur la digestibilité, l'absorption et le transit..... 19

I.4. Effets sur la muqueuse intestinale ..... 21

II. Les condiments ..... 24

II.1. L'ail et le gingembre comme facteurs de croissance chez les volailles ..... 24

II.2. Rappel général sur les deux types de condiments (ail, gingembre) ..... 25

II.2.1. Compositions chimiques et molécules bioactives ..... 25

II.2.2. Activités antibactérienne, antivirale et antiparasitaire ..... 26

II.2.3. Activités antioxydantes et anticholestéremiantes ..... 27

II.3. Utilisations chez les volailles..... 28

II.3.1. Effets sur la consommation et l'efficacité alimentaire..... 28

II.3.2. Effets sur la digestion, la muqueuse de l'intestin grêle et les paramètres sanguins ..... 29

II.3.3. Effets sur la croissance..... 30

II.3.4. Effets sur le rendement et la qualité de carcasse..... 31

II.3.5. Effets sur la production et la qualité des œufs..... 32

II.4. Possibilités de combiner l'ail et/ou le gingembre avec d'autres additifs ..... 33

II.5. Conclusion..... 33

References ..... 35

### **PARTIE EXPERIMENTALE**

I. Matériel et méthodes ..... 51

I.1. Objectif ..... 51

I.2. Période, lieu et aménagement expérimental..... 51

I.3. Animaux..... 51

<b>I.4. Aliment et additifs naturels.....</b>	<b>52</b>
<b>I.4.1. Aliment.....</b>	<b>52</b>
<b>I.4.2. Additifs.....</b>	<b>53</b>
<b>I.5. Conduite d'élevage.....</b>	<b>54</b>
<b>I.5.1. Avant la réception des poussins.....</b>	<b>54</b>
<b>I.5.2 A la réception des poussins .....</b>	<b>54</b>
<b>I.5.3 Au cours d'élevage .....</b>	<b>54</b>
<b>I.6. Paramètres mesurés.....</b>	<b>55</b>
<b>I.6.1 Effets des différents mélanges naturels sur les paramètres de croissance .....</b>	<b>55</b>
<b>I.6.2 Effets des mélanges naturels sur le rendement de carcasse .....</b>	<b>55</b>
<b>I.6.3 Densité de l'intestin grêle .....</b>	<b>56</b>
<b>I.6.4. Effets des mélanges naturels sur la qualité de la viande et de l'os .....</b>	<b>57</b>
<b>I.6.5. Effets de l'addition des mélanges naturels sur l'état d'emplumement.....</b>	<b>58</b>
<b>I.6.6. Effets des mélanges naturels sur certains indicateurs de bien-être .....</b>	<b>58</b>
<b>I.7. Analyse statistique .....</b>	<b>60</b>
<b>II. Résultats et discussions .....</b>	<b>61</b>
<b>II.1. Effets de l'addition de mélanges de substances naturelles sur les performances de croissance .....</b>	<b>61</b>
<b>II.2. Effets de mélanges de substances naturelles sur le rendement de carcasse et en découpe.....</b>	<b>66</b>
<b>II.2.1 Rendements en poulet prêt à cuire .....</b>	<b>66</b>
<b>II.2.2 Rendement en découpe .....</b>	<b>67</b>
<b>II 3. Effets de mélanges de substances naturelles sur la densité de l'intestin grêle.....</b>	<b>68</b>
<b>II 4. Effets de l'addition de mélanges de substances naturelles sur la qualité de la viande et de l'os.....</b>	<b>70</b>
<b>II 4.1. Qualité de la viande.....</b>	<b>71</b>
<b>II 4.2. Qualité de l'os .....</b>	<b>72</b>
<b>II.5. Effet de l'addition de mélanges de substances naturelles sur l'état d'emplumement</b>	<b>75</b>
<b>II.6. Effet de l'addition de mélanges de substances naturelles sur certains indicateurs de bien-être.....</b>	<b>76</b>
<b>II.6.1. Conséquences sur l'activité du poulet .....</b>	<b>76</b>
<b>II.6.2. Immobilité tonique (test d'anxiété ou de peur) .....</b>	<b>78</b>
<b>II.6.3. Etat des fientes.....</b>	<b>80</b>
<b>Références .....</b>	<b>83</b>

<b>Conclusion générale et prerspectives.....</b>	<b>97</b>
<b>Annenes .....</b>	<b>99</b>
<b>Article. Sahraoui L., Ouachem D., Lombarkia S.,2022. Effects of adding natural blends of kaolin and Spices on broiler performance, meat and bone quality.Agricultural Science Digest, 42(2): 238-242. Doi:10.18805/ag.DF-378.....</b>	<b>100</b>
<b>Résumé .....</b>	<b>104</b>

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Au cours des dernières décennies, l'activité avicole a connu une croissance spectaculaire à l'échelle internationale ou nationale de sorte que l'élevage du poulet fournit la viande la plus consommée dans le monde. A travers cette dynamique, les produits de volailles sont devenus ainsi un aliment populaire accessible aux différentes couches sociales (**Adbhai et al., 2019**). Ceci a été motivé par une offre importante, un prix relativement accessible, une teneur en gras moins importante et une richesse en protéines, en acides aminés essentiels, en minéraux et en vitamines (**Cherian et al., 2005**).

Le poulet standard est le système d'élevage le plus répandu à l'échelle nationale, il fournit environ 60% de la consommation de protéines animales ; cette consommation est jugée insuffisante par rapport à celle rapportée à l'échelle internationale (**Boussaâda, 2021**).

Par ailleurs, les performances des élevages avicoles se caractérisent par une faible rentabilité motivée par une conversion alimentaire excessive (2,73), un faible gain de poids (43g/j), un long cycle d'élevage (57 jours), un taux de mortalité élevé (9,94%) et un coût de production élevé (**Kaci, 2013**). De même, le système intensif a également entraîné une série de problèmes de bien-être, notamment des comportements nuisibles, des lésions sur certaines parties du corps et diverses maladies. Les problèmes de bien-être ont généralement de multiples facettes, mais ils apparaissent lorsque les animaux sont incapables de répondre à leurs exigences comportementales inhérentes, ce qui est le cas dans la majorité des systèmes avicoles actuels. (**Ekesbo, 2011 ; El-Deek et El-Sabrou, 2019**).

Pour rester performant et compétitif, les aviculteurs sont généralement confrontés au challenge de recherche de pistes économiques, performantes, naturelles, offrant un certain niveau de bien-être et conservatrices de l'environnement. Pour atteindre ces objectifs, de nombreuses stratégies de recherche ont été testées et proposées aux aviculteurs et aux industriels. Ainsi, pour réduire la charge d'agents pathogènes, prévenir les infections et favoriser une hygiène intestinale propice à une meilleure absorption de nutriments, les antibiotiques facteurs de croissance (AFC) ont été largement utilisés (**Castanon, 2007**). L'effet des antibiotiques est plus prononcé dans les situations où les oiseaux sont élevés dans des conditions moins favorables et dégradées et lorsqu'ils reçoivent un régime alimentaire déficient en éléments essentiels. Malgré ces effets bénéfiques, leur emploi chez les volailles et en alimentation animale est désormais interdit partout dans le monde du fait des problèmes d'antibiorésistance inhérents, conduisant au développement de souches bactériennes pathogènes résistantes aux antibiotiques (*Staphylococcus aureus* et *Streptococcus spp.* et autres) et la présence de résidus d'antibiotiques dans les produits issus des volailles fortement contestés par les consommateurs. De plus, l'application continue d'AFC influence

négalement sur la microflore naturelle utile du tractus gastro-intestinal, comme les saprophytes, les commensaux et les bactéries non pathogènes. En effet, l'élimination de cette flore du tractus gastro-intestinal par l'utilisation continue d'antibiotiques peut entraîner des pertes de vitamines B et K. en conséquence, depuis 1999, beaucoup d'antibiotiques promoteurs de croissance sont désormais interdits en Union Européenne en raison du développement de bactéries fortement résistantes chez les humains et les animaux (**Huyghebaert et al., 2011 ; McNamee et al., 2013**). En Algérie (**décision n°472 du 24/12/2006**), les substances médicamenteuses considérées comme additifs appartenant aux antibiotiques ont été interdites et seules les substances appartenant au groupe coccidiostatiques sont autorisées (semduramycine- salinomycine- Narasin- Monensin). l'OMS et l'organisation mondiale de la santé animale (**WOAH**) insistent sur les secteurs de la santé, de l'agriculture et de la médecine vétérinaire pour réduire l'utilisation excessive des antibiotiques comme facteurs de croissance dans le but de diminuer la propagation de bactéries résistantes (**Aidara-Kane, 2012**). Pour pallier à cette problématique, des alternatives naturelles reposant sur l'emploi de probiotiques, de prébiotiques, de symbiotiques, d'enzymes, d'huiles essentielles, de vitamines et d'extraits de plantes, de phytobiotiques et d'argiles ont suscité beaucoup d'intérêt et ont été recommandées comme additifs (**Yang et al., 2008 ; Ajit et al., 2016**).

A l'heure actuelle, les scientifiques orientent et intensifient leurs recherches sur les différentes alternatives naturelles présentes dans leur environnement. L'argile et les additifs alimentaires phyto-gènes sont parmi les substances naturelles qui ont attirés une attention particulière en production animale du fait de leurs caractères durable, moins toxique, sans résidus, économique et conservateur de l'environnement. (**Wang et al., 1998 ; Guo, 2003 ; Durna Aydin et al., 2020**).

Les minéraux argileux en font partie et on les trouve en abondance dans la nature (**Ortiz et al., 2016**). Plusieurs types d'argiles ont fait l'objet de recherches successives où il a été démontré qu'elles n'avaient aucun effet négatif sur la santé des animaux. (**Prvulovic et al., 2008; Safaei et al., 2010; Ouachem et al., 2015b; Ouachem et al., 2017**). Antérieurement, il a été rapporté que l'ajout d'argiles ralentissait le passage des aliments, améliorait la digestibilité et favorisait l'absorption des minéraux et des nutriments (**Ayed et al., 2011 ; Olgun et Aygun, 2016**).

Les additifs alimentaires phyto-gènes sont des dérivés d'herbes, d'épices et de plantes aromatiques. Ils sont signalés comme ayant un large éventail d'activités, y compris des propriétés antioxydantes, anthelminthiques, antimicrobiennes, antivirales, antifongiques, anti-

coccidiennes, et peuvent également agir comme un stimulateur de croissance et un modulateur immunitaire (Upadhayay et al., 2012 ; Gopi et al., 2014 ; Yang et al., 2018). L'ail (*Allium sativum*) et le gingembre (*Zingiber officinale*) sont parmi les substances phyto additives couramment utilisés en phytothérapie et en alimentation des volailles. Ces condiments se caractérisent par leur richesse en composants bioactifs (gingérol et allicine) qui leurs confèrent des activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoire (Hanieh et al., 2010 ; Mansoub et Nezhady, 2011 ; Mahboubi, 2019 ).

Les réponses positives rapportées dans la littérature ont généralement été observées en études expérimentales utilisant ces additifs seuls en alimentation et très peu en mélange. A cet effet, la thématique de cette thèse a été initiée dans le but d'étudier les effets de l'addition de 3% de préparations naturelles à base d'argiles (marne ou kaolin) associées à l'ail, au gingembre et/ou à leur mélange sur les performances du poulet au démarrage et à l'abattage, le rendement en découpe et la qualité de carcasse, la qualité de l'os et sur certains indicateurs de bien-être.

Comme démarches, le contenu de la présente thèse a été réparti entre une partie bibliographique dans laquelle les effets de l'emploi des argiles, de l'ail et du gingembre en alimentation des volailles ont été passés en revue et une partie expérimentale consacrée à l'étude de l'emploi de trois mélanges à base de marne et de condiments (ail et gingembre) et de trois autres mélanges à base de kaolin et de condiments. Les réponses du poulet ont été appréciées au niveau :

- des performances de croissance au démarrage et à l'âge d'abattage ;
- du rendement du poulet prêt à cuire ;
- de la qualité de la viande et de l'os ;
- l'état d'emplumement, l'état des fientes et la densité de l'intestin grêle ;
- des indicateurs de bien-être.

# **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. Les argiles

Les argiles présentent un intérêt croissant à cause de leurs nombreuses applications dans différents domaines. Les différentes colorations des argiles sont dues aux minéraux qui entrent dans leurs compositions (fer, chaux, cuivre, phosphore et calcium). Les argiles ont des propriétés comparables mais leur richesse en tels ou tels minéraux peut amplifier certains indicateurs thérapeutiques. Les argiles vertes (illites) sont les plus courants et le plus polyvalentes des argiles cosmétiques et thérapeutiques. Les argiles rouges possèdent des propriétés comparables à celles des argiles vertes et sont riche en fer, elles auraient aussi une action sur la circulation du sang possède également des propriétés adoucissantes, tonifiantes et purifiantes. Les argiles jaunes, bleues, grises ou roses ont peu de différences majeures par rapport aux argiles vertes et rouges tandis que les argiles blanches sont très pures et conviennent aux peaux sèches et sensibles.

L'ingestion de terre appelée géophagie est un phénomène naturel observé chez toutes les espèces animales. **Chaumande (2011)** a rapporté que tous les animaux ayant à leur disposition de la kaolinite, en consomment tous les jours malgré un apport nutritionnel non limité. La consommation spontanée de kaolinite a été mise en évidence dans d'autres études, notamment en cas de troubles digestifs ou pour réduire un état de malaise (**Andrews et Horn 2006**). Par ailleurs, dans le document "**Vajra 2011**" il a été décrit que guidés par leur instinct, des animaux n'hésitaient pas à prendre un bain dans les boues d'argile pour se soigner, que la bécasse a été trouvée avec un lien de plante enduit d'argile, que le sanglier se recouvre de boue pour soigner une blessure profonde, que des oiseaux de Pérou se gavent d'argile pour se débarrasser de graines toxiques ingérées, que les pigeons sont mieux protégé contre diverses infections par la distribution de l'argile comme un complément alimentaire, les porcs recherchent pour leur équilibre intestinal de nombreux oligo-éléments.

En conséquence, des argiles ont été testées et recommandées en alimentation animale en tant que produit naturel capable d'améliorer la qualité physique et la conservation des aliments destinés aux animaux, pour stimuler les performances, la santé et le bien-être des animaux, améliorer l'utilisation digestive, l'état sanitaire, les performances et la qualité des produits (**Ouhida et al., 2000a ; Ouhida et al., 2000b ; Wester, 2002 ; Xia et al., 2004 ; Ouachem et al., 2015a**).

Les argiles ou aluminosilicates sont des minéraux naturels dotés de propriétés adsorbantes et des effets pharmacologiques polyvalents (**Semenenko et al., 2020**). Chez les volailles, nombreuses publications décrivent les effets positifs des aluminosilicates sur la

digestibilité des nutriments, le gain de poids, l'indice de consommation, la qualité de la viande, la résistance de l'os, les performances de ponte, le système immunitaire, les paramètres sanguins, la santé et le bien-être (**Ouachem et al., 2009 ; Ouachem et al., 2011a et b ; Ouachem et al., 2015a ; Ouachem et al., 2015b ; Lombarkia, 2016. Ouachem et al., 2017**). En raison de ses effets favorables sur les performances, la graisse abdominale, la viscosité du digesta iléal, la digestibilité iléale et la hauteur des villosités duodénales, **Yalçın et al (2017)** ont montré que la supplémentation en sépiolite à 1 % était un additif efficace chez les poulets de chair.

### **I.1. Le kaolin**

Le kaolin est une argile blanche, cassante et résistante à la chaleur, constituée de kaolinite, une granulométrie constituée majoritairement de kaolin, de matières micacées et autres argiles, de quartz et de feldspath (**Ouachem et al., 2015b**). Par ailleurs, la kaolinite a une capacité d'échange de cations (1 à 15 meq/100g) et présente une relative richesse en cuivre, calcium, phosphore, sodium et zinc (**Abrahams, 1997**). Sa composition physico-chimique rapportée dans des études antérieures est résumée dans le tableau 1.

La kaolinite est largement utilisée comme liant pour la fabrication d'aliments granulés, comme anti-agglomérant, comme anti-diarrhéique et pour la réduction des aflatoxines (**Spotti et al., 2005**). Le kaolin est comme additif zootechnique pour l'équilibre du microbiote, l'efficacité digestive et d'absorption des nutriments et améliorer par voie de conséquences les performances et la qualité des produits des oiseaux (**Lemos et al., 2015 ; Souza et al., 2019**).

### **I.2. La marne**

Les marnes calcaires ou calcaires marneux, sont des roches sédimentaires comprenant du calcaire  $\text{CaCO}_3$  et de l'argile, selon la prédominance de l'un ou de l'autre. Les marnes sont de couleur grise blanchâtre ou brunâtre mais peuvent aussi être grises, vertes, rouges ou panachées. Les marnes vertes contiennent la glauconite et la marne rouge contient des oxydes de fer (**Ronald, 2012**). Généralement, elles sont riches en oxyde de calcium ( $\text{CaO}$ ) et en oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (**Ahmed Gaid, 2016**). Les marnes ont une plus grande capacité d'échange de cations, leur composition physico-chimique rapportée dans des études antérieures est résumée dans le tableau 1.

D'intéressantes réponses ont été décrites tant chez le poulet de chair que chez la poule pondeuse sous l'effet de l'addition de marne comme additif alimentaire (**Ouachem et al. (2015a ; Grine, 2016 ; Ahmed Gaid, 2016 ; Lombarkia, 2016)**). Ces effets ont été ressentis au niveau des performances de croissance, l'état d'humidité des fientes, l'histo-

morphométries intestinale et la qualité de l'os du tibia (Ouachem et al., 2009 ; Ouachem et al., 2011b ; Ouachem et al., 2015a ; Ouachem et al., 2017).

**Tableau 1.** Composition chimique du kaolin et de la marne (%) selon différents auteurs.

	<b>Kaolin</b>	<b>Marne</b>
<b>CEC</b> (*)	1- 15 <sup>(7)</sup>	20,5 <sup>(1)</sup> - 36,5 <sup>(5)</sup>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	49,3 <sup>(1)</sup> - 67,54 <sup>(3)</sup>	43,77 <sup>(5)</sup> - 61,82 <sup>(6)</sup>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16,96 <sup>(3)</sup> - 33 <sup>(5)</sup>	13,34 <sup>(5)</sup> - 21,08 <sup>(6)</sup>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,2 <sup>(4)</sup> - 2,5 <sup>(1)</sup>	3,25 <sup>(6)</sup> - 5,56 <sup>(5)</sup>
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,24 <sup>(1)</sup>	/
<b>CaO</b>	0,08 <sup>(1)</sup> - 3,87 <sup>(3)</sup>	2,44 <sup>(6)</sup> - 7,86 <sup>(5)</sup>
<b>MgO</b>	0,4 <sup>(4)</sup>	2,08 <sup>(5)</sup> - 2,67 <sup>(6)</sup>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2,9 <sup>(1)</sup>	0,95 <sup>(6)</sup> - 2,02 <sup>(5)</sup>
<b>SO<sub>3</sub></b>	0,01 <sup>(4)</sup>	/
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,5 <sup>(4)</sup> - 0,1 <sup>(1)</sup>	1,12 <sup>(5)</sup> - 2,44 <sup>(6)</sup>
<b>Matière organique</b>	0,48 <sup>(1)</sup>	0,6 <sup>(1)</sup>
<b>Matière minérale</b>	93,6 <sup>(2)</sup>	/
<b>Phosphore</b>	0,8 <sup>(2)</sup>	/
<b>Calcium</b>	0,28 <sup>(2)</sup>	4,6 <sup>(1)</sup>
<b>pH</b>	7 <sup>(4)</sup>	/

(\*) milli équivalent /100 g de sol. <sup>(1)</sup> Ouachem et al. (2015b) ; <sup>(2)</sup> Reis et al. (2020) ; <sup>(3)</sup> Kim et al. (2011) ; <sup>(4)</sup> Safaei et al. (2014) ; <sup>(5)</sup> Ahmed Gaid (2016) ; <sup>(6)</sup> Durna Aydin et al. (2020). <sup>(7)</sup> Ortiz et al. (2016)

### I.3. Effets sur la digestibilité, l'absorption et le transit

Au cours des dernières années, beaucoup de travaux ont été réalisés en alimentation des volailles et qui étaient focalisés sur l'emploi d'additifs naturels, d'huiles essentielles, d'enzymes, d'extraits d'actif végétaux et des matières minérales (Cu, Zn, Co...) dans le but d'améliorer l'hygiène digestive, l'efficacité alimentaire, l'absorption des nutriments et d'optimiser les performances. Dans le même contexte, différents types d'argiles ont été utilisées comme additifs naturels dans l'alimentation des volailles. Attirés par le pouvoir adsorbant qui caractérise les argiles, leur capacité d'échange cationique, leurs propriétés antibactériennes, leur pouvoir détoxifiant et leur propriétés technologiques, beaucoup de chercheurs ont étudiés leurs effets sur l'efficacité digestive des aliments. Ainsi, L'utilisation de sépiolite a montré ses aptitudes dans le ralentissement de la vitesse de passage des digestas, ce qui permet à ce type d'argile, d'augmenter le rendement digestif chez la volaille et le porc (Tortuero et al., 1992 ; Ouhida et al., 2000b).

**Tortuero et al. (1992)**, avaient rapporté que la supplémentation de 1,5% de sépiolite dans un aliment farineux chez le poulet de chair a été accompagnée par un allongement du temps de transit des digestas chez 87,5% des sujets traités (2 à 3 heures contre 1,5 à 1,75 heures).

Selon **Melcion (1995)**, l'argile augmente le temps de rétention des particules alimentaires dans le tube digestif avec des conséquences positives sur l'efficacité digestive et sur la disponibilité de l'énergie. Par ailleurs, des effets similaires ont également été observés chez le porc recevant de la sépiolite dans son régime. Ceci se trouve notamment, dans les travaux de **Ouhida et al. (2000b)** qui avaient rapporté un prolongement dans le temps de rétention des particules en présence de sépiolite magnésique et ceux de **Luca et al. (2004)** qui ont montré que la sépiolite réduit significativement la fréquence de diarrhée chez le porcelet de 31%. Selon ces derniers auteurs, l'hypothèse la mieux acceptée expliquant l'effet de la sépiolite, serait une diminution de la viscosité motivée par une absorption d'eau se trouvant dans la lumière intestinale et un étalement du temps de rétention. Dans ce cas, l'activité enzymatique s'accroît, donnant lieu à une optimisation de l'efficacité digestive et d'absorption.

Chez le jeune poulet, il a été observé en présence de marne par **Ouachem et al. (2009)** une amélioration significative de l'utilisation des protéines (+8,6% ; 63,5 vs 58,5) et de la matière grasse (+7,5% ; 80,6 vs 75,0). Tenant compte des contraintes digestives liées à l'utilisation des nutriments par le jeune poulet et particulièrement celle des lipides, **Ouachem et al. (2011)** ont testé, chez le poulet de chair, au cours d'un bilan digestif (J9-J12), les effets de l'addition de 3% de marne sur la digestibilité d'un aliment démarrage contenant 5% d'huile acide. Comme attendu, chez le groupe témoin, les résultats étaient caractérisés par une dégradation de l'efficacité digestive et les performances. En effet, selon **Goda et Takase (1994)**, les animaux nourris avec un régime riche en lipides, présentent des hauteurs de microvillosités réduites de 28% avec une légère augmentation de leur diamètre conduisant à une réduction considérable de la surface d'échange totale. Cependant, il a été observé chez les sujets recevant la marne un accroissement significatif de la digestibilité des protéines (+18% ; 70,3% vs 59,6%) et celle des lipides (+5,1% ; 82 % vs 78%). Cet effet a été observé et interprété par **Prvulović et al. (2007)** par l'effet adsorbant de la clinoptilolite à l'encontre de la flore pathogène, ce qui permet d'éviter la déconjugaison des sels biliaires.

Une autre explication a été retrouvée dans la thèse de **Chaumande (2011)**, selon laquelle, l'ingestion de kaolinite en complément alimentaire et sa présence dans l'intestin,

s'accompagne d'un changement significatif de la morphologie de la muqueuse intestinale et dans l'accumulation des lipides, en comparaison avec les animaux témoins. Faisant référence au même auteur, il a été constaté en microscopie électronique, à la base des entérocytes des sujets recevant de la kaolinite des vacuoles, vraisemblablement lipidiques ayant contribué à l'augmentation de l'épaisseur des villosités. Ce qui laisse supposer qu'en présence de kaolinite, on améliore l'absorption des lipides.

Les réponses observées avec marne par **Ouachem et al. (2009 et 2011b)** et avec kaolinite par **Chaumande (2011)**, existent aussi dans les résultats antérieurs de **Quisenberry (1968)** qui avait suggéré que l'administration de petites particules de kaolinite, se traduit par une augmentation de l'efficacité énergétique de l'ordre de 2 calories d'énergie métabolisable par gramme d'aliment. Il en est de même pour **Çabuk et al. (2004)** qui ont rapporté que l'utilisation de phyllosilicates tels que la zéolite, améliore la rétention des minéraux par une diminution dans l'excrétion fécale moyennant les 26% (3,07% vs 4,14%).

En plus de ces aspects, l'emploi des argiles dans le but de corriger les effets négatifs des mycotoxines sur les performances a été recommandé. Ainsi, la baisse de l'efficacité digestive motivée par la présence d'aflatoxines dans les aliments a été améliorée en présence de 0,15 ou 0,3% de bentonite (**Chaturvedi et Singh, 2004**). Parallèlement, l'apport de 0,25 et 0,5% de bentonite ont permis d'améliorer les conséquences négatives habituellement provoquées par les aflatoxines sur les concentrations plasmatiques en calcium et en phosphore (**Eraslan et al., 2005**).

#### 1.4. Effets sur la muqueuse intestinale

Les travaux menés durant les deux dernières années pour tenter de comprendre les mécanismes d'action des argiles ont apporté des informations intéressantes grâce aux observations faites sur des coupes histologiques par microscopie photonique (**Xia et al., 2004 et 2005**) ou électronique (**Chaumande, 2011**). Le principal constat ce sont les modifications histologiques et morphologiques remarquables observées au niveau de l'épithélium intestinal et l'organe de l'immunité (bourse de Fabricius). Globalement, sur le plan histologique, un accroissement significatif de la hauteur des villosités du duodénum (839 $\mu$ m vs 749 $\mu$ m), du jéjunum (1020 $\mu$ m vs 895 $\mu$ m) et de l'iléon (739 $\mu$ m vs 647 $\mu$ m) a été constaté chez le poulet par **Xia et al. (2004)** et chez le porc, respectivement pour les trois segments, par **Xia et al. (2005)** (786 $\mu$ m vs 695 $\mu$ m ; 939 $\mu$ m vs 810 $\mu$ m ; 681 $\mu$ m vs 585m).

Cet effet significatif a été observé avec 3% de marne par **Ouachem et al. (2017)**, uniquement au niveau des villosités du jéjunum (1016 $\mu$ m vs 807 $\mu$ m) et de façon plus discrète,

au niveau de l'iléon. Cependant, au niveau des cryptes, encore appelées glandes de Liberkühn (site de régénération des cellules épithéliales), alors que l'effet de la montmorillonite sur la profondeur des cryptes était absent dans les études de **Xia et al. (2004 et 2005)**, **Ouachem et al. (2017)** rapporte un aspect plus épais des cryptes chez les oiseaux consommant la marne (283 $\mu$ m vs 234 $\mu$ m ; soit une augmentation supérieure à 20%).

A priori, toutes ces modifications confirment l'importance de l'argile en tant qu'additif naturel dans l'alimentation de la volaille dans le but de favoriser plus de surface pour l'absorption et l'installation de conditions moins stressantes, favorables à la régénération de l'épithélium intestinal.

Sur le plan morphologique, d'après **Prvulović et al. (2008)**, l'addition de 0,5% de clinoptilolite au régime du poulet, augmente de manière significative le poids relatif de l'iléon. De même, **Ouachem et al. (2017)** ont rapporté que l'addition de 3% de marne favorise une augmentation significative de 15% du poids relatif du duodénum (11,93 vs 9,86 g/100g poids vif) et améliore de manière non significative le poids du jéjunum (5,5%) et la longueur du duodénum (6%) et celle du jéjunum (2%). Cet effet peut également être mis au profit de l'absorption intestinale. En effet, **Gabriel et al. (2003)** ont rapporté qu'un intestin plus lourd est synonyme de parois moins agressée et donc, plus épaisse et propice pour une meilleure absorption. Par ailleurs, selon **Furuse et Okumura (1994)**, un intestin plus long exerce un éventuel effet compensatoire, permettant de corriger les effets négatifs du transit rapide. Par ailleurs, des Changements cytologiques caractérisés par la présence de vacuoles lipidiques à la base des entérocytes ont été observés en présence de kaolinite (**Chaumande, 2011**). Au cours d'une étude portant sur l'effet de la consommation d'argile en nutrition animale, cette dernière référence a rapporté que la muqueuse intestinale de rats ayant ingérés spontanément de la kaolinite, présentent des changements au niveau morphologique et dans l'accumulation des lipides en comparaison avec les animaux témoins. Des effets bénéfiques sur l'optimisation de l'utilisation des ressources nutritives ont également été observés avec kaolinite (**Chaumande, 2011**).

Pour conclure, on peut dire que l'argile participe dans la protection et la régénération de la muqueuse de l'épithélium de l'intestin grêle et améliore l'absorption des nutriments. Son effet est plus marqué sur les performances de démarrage ; période critique durant laquelle les retards de croissance ont des répercussions négatives sur le poids à l'abattage.

Les argiles sont utilisées dans le but d'améliorer les performances animales, par le renforcement de l'aspect sanitaire et l'optimisation de la digestion. Les travaux menés durant les deux dernières années par des chercheurs chinois et tchèques sur certains types d'argile,

ont apporté des informations intéressantes à propos de leurs mécanismes d'action. En effet, il a été observé avec ajout d'argile des modifications histo-morphologiques surprenantes au niveau de l'intestin et certains organes internes. Généralement, au niveau intestinal, une augmentation dans la hauteur de villosités a été observée. Ceci permet d'élargir la surface d'absorption, d'optimiser le rendement digestif et d'extérioriser pleinement les performances (Xia et al, 2004 et 2005).

Selon Xu et al. (2003), l'effet d'un stress pathologique est ressenti au niveau de la muqueuse et le contenu intestinal par réduction de la hauteur des villosités, faisant restreindre la surface d'absorption. L'activité antimicrobienne de la montmorillonite (MMT) et le complexe Cu-MMT contre les effets indésirables de certains germes pathogènes du tube digestif, s'explique par la formation d'un pansement protecteur qui contribue à la préservation de l'intégrité de la muqueuse et aide à la régénération et à l'amélioration de la hauteur des villosités du tissu épithélial intestinal (Xia et al., 2004 et 2005).

## II. Les condiments

Les condiments ou épices sont des herbes très aromatiques et savoureuses qui sont couramment utilisées dans la cuisine humaine. On leur attribue des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires et immunomodulatrices (**Sofowora, 1993**). Ils font partie de la catégorie des additifs alimentaires actuellement appelés "phytogènes" et considérés comme un complément à l'ensemble des facteurs de croissance non antibiotiques, tels que les acides organiques et les probiotiques, qui sont déjà bien établis dans l'alimentation animale (**Windisch et al., 2007**). Leur importance dérive des substances chimiques à actions physiologiques précises dans l'organisme des animaux (**Oko et Agiang, 2009**) et les constituants bioactifs les plus importants (alcaloïdes, tanins, flavonoïdes, saponines et les composés phénoliques).

L'ail (*Allium sativum*) et le gingembre (*Zingiber officinale*) sont deux phytogènes importants originaires d'Afrique qui ont été utilisés comme additifs naturels dans l'alimentation des volailles (**Javed et al., 2009**). Disponibles sous différentes formes (frais, solide, séché, moulu, en extraits et huiles essentielles). Sur la base d'études antérieures, ce chapitre expose les propriétés biologiques et les effets des condiments utilisés dans les mélanges sur la fonction gastro-intestinale, l'amélioration des performances de croissance, la qualité des produits, la santé et le bien-être des volailles.

Notons que les divergences entre résultats dépendent du type de la plante médicinale, de sa composition, du stade végétatif, de l'origine géographique, des conditions édaphiques, des pratiques culturelles (**Yitbarek, 2015**), de mode d'utilisation (poudre, feuilles, extraction aqueuse, huile essentielle, décoction), de la dose, de la durée, du régime alimentaire, de l'espèce animale (**Ramadan, 2013 ; Lee et al., 2016**).

### II.1. L'ail et le gingembre comme facteurs de croissance chez les volailles

Suite à l'interdiction de l'utilisation des AFC, il est devenu essentiel de proposer des alternatives naturelles permettant d'améliorer et ou du moins maintenir les performances de production, de préserver un état de santé animale, de répondre aux attentes des consommateurs et respecter l'environnement. **Windisch et al. (2008)** ont suggéré que les additifs phyto-géniques constituent l'une des alternatives possibles pouvant substituer les AFC dans la production des volailles. En effet, Ils stimulent la croissance, favorisent des produits de qualité supérieure, augmentent l'appétence alimentaire, améliorent de la fonction intestinale. A travers les pistes adoptées pour la recherche d'alternatives naturelles économiquement efficaces, un nombre important d'essais sur l'emploi de l'ail et du gingembre

a été testé en production de volailles, et la plupart des rapports ont montré des résultats prometteurs (**Javed et al., 2009**; **Elagib et al., 2013** ; **Lee et al., 2016** ; **Gao et al., 2021**).

Depuis longtemps, l'ail a été utilisé comme antibiotique stimulant la croissance et améliorateur des performances de croissance des volailles (**Demir et al., 2008** ; **Teshika et al., 2018**), en poudre il améliore la croissance, l'indice de consommation et réduit la mortalité (**Tollba et Hassan, 2003**) et en huile essentielle, il agit en tant qu'antibiotique performant sur le gain de poids et la conversion alimentaire (**Ramadan, 2013**). L'effet remarquable de l'ail sous ses différentes formes est assignable à l'augmentation de l'activité enzymatique du pancréas propice à un meilleur environnement de digestion et d'absorption des nutriments.

D'autres parts, l'emploi de gingembre comme alternative aux stimulateurs de croissance a aussi été fortement recommandé dans différents contextes afin d'augmenter l'appétence des aliments, l'utilisation des nutriments, la productivité (**Owen et Amakiri, 2012**). Les réponses à la supplémentation de gingembre observées chez le poulet de chair sont multiples et ont concernées la consommation d'aliments, le gain de poids, l'efficacité alimentaire, l'histo-morphométrie intestinale et les propriétés hypolipidémiantes (**Shewita et Taha, 2018**).

## II.2. Rappel général sur les deux types de condiments (ail, gingembre)

### II.2.1. Compositions chimiques et molécules bioactives

La composition chimique de la poudre d'ail et du gingembre contient respectivement (85,3 % ; 87,4 %) de matière sèche, (7,4 % ; 5,9 %) de protéine brute, (2,4% ; 1,35 %) d'extrait éthéré, (1,8% ; 2,9 %) de cellulose brute, (2,5% ; 2,3 %) des cendres (**Ademola et al., 2009** ; **Karangiya et al., 2016**). Selon **Saleh et al. (2015)**, l'ail est riche en calcium, en phosphore et en soufre.

Les constituants les plus représentatifs de l'ail sont des composés sulfurés dont l'alliine et les peptides  $\gamma$ -glutamylcystéine (**Lawson, 1993** ; **Amagase et al., 2001** ). Selon **Ziarlarimi et al. (2011)**, la poudre d'ail renferme de nombreux composés organosulfurés tels que l'allicine, l'alliine, l'ajoène, le diallylsulfure, la dithiine et la S-allylcystéine. L'allicine (diallythiosulfinate) est le composant potentiellement le plus actif (**Han et al., 1995** ; **Lawson, 1998**). Il prend naissance au broyage de l'ail par interaction de l'alliine avec l'alliinase, une enzyme contenant du phosphate de pyridoxal. L'ail contient aussi des saponines, des sapogénines et des flavonoïdes.

Les composants majeurs du gingembre sont essentiellement des phénols composés de shagoal (**Belew et al., 2009** ; **Dieumou et al., 2009** ; **Nidaullah et al., 2010**). Contenant

l'oléorésine qui se compose des composés phénoliques : shogaol, [6]-gingérol, paradol, zingéron et se donne le goût caractéristique de gingembre. Par rapport au gingembre frais, les concentrations de gingérol dans le gingembre séché ont légèrement basses, tandis que celles du shogaol sont élevées. Sous l'effet de la chaleur, la dégradation du gingérol produit du shogaol et de la zingéron (**Gigon, 2012**). Des flavonoïdes tels que la quercétine, la rutine, la fisétine, la morine, l'acide gallique, l'acide férulique et l'acide vanillique existent aussi dans le gingembre (**Ghasemzadeh et al., 2010**).

L'ail et le gingembre possèdent de puissantes propriétés pharmacologiques liées aux activités antibactériennes, antifongiques, antiparasitaires, antivirales, antioxydantes et anticholinergiques (**Hanieh et al., 2010 ; Rehman et Munir, 2015 ; Mahboubi, 2019**)

### II.2.2. Activités antibactérienne, antivirale et antiparasitaire

De nombreux travaux sont disponibles sur l'activité antimicrobienne de l'ail et du gingembre. En extrait aqueux, ils sont aussi efficaces contre *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Salmonella* et intéressants *typhimurium* (**Jezowa et al., 1966 ; White, 2007 ; Cazzola et al., 2011**). D'une part, **Navidshad et al. (2018)** ont révélé que l'effet antibactérien de l'extrait aqueux d'ail est comparable à celui de l'enrofloxacin (antibiotique). **Han et al. (1995)** ont également montré que l'activité antibiotique de 1 mg de l'allicine est analogue à 15 UI de pénicilline. Cette activité est attribuée aux nombreux composés phytochimiques présents à des concentrations variables dans l'ail (l'allicine et les thiosulfinate) (**Alli et al., 2011**). L'allicine produit un effet bactéricide qui limite le développement bactérien (**Durairaj et al., 2009**). En outre, **Peinado et al. (2012)** ont rapporté que la supplémentation d'extrait d'ail de 45 à 135 ml / kg diminue le nombre des entéropathogènes et améliore la muqueuse iléale et les paramètres de production des poulets de chair. Parallèlement, **Ismoyowati et al. (2015)** ont montré que l'extrait aqueux d'ail possède une activité inhibitrice de croissance considérable contre *E. coli* et *S. pullorum*. **Kumar et al. (2021)** suggèrent que la supplémentation en mélange d'extraits de plantes (Eugénol) et d'ail atténue l'effet de l'entérite nécrotique et améliore la santé intestinale des oiseaux. **Hanieh et al. (2010)** ont rapporté que l'ail alimentaire a un effet stimulant sur la production d'anticorps contre le gram – et prévient l'entérite nécrotique subclinique due à *C. perferinges*.

D'autre part, Les huiles essentielles de gingembre ont montré une activité antimicrobienne contre les bactéries gram + et gram - (**Martins et al., 2001**). En outre, le gingérol inhibe la croissance des bactéries *Escherichia* et *Bacillus subtilis* (**Yamada et al., 1992**).

Les condiments peuvent renforcer le système immunitaire de l'organisme. L'administration de gingembre en décoction (Azeroual et al., 2016) ou en extrait aqueux (Azhir et al., 2012) exerce un effet immunostimulant contre le virus de la Newcastle. Haq et al. (1999) ont montré que l'ajout d'ail augmente le niveau des anticorps. Il a aussi été observé que l'inclusion alimentaire de poudre d'ail impactait significativement le titre d'anticorps pour les maladies Newcastle et l'influenza aviaire (Eid et Iraqi, 2014).

L'ail est recommandé pour traiter les animaux atteints de parasitisme gastro-intestinal (Guarrera, 1999 ; Iciek et al., 2009). Chez des animaux parasités, il a été montré que les extraits d'ail réduisent ou éliminent les parasites de type *Trypanosoma*, *Cryptosporidium*, *Hymenolepis*, *Aspicularis*, *Histomonas* et *Eimeria* (Nok et al., 1996, Wahba, 2003 ; Ayaz et al., 2008 ; Dkhil et al., 2011). Aussi, son efficacité sur les infections coccidiennes a été rapportée chez le lapin (Toulah et Al-Rawi, 2007). In vitro, un mélange d'huiles essentielles d'origan et d'ail a montré une activité anticoccidienne exploitable pour la production de poulet sans produits anticoccidiens (Sidiropoulou et al., 2020).

En revanche, Le gingembre a été utilisé en médecine vétérinaire *in vivo* comme vermifuge de nématodes gastro-intestinaux des moutons (Iqbal et al., 2006). Il contribue à soulager les infections gastro-intestinales chez les chèvres en réduisant la charge de coccidie et en améliorant leurs performances (Worku et al., 2009).

### II.2.3. Activités antioxydantes et anticholestéremiantes

Le gingembre et l'ail sont identifiés parmi les sources naturelles douées d'activité antioxydante. L'ail augmente les taux sériques de deux enzymes antioxydantes, la catalase et la glutathion peroxydase (Bajpai et al., 2005). L'activité antioxydante de l'ail est induite par l'allicine, le disulfure de diallyle et le trisulfure de diallyle (Kim et al., 1997), les fibres alimentaires, le sélénium et les polyphénols (Gorinstein et al., 2005 ; Lanzotti, 2006).

Le gingembre renferme des composés poly-phénoliques qui leur confèrent une forte activité antioxydante. In vitro, l'extrait de gingembre contrôle la formation de radicaux libres et la peroxydation des lipides (Morakinyo et al., 2011). Chez le poulet de chair, le gingembre stimule l'activité du superoxyde dismutase et du glutathion peroxydase (GSH) et réduit la concentration de cholestérol dans le sérum (Zhang et al., 2009). Onyimonyi et al. (2012) ont enregistré une baisse du taux de cholestérol avec l'augmentation des niveaux d'ail dans les régimes. Selon Choi et al. (2010), une supplémentation avec 5% de poudre d'ail ou 3% de poudre d'ail et  $\alpha$ -tocophérol, diminue significativement les niveaux de lipoprotéines totales de basse densité (LDL : mauvais cholestérol) et augmente les niveaux de lipoprotéines de haute densité (HDL : bon cholestérol). En outre, l'ail contient des saponines qui ont une capacité

inhibitrice des enzymes de biosynthèse du cholestérol et des lipides (**Konjufca et al., 1997**). Chez les poules pondeuses, **Khan et al., (2007)** l'ajout de 2%, 6% et 8% de poudre d'ail réduit de taux de cholestérol sérique total, respectivement de 19,5, 33,7 et 46,7%. Chez la caille pondeuse, la supplémentation de 1, 2 ou 4% de poudre d'ail commerciale, réduit la concentration de cholestérol sérique en moyenne de 5,5, 23 et 49%, respectivement. (**Canogullari et al., 2010**).

Par ailleurs, **Shanoon et al., (2012)** ont indiqué que le cholestérol total et les concentrations sériques de LDL ont tendance à diminué en présence de gingembre. Une supplémentation de poudre de gingembre exerce un effet hypocholestérolémiant sérique et au niveau du vitellus (**Akbarian et al., 2011**). Encore, chez les rats diabétiques, l'extrait éthanolique de gingembre réduit le niveau de cholestérol total et de triglycérides sériques, augmente les niveaux de HDL et présente un effet hypolipidémiant (**Bhandari et al., 2005**).

### II.3. Utilisations chez les volailles

Actuellement, ces substances sont introduites à petites doses, ajoutées dans l'aliment ou à l'eau de boisson, présentés à l'état broyé, en infusion ou en extrait, ajoutées dans la plupart des cas seules et peu de cas en mélange, actifs en tant que facteurs de croissance améliorant les performances des volailles, stimulateurs de l'appétit et la digestion.

#### II.3.1. Effets sur la consommation et l'efficacité alimentaire

Chez les poulets, les additifs alimentaires sont généralement utilisés pour stimuler l'appétit et améliorer la conversation alimentaire (**Abouelfetouh et al., 2012**). L'ajout de poudre d'ail, prédispose le poulet pour une meilleure conversion alimentaire (- 9% à -14%) (**Puvača et al., 2015**). Par ailleurs, selon **Elagib et al. (2013)**, l'addition 3% de poudre d'ail augmente significativement la consommation d'aliments (+27%) et l'efficacité alimentaire (- 22%). Aussi, employée en mélange avec un extrait aqueux de plantes médicinales **Javed et al. (2009)** ont rapporté cet effet. Par ailleurs, **Jimoh et al. (2013)** ont montré que l'ail réduit la consommation d'aliments sans dégradation de l'indice de consommation.

De plus, la supplémentation avec un mélange de gingembre et d'ail (AG) des poulets de chair améliore les performances de croissance des oiseaux (**Adomeh et Eguaoje, 2019**), l'ingéré et l'efficacité alimentaire (**Karangiya et al., 2016**), l'indice de consommation et le poids vif (**Onu, 2010**).

Dans d'autres études, l'addition d'un extrait aqueux de mélange de plantes contenant du gingembre à l'eau de boisson, reconforte l'ingéré et la conversion alimentaire (**Javed et al., 2009**). La racine de gingembre stimule l'appétit des animaux et améliore la palatabilité des

nutriments (**Tilgner, 1999**) et le gingembre rouge était favorable à la consommation alimentaire et au taux de conversion alimentaire (**Herawati, 2010**).

Chez les poules pondeuses, **Akbarian et al. (2011)** ont rapporté que l'utilisation de différents niveaux de gingembre (0,25, 0,5 et 0,75 g/100 g de régime) pendant une période de 30 semaines avait un effet insignifiant sur la consommation alimentaire et l'indice de consommation.

### **II.3.2. Effets sur la digestion, la muqueuse de l'intestin grêle et les paramètres sanguins**

Généralement, l'ail en poudre renferme des fructo-oligosaccharides (FOS : des prébiotiques) qui sont des ingrédients non digestibles fermentés par des bifidobactéries dans le corps qui contribuent à l'équilibre du microbiote intestinale, favorisent une protection efficace contre les micro-organismes pathogènes et renforcent le système immunitaire (**Gibson, 1998**). L'allicine améliore la digestibilité et élimine les microbes pathogènes de l'intestin.

Des travaux ont mis en évidence une stimulation des sécrétions gastrique et biliaires lors de l'inclusion de l'ail et du gingembre dans l'alimentation des volailles ce qui a permis d'améliorer la digestibilité et d'augmenter le poids corporel. Selon **Platel et Srinivasan (2000)** le gingembre augmente l'activité de la lipase pancréatique, de l'amylase, de la trypsine, de la chymotrypsine et de la sécrétion d'acide biliaire chez les rats albinos. Selon les mêmes auteurs, le gingembre a des effets favorables sur la digestion et l'absorption des lipides ou l'absorption des nutriments en stimulant les bactéries lactiques et en diminuant les bactéries pathogènes (**Tekeli et al., 2011**). Chez la pintade, une supplémentation en gingembre améliore la digestibilité de la matière sèche (**Oso et al., 2013**).

La morphométrie du jéjunum et les surfaces moyennes des villosités et des cryptes paraissent nettement plus développées avec poudre d'ail, ce qui permet d'augmenter le potentiel d'absorption de l'intestin grêle (**Oladele et al., 2012**). De même, il a été observé des améliorations au niveau des longueurs de villosités et la profondeur de la crypte avec gingembre (**Shewita et Taha, 2018**).

L'activité sérique de l'AST et l'ALT (détection et le diagnostic étiologique différentiel des maladies hépatiques) diminue avec de poudre de gingembre chez des poules pondeuses (**Malekizadeh et al., 2012**) et avec huiles essentielle de gingembre chez la caille japonaise (**Tchoffo et al., 2018**). **Kansal et al. (2017)** ont déclaré que l'addition de 0.75% d'ail favorisait un effet positif sur les paramètres sanguins (hématologiques et biochimiques). De même, **Ao et al. (2010)** ont mentionné que la poudre d'ail fermenté augmentait le nombre de globules blancs et de lymphocytes, diminuait le cholestérol et le cortisol dans le sang. En

outre, le gingembre serait intéressant pour la circulation sanguine (**Incharoen et Yamauchi, 2009**).

### II.3.3. Effets sur la croissance

Il a été rapporté dans de nombreux travaux que la supplémentation en ail améliorait le poids vif des poulets de chair (**Ademola et al., 2009 ; Zekić et al., 2014**). **El-Afify (1997)** a observé que le gain de poids et le poids à l'abattage étaient significativement améliorés chez des poulets de chair nourris avec un régime additionné d'extrait d'ail. La même tendance a été enregistrée avec une supplémentation de 1 % d'ail frais (**El-Nawawi, 1991**), 1% de poudre d'ail (**Karangiya et al., 2016**). Similairement, l'addition de taux variables d'extrait d'ail (1, 1,5 et 2,25 ml/kg d'aliment) favorise une augmentation du poids vif du poulet pouvant atteindre 5,8% (**Brzóska et al., 2015**), l'ail en poudre (0,25% et 0,5) impacte aussi sur le poids vif selon le taux d'incorporation (+2,5% ; +6,1%) (**Javid et al., 2019**).

Au cours d'un essai comparatif des effets de l'addition d'ail, de thym, de yaourt ou d'antibiotiques **Mansoub et Nezhady (2011)** ont rapporté une amélioration significative du gain de poids, de l'indice de consommation chez les sujets des lots ail, thym et antibiotique. De plus, l'ajout de 0,05, 0,1, 0,2 % d'ail fermenté par *L. mesenterodes* (bactérie) dans les aliments pour poulets de chair favorise une meilleure ingestion alimentaire et un poids corporel acceptable sans toutefois que cela soit efficace sur la conversion alimentaire (**Hossain et al., 2015**). Les réactions positives observées chez les poulets de chair pourraient être due à l'allicine qui inhibe la multiplication des bactéries indésirables et à l'amélioration de la digestibilité des nutriments associée à la santé intestinale et des organes digestifs (**Lilja, 1983**).

Au sujet du gingembre, il semble que l'alimentation avec cette substance puisse favoriser les performances de croissance et le gain de poids chez les poulets de chair. **Shewita et Taha (2018)** ont rapporté qu'une supplémentation de l'aliment avec du gingembre en poudre entraîne une élévation significative du poids vif de +5 à +6% selon la dose utilisée. Ainsi, **Tekeli et al. (2011)** ont déclaré que l'ajout de 120, 240 et 360 ppm de gingembre dans l'alimentation de poulet de chair améliorait le gain de poids, cependant **Zhang et al. (2009)** n'ont pas trouvé de différence significative pour le GMQ chez les sujets de groupe supplémenté par de 5 g/kg du gingembre. **Herawati (2010)** a constaté que l'utilisation de 2% de gingembre rouge dans la ration des poulets de chair produisait des poids corporels plus élevés. **Onu (2010)** a rapporté que l'ajout de 0,25% de gingembre a entraîné une augmentation du poids vif. **Javed et al. (2009)** ont rapporté que le gain de poids des poussins a été amélioré par l'addition d'un mélange d'un extrait contenant du gingembre. Tandis que, **El-Deek et al.**

(2002) ont démontré qu'un régime alimentaire contenant 1 g/kg de gingembre n'a pas affecté les performances de croissance. D'autre part, **Al-Homidan (2005)** a remarqué une réduction du taux de croissance chez les poulets de chair de démarrage lorsque le gingembre était donné à raison de 60 g/kg. Les différents résultats sur les performances de croissance des poulets de chair peuvent être attribués aux différentes doses utilisées dans les expériences.

#### **II.3.4. Effets sur le rendement et la qualité de carcasse**

L'utilisation de 1 kg d'ail par tonne d'aliment du poulet **Ashayerizadeh et al. (2009)** impacte le rendement de la carcasse. L'emploi d'extrait aqueux de gingembre améliore les caractéristiques de la carcasse de poulets de chair (**Ademola et al., 2009 ; Javed et al., 2009**). L'ajout de poudre de gingembre, reconforte les rendements en filet, pilon et en cuisse (**Eltazi, 2014**) et réduit le taux du gras abdominal (**Shewita et Taha, 2018**).

Additivement, **Zekić et al. (2014)** ont enregistré que l'ajout de 2% de poudre d'ail commerciale dans le régime alimentaire du poulet de chair influence significativement les performances de production et la qualité nutritionnelle et technologique de la viande de filet. Alors que la poudre d'ail fermenté retardait l'oxydation des lipides de la viande, diminuait le pH et améliorait la qualité de la viande (**Ao et al., 2011**). En outre, l'ajout de poudre d'ail ou un mélange à base de poudre d'ail et d' $\alpha$ -tocophérol était aussi efficaces pour la stabilité des lipides, la couleur de viande (**Choi et al., 2010**). L'inclusion poudre de bulbe d'ail ou de ses enveloppes à de dose 2% ou 4% favorise une élévation significative de la teneur en protéines et une réduction de la teneur en graisses de la cuisse de poulet (**Kim et al., 2009**). Ces auteurs ont indiqué que l'ajout d'ail au régime alimentaire des poulets de chair permet de produire une viande de poulet avec un profil lipidique favorable. De même, il a été signalé que la concentration en cholestérol dans les muscles de la cuisse et de la poitrine diminuait de manière significative avec une supplémentation en poudre d'ail (**Fayed et al., 2011**). D'après **Songsang et al. (2008)** l'utilisation de l'ail dans l'alimentation du poulet de chair corrige la teneur en cholestérol du (-14%). Ces résultats ont été confirmés un peu plus tard par **Putri et al. (2016)** où il a été rapporté avec 3 % et 6% de poudre d'ail une réduction de la teneur en lipides de la viande (7% ; 2,8%), du taux de cholestérol (37,3% ; 18%), respectivement. De tels effets ont également été décrits chez le canard par **Dwiloka et al. (2015)**. Par ailleurs, selon d'autres références, l'application d'épices, notamment l'ail et la cannelle dans les régimes du poulet de chair influence la saveur et la tendreté de la viande (**Toghyani et al., 2011**).

Dans la littérature, il existe peu d'informations sur les effets du gingembre sur la composition chimique et la qualité de la viande. Le gingembre contient de la protéase (**Syed**

**Ziauddin et al., 1995**) qui pourrait être utile dans le processus d'attendrissement et l'amélioration de la qualité de la viande (**Naveena et Mendiratta, 2001, 2004**). Ces auteurs ont signalé que l'extrait de gingembre possède une activité protéolytique impliquée dans la solubilité du collagène et la protéolyse du muscle de la poule de réforme. Par ailleurs, l'addition de poudre de gingembre ou en huiles essentielles en tant que stimulateurs de croissance, réduit considérablement la graisse abdominale des poulets (**Valiollahi et al., 2013**)

### **II.3.5. Effets sur la production et la qualité des œufs**

Il a été établi que les compléments alimentaires contenant des produits phyto-gènes ont un large éventail d'effets bénéfiques sur la production et la qualité des œufs (**Khan et al. 2012**). Les extraits et les huiles essentielles des végétaux dont l'ail amélioreraient la résistance et l'épaisseur de la coquille d'œuf (**Kaya et al., 2013**). En outre, il a été rapporté par **Onu (2010)** et **Mahmoud et al. (2010)** que l'utilisation de 0,25, 0,50 et 1% de jus d'ail améliore la production et la qualité des œufs. Par ailleurs, la supplémentation des régimes avec 5 et 10 g/kg de poudre d'ail (**Yalçin et al., 2006**) assure un meilleur poids d'œufs, diminue le cholestérol du jaune d'œuf et les triglycérides sériques sans effets négatifs sur la performance, alors que l'addition de poudre d'ail et/ou d'oignon dans les régimes alimentaires des poules pondeuses augmente l'épaisseur de la coquille et le poids des œufs (**Omer et al., 2019**).

D'autre part, **Incharoen et Yamauchi (2009)** ont révélé chez des poules White Leghorn recevant des doses croissantes (1 à 5%) de gingembre fermenté et séché une production et une masse d'œufs meilleures. Aussi en huile essentielle, le gingembre était efficace pour le poids d'œuf et l'épaisseur de la coquille (**Nasiroleslami et Torki, 2010**). Ajoutée à des doses élevées (5, 10, 15 et 20 g/kg) la poudre de gingembre augmente significativement la masse d'œufs de poules (**Zhao et al., 2011**) et chez la caille, une supplémentation en poudre de gingembre à faibles doses (0,25, 0,5, 0,75 g/kg) avait un effet significatif sur la masse d'œufs (**Abd El-Galil et Mahmoud, 2015**). D'autre part, en termes de qualité, le gingembre diminue les concentrations de cholestérol du vitellus avec un effet positif sur la production d'œufs et le statut antioxydant du plasma de poules pondeuses (**Akbarian et al., 2011**).

Les améliorations de performances observées chez les poules pondeuses sont attribuables aux activités antioxydantes, antimicrobiennes et autres facteurs, tels que l'augmentation de la circulation sanguine et de la sécrétion d'enzymes digestives (**Zhao et al., 2011**), ou encore à l'efficacité digestive et la santé intestinale (**Omaga et al., 2007**).

#### II.4. Possibilités de combiner l'ail et/ou le gingembre avec d'autres additifs

Des essais reposant sur l'emploi de mélanges d'ail et/ou de gingembre avec autres additifs alimentaires ont été entrepris dans le but d'impulser des performances optimales et des qualités économiques. Ainsi, la combinaison de l'ail au poivre noir et au piment rouge **Puvača et al. (2015)** était suggérée pour son excellent effet en période de croissance, **Thakur et al. (2020)** proposent la poudre de cardamome et de gingembre. D'autre part, les propriétés des substances phytochimiques contenus dans un mélange d'ail et de fenugrec ont été recommandées (**Kirubakaran et al., 2016**). En outre, un mélange de 1% de thym et 1% d'ail augment de manière significative le titre d'anticorps ELISA, les globules blancs et rouges, le PCV et les taux d'Hb chez les poussins (**Jameel et al., 2014**). En plus, **Jahan et al. (2008)** ont rapporté que l'ail avait de potentiel d'améliorer le gain de poids corporel et avait une activité antimicrobienne lorsqu'il est utilisé en mélange. Enfin les résultats de l'emploi de gingembre et d'herbes médicinales chinoises seules ou en mélanges sur les performances de ponte et la qualité des œufs de poules pondeuses étaient en faveur des mélanges (**Ibtisham et al., 2019**).

#### II.5. Conclusion

Il ressort de principaux résultats que l'ail est un additif bon marché, aussi performant que le gingembre, souvent additionné à petites doses, cultivable en Algérie ce qui encourage encore son emploi par les fabricants. Dans la littérature, Il est a été montré que l'administration d'ail alimentaire était économique chez les poulets de chair (**Fayed et al., 2011 ; Zekić et al., 2014**). **Regmi et al. (2021)** ont aussi indiqué que la supplémentation de l'alimentation avec 1 % d'ail était meilleure en termes de rapport bénéfice/coût. De même, les volailles nourries avec un régime de base complétée par 0,25 % de poudre d'ail et d'extrait aqueux d'ail présentaient un meilleur rapport performances/coûts, (**Onyimonyi, et al., 2012**). Ces indicateurs doivent inciter les industriels et les services concernés pour une éventuelle prise en charge dans le but de préserver la santé des consommateurs à la recherche de produits animaux sains, de mettre sur le marché des produits avicoles moins pourvus en gras et en cholestérol, donnant satisfaction aux ménages atteints de problèmes cardio-vasculaires.

# References

**References**

- Abd El-Galil K., Mahmoud H.A., 2015.** Effect of ginger roots meal as feed additives in laying Japanese quail diets. *Journal of American Science*. 11: 164 -173.
- Abouelfetouh A.Y., Moussa N.K., 2012.** Enhancement of antimicrobial activity of four classes of antibiotics combined with garlic. *Asian Journal of Plant Sciences*, 11: 148-152.
- Abrahams P.W., 1997.** Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda. *Trop. Med. Int. Health*. 2: 617- 623.
- Adbhai A.D., Singh A.K., Bhand D.S., Kumar P., Ghorpade S., Patil V., 2019.** Alternative poultry production for rural livelihood: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7(5): 559-562.
- Ademola S.G., Farinu G.O., Babatunde G.M., 2009.** Serum lipid, growth and hematological parameters of broilers fed garlic, ginger and their mixtures. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5 (1): 99-104.
- Adomeh E.E., Eguaoje A.S., 2019.** Performance and organoleptic qualities of broiler chickens fed and raised with varying levels of ginger and garlic mixture. *Nigerian Journal of Animal Science*. 21(2): 310-318.
- Ahmed Gaid Z., 2016.** Utilisation de l'argile dans l'alimentation des volailles. Mémoire magister. Sciences Agronomiques, Université batna1, Batna. P171.
- Aidara-Kane A., 2012.** Containment of antimicrobial resistance due to use of antimicrobial agents in animals intended for food: WHO perspective. *Revue Scientifique Technique*. 31: 277 - 287.
- Ajit S.Y., Gautham K., Marappan G., Kumaragurubaran K., Yashpal S.M., Kuldeep D., 2016.** Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry- a review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 4(3S); 368 - 383.
- Akbarian A., Golian A., Ahmadi A.S., Moravej H., 2011.** Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) on egg yolk cholesterol, antioxidant status and performance of laying hens, *Journal of Applied Animal Research*, 39(1): 19-21.
- Al-homidan A.A., 2005.** Efficacy of using different sources and levels of *Allium sativum* and *Zingiber officinale* on broiler chicks performance. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 12: 96 - 102.
- Alli J.A., Okonko B.E., Kolade I.O., Nwanze J.C. 2011.** In vitro assessments of the effects of garlic (*Allium sativum*) extract on clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Advances in Applied Science Research*, 2(4): 25 - 36.

- Amagase H., Petesch B.L., Matsuura H., Kasuga S., Itajura Y., 2001.** Intake of garlic and its bioactive components. *Journal of Nutrition*, 131(3): 955S - 962S.
- Andrews P.L.R., Horn C.C., 2006.** Signals for nausea and emesis: implications for models of upper gastrointestinal diseases. *Autonomic Neuroscience-Basis and Clinical*, 125: 100 - 115.
- Ao X., Yoo J.S., Lee J.H., Jang H.D., Wang J.P., Zhou T.X., Kim I.H., 2010.** Effects of fermented garlic powder on production performance, egg quality, blood profiles and fatty acids composition of egg yolk in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23(6):786–791.
- Ao X., Yoo J.S., Zhou T.X., Wang J.P., Meng Q.W., Yan L., et al., 2011.** Effects of fermented garlic powder supplementation on growth performance, blood profiles and breast meat quality in broilers. *Livestock Science*, 141: 85-89.
- Ashayerizadeh O., Dastar B., Shargh M.S., Ashayerizadeh A., Rahmatnejad E., Hossaini S.M.R., 2009.** Use of garlic (*Allium sativum*), black cumin seeds (*Nigella sativa* L.) and wild mint (*Mentha longifolia*) in broiler chickens diets. *Journal of animal and veterinary advances*. 8(9): 1860-1863.
- Ayaz E., Turel I., Gul A., Yilmaz O., 2008.** Evaluation of the anthelmintic activity of garlic (*Allium sativum*) in mice naturally infected with *Aspiculuris tetraptera*. *Recent patents on anti-infective drug discovery*, 3(2): 149-152.
- Ayed M. H., Zghal I., Rekić B., 2011.** Effect of sepiolite supplementation on broiler growth performance and carcass yield. *Res. Opin. Animal Veterinary Science*, 1: 375 - 378.
- Azeroual E., Mesfioui A., Bouzoubaa K., Benazzouz B., El Hessni A., Ouichou A., 2016.** Effet immunostimulant de quatre additifs alimentaires contre les maladies de Gumboro et de Newcastle chez le poulet de chair (*Gallus gallus*). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 68 (4) : 185 - 189.
- Azhir D., Zakeri A., Rezapour A.K., 2012.** Effect of ginger powder rhizome on humeral immunity of broiler chickens. *European Journal of Experimental Biology*, 2 (6): 2090-2092.
- Bajpai M., Pande A., Tewari S., Prakash D., 2005.** Phenolic contents and antioxidant activity of some food and medicinal plants. *International journal of food sciences and nutrition*, 56(4): 287-291.
- Belewu M.A., Olatunde O.A., Giwa T.A., 2009.** Underutilized medicinal plants and spices: Chemical composition and phytochemical properties. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3: 1099–1103.
- Bhandari U., Kanojia R., Pillai K.K., 2005.** Effect of ethanolic extract of *Zingiber officinale*

on dyslipidaemia in diabetic rats. *Journal of ethnopharmacology*, 97(2): 227-230.

**Boussaâda T., 2021.** Amélioration des conditions d'élevage pour optimiser les performances de démarrage chez le poulet de chair .thèse doctorat, Sciences Agronomiques, Université batna1, Batna. P 175.

**Brzóska F., Sliwinski B., Michalik-Rutkowska O., Sliwa, J., 2015.** The effect of garlic (*Allium sativum* L.) on growth performance, mortality rate, meat and blood parameters in broilers. *Annals of Animal Science*, 15(4): 961.

**Çabuk M., Alçiçek A., Bozkurt M., Akkan S., 2004.** Effect of yuccas chidigera and natural zeolite on broiler performance. *International. Journal. Poultry. Science*, 3(10): 651 - 654.

**Canogullari S., Baylan M., Erdogan Z., Duzguner V., Kucukgul A., 2010.** The effects of dietary garlic powder on performance, egg yolk and serum cholesterol concentrations in laying quails. *Czech Journal of Animal Science*, 55(7): 286-293.

**Castanon J.I.R., 2007.** History of the Use of Antibiotic as Growth Promoters in European Poultry Feeds. *Poultry Science* 86:2466–2471.

**Cazzola R., Camerotto C., Cestaro B., 2011.** Anti-oxidant, anti-glycant, and inhibitory activity against  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase of selected spices and culinary herbs. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 62(2): 175 - 184.

**Chaumande B., 2011.** Apport des analyses protéomique et métallogprotéomique pour l'étude de la géophagie. Thèse de Doctorat, Chimie, Université de Strasbourg, France, P238.

**Chaturvedi V.B., Singh K.S., 2004.** Effect of aflatoxin and hydrated sodium bentonite on nutrient utilization in chickens. *Animal Nutrition and Feed Technology (India)*,4(2) :187-195.

**Cherian A., Seena S., Bullock R.K., Antony A.C., 2005.** Incidence of neural tube effects in the least-developed areas in India: a population base study. *Lancet*, 366: 930– 931.

**Choi I.H., Park W.Y., Kim Y.J., 2010.** Effects of dietary garlic powder and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on performance, serum cholesterol levels, and meat quality of chicken. *Poultry Science* 89: 1724–1731.

**Demir E., Kilinc K., Yildirim Y., Dincer F., Eseceli H., 2008.** Comparative effects of mint, sage, thyme and flavomycin in wheat based broiler diets. *Archiva Zootechnica*, 11(3):54-63.

**Dieumou F.E., Teguia A., Kuate J.R., Tamokou J.D., Fonge N.B., Dongmo M.C., 2009.** Effects of ginger (*Zingiber officinale*) and garlic (*Allium sativum*) essential oils on growth performance and gut microbial population of broiler chickens. *Livestock Research for Rural Development*, 21: 25-34.

**Dkhil M.A., Abdel-Baki A.S., Wunderlich F., Sies H., Al-Quraishy S., 2011.** Anticoccidial and antiinflammatory activity of garlic in murine *Eimeria papillata* infections.

Veterinary Parasitology, 175: 66 -72.

**Durairaj S., Srinivasan S., Lakshmanaperumalsamy P., 2009.** In vitro antibacterial activity and stability of garlic extract at different pH and temperature. Electronic Journal of Biology, 5(1): 5 - 10.

**Durna Aydin Ö., Merhan O., Yildiz G., 2020.** The effect of sodium bentonite on growth performance and some blood parameters in post-weaning Tuj breed lambs. Ankara Üniv Vet Fak Derg. 67: 235 - 241.

**Dwiloka B., Setiadi A., Santoso S.I., Suprijatna E., Susanti S. 2015.** Effects of duck feed supplemented with invasive giant salvinia (*Salvinia molesta*) on duck meat characteristics . Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 39(6): 668 - 675.

**Eid K.M., Iraqi M.M., 2014.** Effect of garlic powder on growth performance and immune response for Newcastle and avian influenza virus diseases in broiler of chickens. Proc. 2nd International Conference Biotechnology Applications in Agriculture (ICBAA), Benha University, Moshtohor and Hurghada. 8 - 12.

**Ekesbo I., 2011.** Domestic Fowl (*Gallus gallus domesticus*). In: Farm Animal Behaviour: Characteristics for Assessment of Health and Welfare. CABI Publishing. The UK. (Ed. 2): 175-197.

**El-Afify S.F., 1997.** Nutritional studies on onion and garlic supplement to poultry feed Ph. D. Thesis, Anim., Prod. Dep. Faculty Agriculture, Ainshams Uuiv. P 110.

**Elagib H.A.A., El-Amin E.K.M., Malik H.E.E., 2013.** Effect of dietary garlic (*Allium sativum*) supplementation on Broiler Performance and Blood Profile. Animal Science Advances, 3(2): 58 - 64.

**El-deek A.A., Attia Y.A., Maysa M., Hannfy M., 2002.** Effect of anise (*Pimpinella anisum*), ginger(*Zingiber officinale* Roscoe) and fennel (*Foeniculum vulgare*) and their mixture on performance of broilers. Archiv für Geflügelkunde, 67: 92–96.

**El-Deek A., El-Sabrouh K., 2019.** Behaviour and meat quality of chicken under different housing systems. World Poultry Science Journal, 75: 105 - 114.

**El-Nawawi G.H., 1991.** Some of non conventional ingredients in broiler ration. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ain Shams University.

**Eltazi S.M.A., 2014.** Effect of using ginger powder as natural feed additive on performance and carcass quality of broiler chicks. Assiut Veterinary Medical Journal, 60(141): 87 - 95.

**Eraslan G., Eşsiz D., Akdoğan M., Şahindokuyucu F., Altıntaş L., 2005.** The effects of aflatoxin and sodium bentonite combined and alone on some blood electrolyte levels in broiler chickens. Turkish Journal. Veterinary. Animal. Science, 29: 601 - 605.

- Fayed R.H., Razek A.H.A., Jehan M.O., 2011.** Effect of dietary garlic supplementation on performance, carcass traits and meat quality in broiler chickens. *Animal Hygiene and Sustainable Livestock Production*. Vol.1. Proceedings of the XVth International Congress of the International Society for Animal Hygiene, Vienna, Austria. 471- 474.
- Furuse M., Okumura J., 1994.** Nutritional and physiological characteristics in germ-free chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 109 (3): 547 - 556.
- Gabriel I., Mallet S., Leconte M., Fort G., Naciri M., 2003.** Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in broiler chickens. *Poultry Science* 82(11), 1668 - 1676.
- Gao Y., Ozel M.Z., Dugmore T., Sulaeman A., Matharu A.S., 2021.** A biorefinery strategy for spent industrial ginger waste. *Journal Hazardous Materials*, 401.
- Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Rahmat A., 2010.** Identification and Concentration of Some Flavonoid Components in Malaysian Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Varieties by a High Performance Liquid Chromatography Method. *Molecules*, 15: 6231 - 6243.
- Gibson G.R., 1998.** Dietary modulation of the human gut microflora using prebiotics. *British Journal of Nutrition*, 80(4): 209 - 212.
- Gigon F., 2012.** Le gingembre, une épice contre la nausée, *Phytothérapie*, 10 : 87 - 91.
- Goda T., Takase S., 1994.** Effect of dietary-fat content on microvillus in rat jejunum. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 40: 127-136.
- Gopi M., Karthik K., Manjunathachar H.V., Tamilmahan P., Kesavan M., Dashprakash M., Balaraju B.L., Purushothaman M.R., 2014.** Essential oils as a feed additive in poultry nutrition. *Advances of Animal Veterinary Science*, 2: 1 - 7.
- Gorinstein S., Drzewiecki J., Leontowicz H., Leontowicz M., Najman K., Jastrzebski Z., Zachwieja Z., Barton H., Shtabsky B., Katrich E., Trakhtenberg S., 2005.** Comparison of the bioactive compounds and antioxidant potentials of fresh and cooked Polish, Ukrainian, and Israeli garlic. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 53(7): 2726 - 2732.
- Grine K. R., 2016.** La marne : une argile naturelle dans l'alimentation de la poule pondeuse. Mémoire de Master, Sciences Agronomiques, Université Batna 1, Batna. P41.
- Guarrera P.M., 1999.** Traditional antihelmintic, antiparasitic and repellent uses of plants in Central Italy. *Journal of ethnopharmacology*, 68(1-3): 183-192
- Guo F. 2003.** Mushroom and herb polysacchariides as alternative for antimicrobial growth promoters in poultry. Wageningen University and Research. P 24.
- Han J., Lawson L., Han G., Han P., 1995.** A spectrophotometric method for quantitative

- determination of allicin and total garlic thiosulfinates. *Analytical biochemistry*, 225: 157-160.
- Hanieh H., Narabara K., Piao M., Gerile C., Abe A. and Kondo Y., 2010.** Modulatory effects of two levels of dietary Alliums on immune response and certain immunological variables, following immunization, in White Leghorn chicken. *Animal. Science. Journal.* 81, 673 - 680.
- Haq A., Meraj K.A., Rassol S., 1999.** Effect of supplementing Allium ativum (Garlic) and Azadirachtuindica (Neem) leaves in broiler feeds on their blood cholesterol, triglycerides antibody titer. *Jornal Agricultural Biology*, 1 (3): 125 - 127.
- Herawati. 2010.** The Effect of Feeding Red Ginger as Phytobiotic on Body Weight Gain, Feed Conversion and Internal Organs Condition of Broiler. *International Journal of Poultry Science* 9 (10): 963-967.
- Hossain M.M., Lee S.I., Kim I.H., 2015.** Corrigendum to Effect of dietary Korean aged garlic extract by Leukonostoc mesenteroides KCCM35046 on production, hematological status, meat quality, relative organ weight, targeted Escherichia coli colony and excreta gas emission in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 206: 126.
- Huyghebaert G., Ducatelle R., Van Immerseel F., 2011.** An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *Veterinary Journal*, 187:182 - 188.
- Ibtisham F., Nawab A., Niu Y., Wang Z., Wu J., Xiao M., An L., 2019.** The effect of ginger powder and Chinese herbal medicine on production performance, serum metabolites and antioxidant status of laying hens under heat-stress condition. *Journal of Thermal Biology* 81: 20 - 24.
- Iciek M., Kwiecien I., Wlodek L., 2009.** Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. *Environmental and molecular mutagenesis*, 50(3): 247 - 265.
- Incharoen T., Yamauchi K., 2009.** Production performance, egg quality and intestinal histology in laying hens fed dietary dried fermented ginger. *International Journal of Poultry Science*, 8: 1078 - 1085.
- Iqbal Z., Lateef M., Akhtar M.S., Ghayur M.N., Gilani A.H., 2006.** In vivo anthelmintic activity of ginger against gastrointestinal nematodes of sheep. *Journal of ethnopharmacology*, 106(2): 285 - 287.
- Ismoyowati I., Indrasanti D., Mufti M., 2015.** Phytobiotic properties of garlic, red ginger, turmeric and kencur in growing ducks. *Animal Production*, 17(1): 49-55.
- Jahan Z.A., Ahsan U.H., Muhammad Y., Tanveer A., Sarzamin K., 2008.** 'Evaluation of different medicinal plants as growth promoters for broiler chicks'. *Sarhad Jornal Agriculture* 24: 323 - 329.

- Jameel Y.J., Abed A.R., Al-Shimmary F.O., 2014.** Influence of adding garlic and thyme and their combination on immune response and some blood parameters in broiler. international journal of advanced biological research, 4(2): 211-215.
- Javed M., Durrani F.R., Hafeez A., Khan R.U., Ahmad I., 2009.** Effect of aqueous extract of plant mixture on carcass quality of broiler chicks. Journal of Agricultural and Biological Science, 4(1): 37- 40.
- Javid M.A., Abbas G., Waqas M.Y., Basit M.A., Asif M., Akhtar M.S., Masood S., Saleem MU, Qamar SH, Kiani F.A., 2019.** Evaluation of Comparative Effect of Feed Additive of *Allium Sativum* and *Zingiber Officinale* on Bird Growth and Histomorphometric Characteristics of Small Intestine in Broilers. Brazilian Journal of Poultry Science, eRBCA-2019 - 0993.
- Jezowa I., Refinski T., Wrocinski T., 1966.** Investigation on the antibiotic activity of *Allium sativum* L. Herba pol., 12: 3-13.
- Jimoh A.A., Ibitoye E.B., Dabai Y.U., Garba S., 2013.** In vivo Antimicrobial Potentials of Garlic against *Clostridium perfringens* and Its Promotant Effects on Performance of Broiler Chickens. Pakistan Journal of Biological Sciences, 16: 1978 - 1984.
- Kaci A., 2013.** La pratique d'élevage du poulet de chair dans la région du centre d'Algérie : diagnostic et perspectives. 10<sup>eme</sup> JRA-PFG. La Rochelle (France), 26 & 28 mars 2013, 62 - 67.
- Kansal A., Ali N., Fahim A., Bharti M., Chandra G., Siddiqui R., 2017.** Effect of Dietary Supplementation of Garlic on the Haemato-biochemical Parameters and Performance of Broiler Chickens. International Journal of Livestock Research. 7(10): 223 - 230.
- Karangiya V.K., Savsani H.H., Patil S.S., Garg D.D., Murthy K.S., Ribadiya N.K., Vekariya S.J., 2016.** Effect of dietary supplementation of garlic, ginger and their combination on feed intake, growth performance and economics in commercial broilers, Veterinary World, 9(3): 245-250.
- Kaya H., Kaya A., Celebi S., Macit M., 2013.** Effects of dietary supplementation of essential oils and vitamin E on performance, egg quality and *Escherichia coli* count in excreta. Indian Journal of Animal Research, 47(6): 515-520.
- Khan R.U., Nikousefat Z., Tufarelli V., Naz S., Javdani M., Laudadio V., 2012.** Garlic (*Allium sativum*) supplementation in poultry diets: Effect on production and physiology. World Poultry Science journal, 68: 417- 424.
- Khan S.H., Sardar R., Anjum M.A., 2007.** Effects of dietary garlic on performance and serum and egg yolk cholesterol concentration in laying hens. Asian Journal of Poultry

Science; 1(1): 22-27.

**Kim B.K., Jung, D.J., Lee J.H., Hwang E.G., Choi C.B., 2011.** Comparison of growth performances and physico- chemical characteristics of Hanwoo bulls and steers of different slaughtering ages. *Korean Journal Food Science Animal Resour.* 31: 257 -265.

**Kim S.M., Kubota K., Kobayashi A., 1997.** Antioxidative activity of sulfur-containing flavor compounds in garlic. *Biosci. Biotech. Bioch.* 61, 1482 - 1485.

**Kim Y.J., JinS.K., Yang H.S., 2009.** Effect of dietary garlic bulb and husk on the physicochemical properties of chicken meat. *Poultry Science* 88 (2): 398 - 405.

**Kirubakaran A., Moorthy M., Chitra R., Prabakar G., 2016.** Influence of combinations of fenugreek, garlic, and black pepper powder on production traits of the broilers. *Veterinary World*, 9(5): 470 - 474.

**Konjufca V.H., Pesti G.M., Bakalli R.I., 1997.** Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poultry science*, 76(9): 1264 - 1271.

**Kumar A., Kheravii S.K., Ionescu C., Blanchard A., Barekatin R., Bajagai Y.S., Wu S.-B.A., 2021.** Microencapsulated Mixture of Eugenol and Garlic Tincture Supplementation Mitigates the Effect of Necrotic Enteritis on Intestinal Integrity and Increases Goblet Cells in Broilers. *Microorganisms*, 9: 1451.

**Lanzotti V., 2006.** The analysis of onion and garlic. *Journal of chromatography A*, 1112(1-2): 3 - 22.

**Lawson L.D., 1993.** Bioactive organosulfur compounds of garlic and garlic products. In: ACS Symposium Series 534, Human Medicinal Agents From Plants (Kinghorn, A. D. & Balandrin, M. F., eds.), American Chemical Society, Washington, DC: 306 - 330.

**Lawson L.D., 1998.** Garlic: A review of its medicinal effects and indicated active compounds.in *Phytomedicines of Europe: Chemistry and Biological Activity*, 176 -209.

**Lee K.W., Lee K.C., Kim G.H., Kim J.H., Yeon J.S., Cho S.B., Chang B.S., Kim S.K., 2016.** Effects of Dietary Fermented Garlic on the Growth Performance, Relative Organ Weights, Intestinal Morphology, Cecal Microflora and Serum Characteristics of Broiler Chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 18(3) : 511-518.

**Lemos M.J., Calixto L.F.L., Alves O.D.S., Souza D.S.D., Moura B.B., Reis T.L., 2015.** Kaolin in the diet and its effects on performance, litter moisture and intestinal morphology of broiler chickens. *Ciência Rural*, 45 (10): 1835 - 1840.

**Lilja C., 1983.** Comparative study of postnatal growth and organ development in some species of birds. *Growth*, 47: 317 - 329.

- Lombarkia S., 2016.** Réponses de la poule pondeuse à l'addition de complexe de marne ou de kaolin associés aux feuilles d'olives, au paprika et au curcuma. Mémoire de Master option Aviculture, Sciences Agronomiques, Université Batna 1, Batna, P49.
- Luca S., Giovanna M., Fernando E., P. Paola P., Paolo P., 2004.** The effects of sepiolite SPLF on piglet and heavy pig production. Italian. Journal. Animal. Science, 3: 225 - 234.
- Mahboubi M., 2019.** Zingiber officinale Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity. Clinical Phytoscience, 5(1): 1 - 12.
- Mahmoud K.Z., Gharaibeh S.M., Zakaria H.A., Qatramiz A.M., 2010.** Garlic (*Allium sativum*) supplementation: Influence on egg production, quality, and yolk cholesterol level in layer hens. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 23(11): 1503-1509.
- Malekizadeh M., Moeini M.M., Ghazi S., 2012.** The effects of different levels of ginger (*Zingiber officinale* Rosc) and turmeric (*Curcuma longa* Linn) rhizome powder on some blood metabolites and production performance characteristics of laying hens. Journal Agricultural Science Technology 14: 127 - 134.
- Mansoub N.H., Nezhady M.A.M. 2011.** The effect of using Thyme, Garlic and Nettle on performance, carcass quality and blood parameters. Annals of Biological Research 2: 315 - 320.
- Martins A.P., Salgueiro L., Goncalves M.J., da Cunha A.P., Vila R., Canigual S., Mazzoni V., Tomi F., Casanova A., 2001.** Essential oil composition and antimicrobial activity of three Zingiberaceae from S. Tomé principle. Planta Medicine, 67: 580-584.
- McNamee S.E., Cunningham R., Elliott C.T., 2013.** Simultaneous immunochemical detection of four banned antibiotic growth promoters in raw and cooked poultry tissue. Food Addit. Contam. Part A, 30: 1270 - 1278.
- Melcion J.P., 1995.** Emploi des liants pour le pressage des aliments des animaux : aspects
- Morakinyo A.O., Akindele A.J., Ahmed Z., 2011.** Modulation of antioxidant enzymes and inflammatory cytokines: Possible mechanism of anti-diabetic effect of ginger extracts. African Journal of Biomedical Research. 14 (3):195-202.
- Nasiroleslami M., Torki M., 2010.** Including Essential Oils of Fennel (*Foeniculum Vulgare*) and Ginger (*Zingiber Officinale*) to Diet and Evaluating Performance of Laying Hens, White Blood Cell Count and Egg Quality Characteristics. Advances in Environmental Biology, 4: 341 - 345.
- Naveena B. M., Mendiratta S. K. 2001.** Tenderisation of spent hen meat using ginger extract. British Poultry Science, 42: 344 - 349.

- Naveena B.M., Mendiratta S.K., 2004.** The tenderization of buffalo meat using ginger extract. *Journal of Muscle Foods*, 15: 235 - 239
- Navidshad B., Darabighane B., Malecky M., 2018.** Garlic: An Alternative to Antibiotics in Poultry Production, A Review. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8(1): 9 -17.
- Nidaullah H., Durrani F.R., Ahmad S., Jan I.U., Gul S., 2010.** Aqueous extract from different medicinal plants as anticoccidial, growth promotive and immunostimulant in broilers. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 5(1): 53 - 59.
- Nok A.J., Williams S., Onyenekwe P.C., 1996.** *Allium sativum*-induced death of African trypanosomes. *Parasitology Research*, 82(7): 634 - 637.
- nutrient utilization in chickens. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 4(2): 187-195.
- Oko O.O.K., Agiang E.A., 2009.** Phytochemical evaluation of 3 extractants of *Aspilia africana* leaves. *Proc. of the International conference on Global food crisis*, April 19 -24<sup>th</sup> FUT, Owerri, Nigeria, 87 - 90.
- Oladele O.A., Emikpe B.O., Bakare H., 2012.** Effects of dietary garlic (*Allium sativum* Linn.) supplementation on body weight and gut morphometry of commercial broilers. *International Journal Morphol*, 30(1), 238-240.
- Omage J. J., Onimisi P.A., Adegbite E.k., Agunbiade M.O., 2007.** The effect of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) waste meal on growth performance, carcass characteristics, serum lipid and serum cholesterol profiles of Rabbit. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6(4): 359 - 362.
- Omer H.A., Ahmed S.M., Abdel-Magid S.S., El-Mallah G.M., Bakr A.A., Fattah M.M.A. 2019.** Nutritional impact of inclusion of garlic (*Allium sativum*) and/or onion (*Allium cepa* L.) powder in laying hens' diets on their performance, egg quality, and some blood constituents. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1): 23.
- Onu P.N., 2010.** Evaluation of two herbal spices as feed additives for finisher broilers". *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26: 383-392.
- Onyimonyi A.E., Chukwuma P.C., Igbokwe C., 2012.** (*Allium sativum*) on broilers. *African Journal of Biotechnology*, 11(11): 2666 - 2671.
- Ortiz J., Montaño M., Plascencia A., Salinas J., Torrentera N., Zinn R.A., 2016.** Influence of Kaolinite Clay Supplementation on Growth Performance and Digestive Function in Finishing Calf-fed Holstein Steers. *Asian Australas. Journal of Animal Science*, 29: 1569 - 1575.
- Oso A.O., Awe A.W., Awosoga F.G., Bello F.A., Akinfenwa T.A., Ogunremi E.B., 2013.** Effect of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on growth performance, nutrient digestibility,

serum metabolites, gut morphology, and microflora of growing guinea fowl. *Trop. Anim. Health Prod.*45: 1763 - 1769.

**Ouachem D., Bakroune F., Bensalem A., Hadjar A., Abdessemed F., 2011a.** Effets de la marne sur le rendement en découpe et la qualité de la viande du poulet. 9<sup>ème</sup>Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29-30 mars: 507-511.

**Ouachem D., Kaboul N., Meredef A., Abdessemed F. and Ahmed Gaid Z., 2015a.** Effects of clay on performance, moisture of droppings and health status of poultry : an overview. *World's Poultry Science Journal* 71(1), 184-189.

**Ouachem D., Lombarkia S., 2017.** Effects of a Natural Preparation Based on Kaolin, Olive Leaf, Turmeric and Mild Paprika on the Performance of Laying Hens. The 7<sup>th</sup> International Seminar on Tropical Animal Production. 286 - 293

**Ouachem D., Meredef A., and Kaboul N., 2015b.** The Marl and Kaolin in Broiler Diet: Effects on the Bone Weight and the Cutting Yield. The 6<sup>th</sup> International Seminar on Tropical Animal Production. 72 - 75.

**Ouachem D., Meredef A., Arfan Z., Bennoune O., 2017.** Amélioration de la muqueuse intestinale, des fientes, des os et de la croissance du poulet de chair par la marne. *Livestock Research for Rural Development* 29 (6):121.

**Ouachem D., Soltane M., Hadjar A., Bakroune F., Kalkil T., Bensalem A., Smaili A., Haddad S., Abdessemed F., 2011b.** Effects of the marl on the performance of chicken feeding starting diet containing acid oil. *Banats Journal of Biotechnology*, 3(2): 3-6.

**Ouachem D., Soltane M., Hadjar A., Bakroune F., Kalkil T., Bensalem A., Smaili A., Haddad S. and abdessemed F., 2011b.** Effects of the marl on the performance of chicken feeding starting diet containing acid oil. *Banats Journal of Biotechnology* 3(2): 3 -6.

**Ouachem D., Soltane M., Kalkil T., Soualah Z., Berghouti .F, Abdessemed F., Mekaoussi S., Yakhlef I., 2009.** La marne un produit naturel dans le régime du poulet de chair : conséquences sur les performances et l'état des fientes. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St. Malo (France), 25&26 mars, 507-511.

**Ouachem D., Soltane M., Kalkil T., Soualah Z., Berghouti F., Abdessemed F., Mekaoussi S., Yakhlef I., 2009.** La marne un produit naturel dans le régime du poulet de chair : conséquences sur les performances et l'état des fientes. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St. Malo (France), 25&26 mars, 507 - 511.

**Ouhida I., Perez J.F., Gasa J., Puchal F., 2000b.** Enzymes ( $\beta$ -glucanase and arabinoxylanase) and/or sepiolite supplementation and the nutritive value of maize-barleywheat based diets for broiler chickens. *British Poultry Science* 41: 617–624.

- Ouhida I., Perez J.F., Piedrafita J., Gasa J., 2000a.** The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity. Productive performance and nutritive value. *Animal Feed Science Technology*, 85:183 - 194.
- Owen O.J., Amakiri A.O., 2012.** Evaluation of ginger (*Zingiber officinale*) as feed additive on the performance characteristics and haematological profiles of broiler birds. *Proceedings 17th Annual Conference. Animal Science Association of Nigeria at Abuja, Nigeria.* 430 - 433.
- Peinado M.J., Ruiz R., Echavarri A., Rubio L.A., 2012.** Garlic derivative PTS-O is effective against broiler pathogens in vivo. *Poultry Science*, 91: 2148 - 2157.
- Platel K., Srinivasan K., 2000.** Influence of dietary spices and their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. *Food Nahrung*. 44: 42 - 46.
- Prvulović D., Jovanović G.A., Stanić B., Popović M., Grubor L.G., 2007.** Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. *Czech Journal of Animal Sciences* 52, 159 - 166.
- Prvulović D., Kojic D., Grubor-Lajsic G., Kosarcic S., 2008.** The effects of dietary inclusion of hydrated aluminosilicate on performance and biochemical parameters of broiler chickens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32: 183 - 189.
- Putri P.E., Mangisah I., Suthama N., 2016.** The Effect of Dietary Supplementation of Onion and Garlic Husk Powder on Protein, Cholesterol and Fat of Duck Meat. *Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology.* 422 - 427.
- Puvača N., Kostadinović L., Ljubojević D., Lukač D., Lević J., Popović S., Novakov N., Vidović B. and Đuragić O., 2015.** Effect of garlic, black pepper and hot red pepper on productive performances and blood lipid profile of broiler chickens. *European Poultry Science*, 79: 1-13.
- Quisenberry J.H., 1968.** The use of clay in poultry feed. *Clay Clay Miner*, 16: 267 - 270.
- Ramadan S.G.A., 2013.** Behaviour, welfare and performance of broiler chicks fed dietary essential oils as growth promoter. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 59 (137): 107 - 119.
- Regmi S., Tiwari I.C.P., Devkota N.R., Sah R., Yadav R.K., Pant N., Lamichhane U., 2021.** Effect Of Dietary Supplementation Of Garlic And Ginger In Different Combination On Feed Intake And Rowth Performance In Comme rcial Broilers. *Malaysian Journal Of Sustainable Agriculture*, 5(2): 95 - 98.
- Rehman Z., Munir M.T., 2015.** Effect of garlic on the health and performance of broilers. *Veterinaria*, 3(1): 32 - 39.
- Reis T.L., Palomino J.C., Dielis F., Evandro de Moraes J., Pizzolante C.C., Calixto L. F. L., 2020.** Qualidade óssea, excreção mineral e digestibilidade da matéria seca de poedeiras

semipesadas alimentadas com caulim no final do ciclo produtivo. *Archives of Veterinary Science*. 25(2): 56-70.

**Ronald L.B., 2012.** Nature guide and minerals. First American Edition.P 365.

**Safaei M., Jafariahngari Y., Baharlouei A., 2010.** Effects of dietary inclusion of sodium bentonite on biochemical characteristics of blood serum in broiler chickens. *Int J Agr Biol*. 12: 877 - 80.

**Safaei M.; Boldaji F., Dastar B., Hassani S., Taran M., 2014.** Economic analysis using silicate minerals in broiler chickens diets. *Animal Biology & Animal Husbandry*. 6(2): 216-223.

**Saleh N.E., Michael F.R., Toutou M.M., 2015.** Evaluation of garlic and onion powder as phyto-additives in the diet of sea bass (*Dicentrarcus labrax*). *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 41: 211 - 217.

**Semenenko M., Kuzminova E., Grin V., Rogaleva E., Semenenko K., 2020.** Possibilities of using natural aluminosilicates in the development of medicines at heatosis in poultry, E3S web of conference. *Interagromash* 175.

**Shanoon A.K., Jassim M.S., Amin Q.H., Ezaddin I.N., 2012.** Effects of ginger (*Zingiber officinale*) oil on growth performance and microbial population of broiler Ross 308. *International Journal of Poultry Science*, 11(9) : 589.

**Shewita R.S., Taha A.E., 2018.** Influence of dietary supplementation of ginger powder at different levels on growth performance, haematological profiles, slaughter traits and gut morphometry of broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 48 (6), 997-1008.

**Sidiropoulou E., Skoufos I., Marugan-hernandez V., Giannenas I., Bonos E., Aguiar-martins K., Lazari D., Blake D. and Tzora A., 2020.** In vitro anticoccidial study of oregano and garlic essential oils and effects on growth performance, fecal oocyst output, and intestinal microbiota in vivo. *Frontiers in Veterinary Science*, 7: 420.

**Sofowora A., 1993.** Medicinal plants and traditional medicine Africa. Spectrum Books Ltd., 289.

**Songsang A., Suwanpugdee A., Onthong U., Sompong R, Pimpontong P., Chotipun S., Promgerd W., 2008.** Effect of Garlic (*Allium sativum*) Supplementation in Diets of Broilers on Productive Performance, Meat Cholesterol and Sensory Quality, Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, University of Hohenheim, Tropentag, October, 7 - 9.

**Souza D.S., Calixto L.F.L., Lemos M.J., Reis T.L., Oliveira C.A., Fassani É.J., Valladares M.C.C.P., Sousa F.D.R., 2019.** Inclusion of kaolin in the feed of Japanese quails

during the production phase. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 32 (4) : 274 - 284

**Spotti M., Fracchiola M. L., Arioli F., Canoni F., Pompa G., 2005.** Aflatoxin B1 binding to sorbents in bovine ruminal fluid. *Vet. Res. Commun.* 29: 507-515.

**Syed Ziauddin K., Rao D.N., Amla B.L., 1995.** Effect of lactic acid, ginger extract and sodium chloride on electrophoretic pattern of buffalo muscle proteins. *Journal of Food Science and Technology*, 32(3): 224 - 226.

**Tchoffo H., Kana J.R., Ngoula F., Folack T.L.V., Adoum G., Moussa M.O., Ngouzeu M.W.M., 2018.** Growth Performance, Serum Biochemical Profile, Oxidative Status, and Fertility Traits in Male Japanese Quail Fed on Ginger (*Zingiber officinale*, Roscoe) Essential Oil. *Veterinary Medicine International*, Article ID 7682060, 8 pages.

**Tekeli A., Kutlu H., Celik L., 2011.** Effects of *Z. officinale* and propolis extracts on the performance, carcass and some blood parameters of broiler chicks. *Current Research in Poultry Science*, 1(1): 12-23.

**Teshika J.D., Zakariyyah A.M., Toorabally Z., Zengin G., Rengasamy K.R., Pandian S. K., Mahomoodally F.M., 2018.** Traditional and modern uses of onion bulb (*Allium cepa* L.): A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–75.

**Thakur R., Neeraj N., Pandey R., Singh A. and Nagar A., 2020.** Effect of Cardamom and Ginger Powder Supplementation on Growth Performance in Caged Broilers. *International Journal of Livestock Research*, 10(12), 155-162.

**Tilgner S., 1999.** Herbal Medicine from the herbal of the earth. Wise Acres Press Inc. Creswill.OR.P:66-67.

**Toghyani M., Toghyani M., Gheisari A., Ghalamkari G., Eghbal saied S., 2011.** Evaluation of cinnamon and garlic as antibiotic growth promoter substitutions on performance, immune responses, serum biochemical and haematological parameters in broiler chicks. *Livestock Science* 138: 167 - 173.

**Tollba A.A.H., Hassan M.S.H., 2003.** Using some natural additives to improve physiological and productive performance of broiler chicks under high temperature conditions 2- black cumin (*Nigella Sativa*) or garlic (*Allium sativum*) *Egyptian Poultry Science*, 23: 327- 40.

**Tortuero C.F., Fernandez G.E., Martin M.L., 1992.** Efectos de la sepiolita en la dieta sobre el crecimiento, las medidas viscerale y el transito intestinal en pollos. *Archivos.Zootecnia*, 41: 209 - 217.

**Toulah F.H., Al-Rawi M.M., 2007.** Efficacy of garlic extract on hepatic coccidiosis in infected rabbits (*Oryctolagus cuniculus*): histological and biochemical studies. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 37(3): 957 - 968

- Trckova M., Vondruskova H., Zraly Z., Alexa P., Hamrik J., Kummer V., Pavlik I., 2009.** The effect of kaolin feeding on efficiency, health status and course of diarrhoeal infections caused by enterotoxigenic *Escherichia coli* strains in weaned piglets. *Vet Med*, 54: 47 - 63.
- Upadhayay U.P., Ewam P.C., Ewam U.P., Sansthan G.A., 2012.** Immunomodulatory and Therapeutic Potentials of Herbal, Traditional/ Indigenous and Ethnoveterinary Medicines" Mahima, "AnuRahal," Rajib Deb,"Shyma K. Latheef," Hari Abdul Samad. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 15: 754 - 774.
- Valiollahi M.R., Rahimian Y., Miri Y., Rafiee A., 2013.** Effect use ginger (*Zingiber officinale*), black pepper (*Piper nigrum* L.) powders on performance, some blood parameters and antibody titer against new castle vaccine on broiler chicks. *Scholarly Journal of Agricultural Science*, 3: 535 - 540.
- Wahba A., 2003.** Studies on the efficacy of garlic extract on cryptosporidiosis in experimentally infected mice. *Egyptian journal of agricultural research*, 81: 793 - 804.
- Wang R., Li D., Bourne S., 1998.** Can 2000 years of herbal medicine history help us solve problems in the year 2000. In *Alltechs annual symposium*. 14: 168 - 184.
- Wester L.E., 2002,** Offering sodium bentonite and sodium bicarbonate free choice to lactating dairy cattle. Master of Science Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, P69.
- White B., 2007.** Antimicrobial activity of ginger against different microorganisms: Physician, 75: 1689 - 1691.
- Windisch W., Schedle K., Plitzer C., Kroismayr A., 2007.** Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal Animal Science*, 86: 140 - 148
- Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A., 2008.** Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal Animal Science*, 86: E140 - E148
- Worku M., Franco R., Baldwin K., 2009.** Efficacy of garlic as an anthelmintic in adult Boer goats. *Archives of Biological Sciences*, 61(1): 135 - 140.
- Xia M.S., Hu C.H., Xu Z.R., 2004.** Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities and intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science* 83(11): 868 - 1875.
- Xia M.S., Hu C.H., Xu Z.R., 2005.** Effects of copper bearing montmorillonite on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. *Animal of Food Science Technology*, 118: 307-317.
- Xu Z.R., Hu C.H., Xia M.S., Zhan X.A., Wang M.Q., 2003.** Effects of dietary Fructo

oligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science*, 82: 648 - 654.

**Yalçın S., Onbaşlar L., Reisli Z. and Yalçın S., 2006.** Effects of garlic powder on the performance, egg traits and blood parameters of laying hens. *Journal of Science Food Agricultural*, 86:1336 - 1339.

**Yalçın S., Yalçın S., Gebeş E.S., Şahin A., Duyum H.M., Escribano F., Ceylan A., 2017.** Sepiolite as a feed supplement for broilers. *Applied Clay Science*, 148: 95 -102.

**Yamada Y., Kikuzaki H., Nakatani N., 1992.** Identification of antimicrobial gingerols from ginger (*Zingiber officinale*). *Journal Antibacterial antifungal agents*, 20: 309 - 311.

**Yang X., Xin H., Yang C., Yang X., 2018.** Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 4:388 - 393.

**Yang Y., Iji P.A., Kocher A., Mikkelsen L.L., Choct M., 2008.** Effects of mannanoligosaccharide and fructooligosaccharide on the response of broilers to pathogenic *Escherichia coli* challenge. *British Poultry Science*. 49: 550 - 559.

**Yitbarek M.B., 2015.** Phyto-genics as Feed Additives in Poultry Production: A Review. *International Journal Extensive Research*, 3: 49 - 60.

**Zekić V., Puvača N., Milić D., Beuković M., Glamočić D., Vukelić N., Lukač D., Zekić S., 2014.** Effect of garlic powder in broiler chicken nutrition: Emphasis on production economic efficiency costs and chicken meat quality. *Custos e @gronegocio*, 10: 86 - 98.

**Zhang G.F., Yang Z.B., Wang Y., Yang W.R., Jiang, S.Z., Gai G.S., 2009.** Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) processed to different particle sizes on growth performance, antioxidant status, and serum metabolites of broiler chickens. *Poultry Science*, 88: 2159 - 2166.

**Zhao X., Yang Z.B., Yang W.R, Wang Y., Jiang S.Z., Zhang G.G., 2011.** Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) on laying performance and antioxidant status of laying hens and on dietary oxidation stability. *Poultry Science*, 90: 1720 - 1727.

**Ziarlarimi A., Irani M., Gharahveysi S., Rahmani Z., 2011.** Investigation of antibacterial effects of garlic (*Allium sativum*), mint (*Menthe spp.*) and onion (*Allium cepa*) herbal extracts on *Escherichia coli* isolated from broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 10: 10320-2.

# **PARTIE EXPERIMENTALE**



## **I.Materiel et methodes**

### **I.1. Objectif**

L'alimentation est l'un des principaux intrants de la production avicole. Divers additifs alimentaires et substances naturelles sont utilisés en élevages pour améliorer l'efficacité alimentaire et le poids vif, optimiser le rendement, favoriser un produit de qualité, améliorer le bien être et respecter l'environnement. Dans le présent essai, il a été envisagé d'étudier les effets de 3% de mélanges de préparations naturelles à base d'argiles (marne et kaolin) associées à l'ail, au gingembre et/ou à leur mélange sur les performances, le rendement en découpe et la qualité de carcasse, la qualité de l'os et sur certains indicateurs de bien-être du poulet.

Le compte rendu des procédures expérimentales et des techniques analytiques adoptées au cours de la présente étude est élucidé dans les étapes suivantes :

### **I.2. Période, lieu et aménagement expérimental**

L'étude expérimentale s'est déroulée au sein de l'animalerie de l'Institut des Sciences Vétérinaires et des Sciences Agronomiques - Université El- Hadj Lakhdar (Batna1) du 05 Mai 2019 jusqu'au 15 Juin 2019. Le site expérimental se compose de deux compartiments, le premier a été assigné au stockage des aliments, les préparations alimentaires et les différentes manipulations (pesées, et travaux quotidiens de nettoyage et d'identification des animaux), le second compartiment a été subdivisé en 30 cages destinées à l'élevage des différents lots. Les cages ont été équipées de mangeoires et une chaîne d'abreuvement à tétines (figure 1). Le chauffage a été assuré par des radiants à gaz pour offrir le confort thermique, notamment au jeune âge, comme recommandé par le sélectionneur de la souche Cobb 500 (32°C : 1-7 j ; 30°C : 8-14 j ; 28°C :15-21j ; puis réduction progressive pour atteindre 22°C à 28 jours). Le renouvellement de l'air a été assuré par des fenêtres et un extracteur. La salle d'élevage a été préalablement soumise à des opérations de nettoyage (eau javéalisée), de désinfection (TH5), de chaulage et de vide sanitaire.

### **I.3. Animaux**

Trois Cent soixante poussins d'un jour (Cobb 500), pesant en moyenne 41 g ont été identifiés et répartis de façon aléatoire pour recevoir sept régimes alimentaires. Par régime, 48 sujets ont été installés au sein de quatre cages de 12 poussins (soit 04 répétitions par lot). A titre indicatif, un échantillon de 24 poussins a été mis en réserve pour remplacer le remplacement des sujets morts au cours des premiers jours de démarrage ou des sujets blessés



**Figure 1.** Disposition et aménagement des cages

#### I.4. Aliment et additifs naturels

##### I.4.1. Aliment

L'alimentation des poussins a été assurée par des aliments de démarrage et de croissance fabriqués à l'unité d'aliments de bétail d'Oued Taga (Batna). Les aliments ont été formulés exemptes d'antibiotiques et de facteurs de croissance et de façon à assurer l'équilibre nutritionnel recommandé pour les besoins de la souche. Les aliments et l'eau ont été offerts à volonté durant toute la durée d'élevage. Les caractéristiques nutritionnelles des aliments servis sont mentionnées dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles des aliments de démarrage et de croissance utilisés.

	Aliment démarrage	Aliment de croissance
<b>Matière première (%)</b>		
<b>Mais</b>	58	61
<b>Soja</b>	33	30
<b>Son de blé</b>	5	5
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	1,1	1,2
<b>Phosphate</b>	1,9	1,8
<b>CMV</b>	1	1
<b>Caractéristiques nutritionnelles des aliments</b>		
<b>EM</b>	<b>2990</b> (3000)	<b>3130</b> (3150)
<b>PB</b>	<b>21</b> (21)	<b>18,5</b> (19)
<b>Ca</b>	<b>1,0</b> (0,87)	<b>0,93</b> (0,76)
<b>P</b>	<b>0,5</b> (0,43)	<b>0,43</b> (0,38)
<b>Lysine</b>	<b>1,2</b> (1,17)	<b>1,07</b> (1,02)

**En gras** : caractéristiques nutritionnelles selon le guide d'élevage de la Cobb 500 ; Les valeurs entre parenthèse correspondent à la composition des aliments utilisés

## I.4.2. Additifs

### I.4.2. 1 Les argiles

La marne et le kaolin sont les deux types d'argile utilisées dans la présente étude, elles sont disponibles en Algérie, préalablement analysées et expérimentées chez le poulet dans le cadre d'un mémoire de Magistère (Ahmed Gaid, 2017). La composition chimique des argiles ajoutées est représentée dans le tableau 3.

**Tableau 3.** Composition chimique de kaolin et de la marne (%)

Variables	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MO	CEC <sup>(2)</sup>
<b>Kaolin</b>	49,30	33,00	2,50	0,24	0,08	0,40	2,90	0,1	0,48	14
<b>Marne</b>	43,77	18,37	5,56	/	5,02	2,08	1,8	1,13	/	36,5

(MO) : Matière organique ; (2) : en milli équivalent /100 g de sol.

### I.4.2.2. Les condiments

L'ail et le gingembre sont les deux types de condiments utilisés. L'ail frais produit localement (région d'el Oued) a été récolté pendant la saison 2018, ensuite il a été épluché, coupé en petits morceaux, exposé au soleil pour son séchage puis broyé en poudre (karangiya et al., 2016 ; Kidane et al., 2017). Le gingembre broyé a été procuré du commerce. La dose optimale des mélanges testés a été adoptée conformément à certaines références (Amad, 2018 ; Lemos et al, 2015 ; Safaei et al., 2014 ; Rebh et al., 2014 ; Eltazi, 2014 ; Bamidele et Adejumo, 2012) et de manière à ne pas trop affecter l'aliment.

Ainsi, des mélanges à base d'argiles et de condiments ont été préparés et additionnés à raison de 3% dans l'aliment pendant toute la période d'élevage (tableau 4). Il est à noter que dans les différentes études menées par Ouachem et collaborateurs, ce type de mélanges n'a pas été expérimenté chez le poulet de chair. Enfin, il convient de signaler que pour écarter les effets de tiers facteurs, aucun traitement ou protocole vaccinal n'a été pratiqué.

**Tableau 4.** Caractéristiques des régimes alimentaires testés

Lots	Composition des régimes alimentaires testés
T	Aliment témoin sans addition
KA	Aliment témoin + 3% de mélange à base de kaolin et d'ail
KG	Aliment témoin + 3% de mélange à base de kaolin et de gingembre
KAG	Aliment témoin + 3% de mélange à base de kaolin, d'ail et de gingembre
MA	Aliment témoin + 3% de mélange à base de marne et d'ail

MG	Aliment témoin + 3% de mélange à base de marne et de gingembre
MAG	Aliment témoin + 3% de mélange à base de marne, d'ail et de gingembre

## **I.5. Conduite d'élevage**

### **I.5.1. Avant la réception des poussins**

- Les murs, les plafonds, les cages et le sol ont été nettoyés, désinfectés et chaulés auparavant ;
- L'isolement est assuré par un film plastique pour garder la chaleur. Un pédiluve renfermant en permanence un désinfectant a été conçu à l'entrée du bâtiment ;
- Une litière en sciure de bois d'épaisseur moyenne de 10 cm a été étalée sur carton disposé sur la base de la cage, afin de conserver la chaleur et absorber l'humidité des fientes ;
- Le chauffage a été mis en service 24 h avant l'arrivée des poussins pour assurer une température homogène dans l'ensemble du bâtiment ;
- Durant les premiers jours, l'eau de boisson a été additionnée de sucre (un antistress) ;
- Pour inciter les poussins reçus à la consommation, de petites quantités d'aliments ont été étalées de façons répétées sur du carton et dans les mangeoires ;
- La température a été contrôlée par des thermomètres placés dans la zone de vie des poussins.

### **I.5.2 A la réception des poussins**

A leur arrivée, les poussins ont été pesés, bagueés et répartis de façon aléatoire à travers les différents lots.

### **I.5.3 Au cours d'élevage**

- La distribution de l'aliment et la pesée des refus ont été effectuées quotidiennement à une heure fixe (08 heure de matin) ;
- Une pesée hebdomadaire de tous les animaux a été réalisée à l'aide d'une balance électronique ;
- Une vérification régulière de la chaîne d'abreuvement et des mangeoires a été effectuée, et leur disposition a été ajustée par rapport à la hauteur des poussins ;
- Contrôle régulier de l'état de la litière avec remplacement de la zone dégradée si nécessaire ;
- Contrôle de la température avec aération modérée pour évacuer les gaz et renouveler l'air ;
- Retrait de la litière à l'âge de 10 jours pour continuer le reste de la vie sur grillage ;

## I.6. Paramètres mesurés

### I.6.1 Effets des différents mélanges naturels sur les paramètres de croissance

Les performances de croissance ont été prises à l'âge de 14, 37 et 42 jours. Les sujets ont été pesés individuellement à l'aide d'une balance électronique (0,5 g d'erreur). Les poids respectifs des animaux ont été enregistrés sur une fiche de pesée d'animaux.

#### I.6.1.1 Indice de consommation

Pour chaque traitement, la quantité d'aliment consommée par unité de gain (indice de consommation) a été calculée par le rapport entre l'aliment consommé et le gain de poids réalisé durant la période expérimentale considérée selon l'expression :

$$\text{Indice de consommation} = \text{Quantité d'aliment consommé} / \text{Gain de poids}$$

#### I.6.1.2 Gain de poids (GP)

Le gain de poids moyen a été calculé par phase et par cycle selon les expressions suivantes :

$$\text{GP}_{\text{phase}} (\text{g}) = \text{P2} - \text{P1}$$

$$\text{GP}_{\text{cycle}} (\text{g}) = \text{Pa} - \text{Pi}$$

Avec :

**P1** : poids début de phase

**Pa** : poids à l'abattage (g)

**P2** : poids fin de phase

**Pi** : poids initial (g)

### I.6.2 Effets des mélanges naturels sur le rendement de carcasse

Afin d'étudier le rendement en découpe des carcasses, l'abattage des poulets a été opéré à l'âge de 42 jours. Au sein de chaque lot, 08 sujets (2 sujets /répétition) ont été pris d'une façon aléatoire, pesés, sacrifiés selon le rituel islamique, saignés, échaudés, déplumés et éviscérés manuellement.

#### I.6.2.1 Rendement en carcasse (poulet prêt à cuire)

Le rendement en poulet prêt à cuire a été estimé à partir des mesures suivantes :

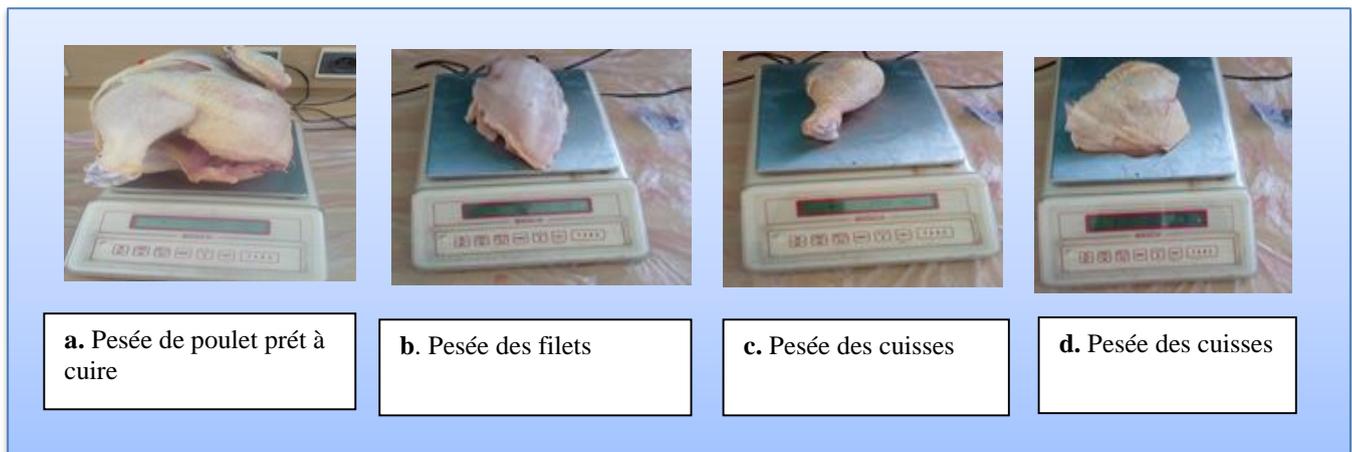
- Poids vif (PV) : poids du poulet vivant pesé juste avant l'abattage ;

- Poids de poulet prêt à cuire (PPC) : poids du poulet (g) après enlever la tête, le cou, les pattes, les plumes, les viscères et les organes internes ;
- Le rendement en PPC (% du poids vif) a été ensuite déterminé par l'expression :

$$\text{Rendement en PPC (\% PV)} = \frac{\text{Poids PPC (en g)}}{\text{Poids d'abattage (en g)}} \times 100$$

### I.6.2.2 Rendement en découpe

La carcasse prête à cuire a été disséquée afin de mesurer le rendement relatif de découpe (% poids d'abattage) du filet, de la cuisse et du pilon) (figures 2a, 2b, 2c et 2d).



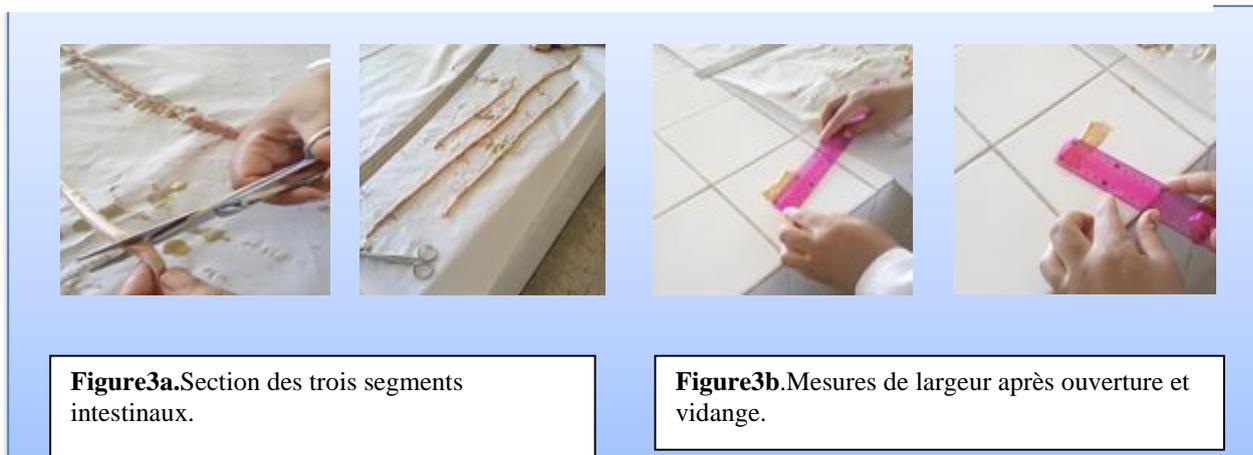
**Figure 2.** Rendement en découpe de poulet de chair

### I.6.3 Densité de l'intestin grêle

A partir des poulets sacrifiés, des échantillons d'intestin grêle (N = 08 sujets par traitement) ont été ramenés à température ambiante. Les trois sections intestinales ont été distinguées à l'aide des critères anatomiques (duodénum : a été considéré des premiers centimètres à la sortie de l'anse duodénale ; le jéjunum : de l'extrémité du duodénum au diverticule de Meckel ; l'iléon : du diverticule de Meckel à la jonction iléo-caecale (figure 3a).

Des fragments de 5 cm de duodénum, de jéjunum et d'iléon ont été coupés, vidés, pesés, ouverts longitudinalement, vidés et pesés, puis étalés sur une surface plane pour mesurer leur largeur en cm (figure 3b). Après détermination de la surface de la portion considérée, la densité exprimée en g/cm<sup>2</sup> a été déterminée par la relation classique :

$$\text{Densité (g/cm}^2\text{)} = \frac{\text{poids de la portion du segment (g)}}{\text{surface de la portion du segment (cm}^2\text{)}}$$



**Figure 3.**Densité de l'intestin grêle

#### I.6.4. Effets des mélanges naturels sur la qualité de la viande et de l'os

##### I.6.4.1. Qualité de la viande

###### I.6.4.1.1 Gras abdominal

Pour faciliter la récupération de la totalité du gras abdominal, les carcasses éviscérées ont été conservées à 4°C pendant 24h.

###### I.6.4.1.2 Capacité de rétention d'eau (perte en eau du filet)

Pour déterminer la perte en eau par exsudation, les filets droits ont été pesés, emballés dans des sachets de congélation et suspendu par un crochet pendant 4 jours à 2°C. À la fin du ressuyage, le muscle a été essuyé avec du papier absorbant et repesé afin d'évaluer la perte en eau par différence de poids (**Ouachem et al., 2011a**).

###### I.6.4.2 Qualité de l'os du tibia

Pour apprécier la qualité de l'os, les tibias droits des poulets abattus ont été débarrassés des tissus mous, puis pesés et leurs longueurs mesurées à l'aide d'un pied à coulisse électronique, ensuite dégraissés à l'éther (24 h), séchés (105°C / 12 h), puis pesés avant d'être incinérés dans un four à moufle (550°C / 14h) et après refroidissement, les cendres ont été pesées (**Jondreville et al., 2007**). Le critère de la densité osseuse ou index du tibia a été retenu comme indicateur d'évaluation de la résistance de l'os. La densité de l'os a été déterminée par la formule décrite par **Seedor et al. (1991)** :

$$\text{Index tibia} = \frac{\text{Poids du tibia(mg)}}{\text{Longueur du tibia(mm)}}$$

### I.6.5. Effets de l'addition des mélanges naturels sur l'état d'emplumement

Le recouvrement des plumes des poulets a été évalué à l'âge de 3 semaines selon la méthode de **Gyles et al. (1962)**, ajustée aux changements de poids corporel et de largeur de poitrine des hybrides modernes de poulets de chair. La note de plumage a été déterminée par une évaluation subjective des taux de plumage sur 03 régions du corps : poitrine, dos et ailes. Chaque oiseau a été caressé avec la paume de la main dans une direction antéro-postérieure et une note de 3 points a été attribuée par 03 observateurs indépendants ignorants la nature du traitement (**Perić et al., 2009**) (figures 4.a.et 4.b.):

1 = Aire relativement importante de peau apparente ;

2 = Aire moyenne de peau apparente ;

3 = recouvrement presque complet des plumes avec faible surface de peau apparente.



(1)



(2)



(3)

Figure 4.a. Echelle d'emplumement (Poitrine)



(1)



(2)



(3)

Figure 4.b. Echelle d'emplumement (Dos et Ailes)

### Figure 4. Echelle d'emplumement

### I.6.6. Effets des mélanges naturels sur certains indicateurs de bien-être

Le bien-être des volailles est associé à plusieurs indicateurs comme le comportement, l'immobilité tonique, l'état de litière (humidité de fientes) :

### I.6.6.1. Activité du poulet

A l'âge de 5 et 6 semaines, les poussins des différents lots ont été filmés en vidéo pendant deux journées en deux temps (7h - 11h ; 13h -17h). Par période, les sujets de chaque groupe ont été filmés dans le calme et par le même manipulateur en séquences d'une minute.

L'objectif étant d'observer à chaque scan dans quel état se trouve les sujets du lot, autrement dit, analyser les différentes activités ou comportements manifestés en une minute par un échantillon de 10 poulets. Les activités contrôlées dans cette étude sont celles décrites par **Ramadan (2013)** et qui se résument en :

- **Acte alimentaire** (action de manger ; action de boire) ;
- **Etat d'inactivité ou de repos** : poulet couché ou debout ;
- **Etat d'activité** : poulet en marche, picore et retourne la litière ;
- **Autres** : poulet se toilette, étire les ailes ou jambes, battement des ailes.

### I.6.6.2 Immobilité tonique (test de peur)

La réaction d'immobilité tonique (IT) a été évaluée sur dix sujets au sein de chaque lot et chaque répétition. L'évaluation a été réalisée dans une salle calme séparée de l'élevage. Chaque poulet était retenu sur le dos dans un berceau en bois en forme de U (figure5) (**Jones et Faure, 1981**) avec la tête pendante, avec une pression ferme mais douce sur le sternum pendant 10 secondes. Dans le cas où l'oiseau est immobile pendant 10 secondes après que l'expérimentateur a retiré ses mains, un chronométrage est activé pour enregistrer les latences jusqu'à ce que l'oiseau se redresse. Si le poulet se redressait en moins de 10 secondes, on considérait que l'immobilité tonique n'avait pas été induite et la procédure de contention est de nouveau répétée. Si l'oiseau n'a pas montré de réponse de redressement pendant une période d'essai de 5 minutes, un score maximum de 300 secondes est attribué pour le temps de redressement (**Mills et Faure, 1991**). Si IT n'était pas induit après trois tentatives, la durée IT est considérée comme nulle ou 0 seconde (**Zulkifli et al., 2000**).



**Figure 5. Position du poulet au dos sur le berceau**

### **I.6.6.3. Humidité de fientes**

L'état d'humidité des fientes a été apprécié par la collecte totale et fréquente. Les fientes fraîches déposées sur un film plastique placé sous les cages ont été récupérées fréquemment, puis pesées et séchées à l'étuve (105 °C) jusqu'à obtention d'un poids constant. Le taux matière sèche a été estimé à partir de la moyenne des résultats de trois jours.

### **I.7. Analyse statistique**

Les données numériques recueillies ont été représentées sous forme de moyenne suivies de leurs écarts-types. Les tests D'Agostino-Pearson et Shapiro ont été appliqués pour vérifier la normalité de la distribution des données.

Les données présentant une distribution normale ont été comparées en utilisant les outils statistiques Anova et Khi-deux, tandis que les données avec une distribution libre ont été comparées par le test non paramétrique de Mann-Whitney. Les différences ont été considérées comme statistiquement significatives à  $P < 0,05$ . Les tests ont été réalisés avec le logiciel SPSS (Version 23).

## II. Résultats et discussions

### II.1. Effets de l'addition de mélanges de substances naturelles sur les performances de croissance

Les résultats des effets de l'addition de 3% de mélanges de préparations naturelles à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur les paramètres de croissance sont consignés dans le tableau 5.1. Tandis que, Les résultats des effets de l'addition de 3% de mélanges de préparations naturelles à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sont consignés dans le tableau 5.2.

**Tableau 5. 1.** Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de kaolin sur les performances de croissance.

Variables	T	KA	KG	KAG	ESM	Valeur de P
<b>IC</b>						
<b>IC J14</b>	1,8 <sup>a</sup>	1,56 <sup>b</sup>	1,6 <sup>b</sup>	1,53 <sup>b</sup>	0,032	<b>P = 0,002</b>
<b>IC J37</b>	1,72 <sup>a</sup>	1,61 <sup>b</sup>	1,67 <sup>ab</sup>	1,66 <sup>ab</sup>	0,012	<b>P = 0,01</b>
<b>IC J42</b>	1,82 <sup>a</sup>	1,72 <sup>b</sup>	1,79 <sup>ab</sup>	1,77 <sup>ab</sup>	0,014	<b>P&lt;0,05</b>
<b>Gain de poids (g)</b>						
<b>PV J14</b>	386 <sup>b</sup>	421 <sup>a</sup>	425 <sup>a</sup>	432 <sup>a</sup>	3,31	<b>P &lt; 0,000</b>
<b>PV J37</b>	2086 <sup>b</sup>	2192 <sup>a</sup>	2175 <sup>a</sup>	2155 <sup>ab</sup>	10,97	<b>P = 0,003</b>
<b>PV J42</b>	2372 <sup>b</sup>	2479 <sup>a</sup>	2430 <sup>ab</sup>	2417 <sup>ab</sup>	12,64	<b>P = 0,02</b>

(a, b) : les moyennes affectées de lettres différentes dans une même ligne sont statistiquement différentes au seuil de signification de 5% ; (IC) : Indice de consommation ; (PV) : Poids Vif ; (J) : Jour

**Tableau 5. 2.** Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de marne sur les performances de croissance.

Variables	T	MA	MG	MAG	ESM	Valeur de P
<b>IC</b>						
<b>IC J14</b>	1,8 <sup>a</sup>	1,62 <sup>ab</sup>	1,7 <sup>ab</sup>	1,58 <sup>b</sup>	0,031	<b>P = 0,04</b>
<b>IC J37</b>	1,72	1,65	1,68	1,68	0,012	<b>NS</b>
<b>IC J42</b>	1,82 <sup>a</sup>	1,75 <sup>ab</sup>	1,7 <sup>b</sup>	1,75 <sup>ab</sup>	0,014	<b>P = 0,03</b>
<b>Gain de poids (g)</b>						
<b>PV J14</b>	386 <sup>b</sup>	419 <sup>a</sup>	389 <sup>b</sup>	421 <sup>a</sup>	3,91	<b>P &lt; 0,0001</b>
<b>PV J37</b>	2086	2138	2092	2095	11,79	<b>NS</b>
<b>PV J42</b>	2372 <sup>b</sup>	2447 <sup>ab</sup>	2481 <sup>a</sup>	2386 <sup>ab</sup>	13,23	<b>P = 0,01</b>

(a, b) : les moyennes affectées de lettres différentes dans une même ligne sont statistiquement différentes au seuil de signification de 5% ; (IC) : Indice de consommation ; (PV) : Poids Vif ; (J) : Jour

En élevage du poulet de chair, les premières semaines de vie ont une importance cruciale sur la performance globale du lot. A l'issue de la période de démarrage (1-14j) de cette expérience, l'addition de mélanges aux aliments a été accompagnée de valeurs d'efficacité alimentaire significativement meilleures (IC), en particulier en faveur des sujets ayant reçu les mélanges à base de kaolin (-11% ; -13,3% ; -15% ;  $P=0,002$ ), respectivement pour les lots KG, KA et KAG. Néanmoins, les valeurs IC enregistrées restent supérieures à celles du standard (1,03) rapportées dans le guide d'élevage de la souche **Cobb 500 (2018)**.

Parallèlement, ces résultats indiquent que l'ajout de mélanges de substances naturelles au régime du poulet de chair améliore aussi significativement le poids vif et que les meilleures performances ont été obtenues chez les poulets ayant reçu les mélanges à base de kaolin (+9% ; +10% ; +11,9% :  $P<0,0001$ ), respectivement pour les lots KA, KG et KAG.

Compte tenu de ces résultats, l'ajout de 3% de mélanges au démarrage paraît une piste intéressante pour favoriser le bon démarrage recherché pour la réalisation d'un poids d'abattage performant. Les résultats publiés par **Simon et al. (2011)** supportent le constat de la présente étude et exhibent aussi que l'addition d'un mélange d'EVOLIT à base de matériaux argileux (silicates d'alumine) et d'extrait naturel de plantes liliacées, introduit à raison de 5 kg par tonne d'aliment, stimule fortement la réussite d'un bon démarrage (+4% à 7 jours,  $P<0,05$ ) et réduit considérablement le taux de mortalité (-15%) du poulet de chair. De même, **Rawghani et al. (2007)** ont mentionné dans leur étude comparative que l'ajout de zéolite seule ou en combinaison avec un probiotique, améliore l'efficacité alimentaire (-12,9% ; -12%), respectivement. Similairement, **Ouachem et al. (2011b)** ont trouvé que l'inclusion de 3% de marne dans un régime alimentaire contenant 5% d'huile acide, augmente considérablement le gain de poids jusqu'à 13,5% et diminue l'indice de consommation de 10,3%.

Parallèlement, les travaux de **Ouhida et al. (2000b)**, **Mekaoussi (2007)** et **Haddad (2009)** ont montré que l'utilisation de minéraux silicatés (kaolin, marne, bentonite, tourbe, zéolite et illite), peut augmenter la croissance des volailles ou la valeur nutritionnelle des aliments durant cette phase. Dans d'autres recherches, **Ouachem et al. (2009)** avaient rapporté que l'addition de 3% d'argile marneuse dans l'alimentation du poulet de chair, améliore significativement le gain de poids (+7,2%) et l'efficacité alimentaire (-6,3%). Ces auteurs ont expliqué cette réponse par les valeurs significatives de digestibilité des protéines et des lipides permises avec cette argile.

D'autre part, **Ademola et al. (2009)** ont observé avec un mélange à base d'ail (1%) et de gingembre (0.25%) un effet significatif sur l'indice de consommation (-20,5%,  $P < 0,01$ ) et le poids vif (+15%,  $P < 0,001$ ).

Par ailleurs, à l'âge de 37 jours (âge d'abattage en élevages performants et compétitifs), les régimes expérimentaux additionnés de mélanges à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison se sont montrés statistiquement performants en conversion alimentaire et en poids vif. Une meilleure performance de croissance a été enregistrée chez les sujets du régime kaolin-ail (IC : - 6,4%,  $P < 0,01$  ; PV : +5%,  $P < 0,003$ ), alors que le poids vif le plus faible (2086g) et l'IC le plus élevé (1,72) ont été observés chez les poulets du lot témoin. Ce constat de l'effet de mélanges à base d'argile est cohérent avec celui évoqué par **Rawia et al. (2020)** qui ont noté que l'emploi de mélange de zéolite et de phytase (levures) dans un cycle d'élevage de poulet de 35 jours, bonifie significativement le poids vif (+3%) et l'indice de consommation (- 4,3%). De même, ce résultat corrobore celui de **Kim et al. (2017)** qui stipulent que l'ajout de 0,5%, 1% et 3% de mélanges de 2/3 farine de sang et 1/3 d'argile (Macsumsuk) améliore significativement les performances de croissance du poulet à 35 jours, avec toutefois une réponse plus prononcée avec le mélange 0,5% sur l'indice de consommation (-19,7% ;  $P = 0,04$ ) et le gain de poids (+9% ;  $P < 0,001$ ). Encore, **Iqbal et al. (2021)** ont enregistré au même âge une amélioration significative des performances de croissance (IC : - 8,2%, GP : +20,3%) avec 4,5g/kg de mélange commercial (MFeed®) à base d'enzymes (phytase 500 FTU/kg, xylanase 2000 U/kg et amylase 200U/kg) avec d'autres ingrédients prébiotiques actifs (argile alumino-silicatée 0,2 %, extraits de levure 35 mg/kg et extrait d'algues 1 %). Ces résultats ont été attribués à l'effet de l'alumino-silicate qui est un constituant important du kaolin et d'autres minéraux argileux, connus par leurs propriétés d'adsorption des aflatoxines alimentaires (**Miazzo et al., 2005**), diminuant ainsi les atteintes chroniques subcliniques d'aflatoxicose (**Gilani et al., 2016**). Par contre, avec un mélange de 0,3% d'herbe et 0,3% de kaolin, hormis une diminution du taux de mortalité (-50%), cet effet sur les performances de croissance n'était pas visible (**Kim et al., 2012**).

Par ailleurs, nombreux sont les travaux de recherches sur l'influence des argiles et des phytobiotiques comme promoteurs de croissance chez les volailles (**Basha et al., 2016 ; Kafi et al., 2017 ; Ibaz et al., 2021 ; Banaszak et al., 2021**). Les résultats de l'effet de l'addition de 0,05%, 0,10%, 0,15% et 0,20% d'un complexe minéral à base de silicate dans le régime de poulet de chair pendant cinq semaines étaient soldés par un meilleur gain de poids (+4,2%,  $P < 0,05$ ) et une diminution de l'indice de consommation (-3,6%) avec le niveau 0,1% (**Lim et al., 2017**). Aussi, **Joo et al. (2007)** ont observé une augmentation significative du gain de

poids avec une nette amélioration (2,7 %) de l'efficacité alimentaire chez des poulets supplémentés avec 0,3 % d'argile naturelle fermentée. Parallèlement, les données publiées par **Basha et al. (2016)** ont indiquées que l'ajout de zéolite dans le régime alimentaire (15 g/kg) ou la combinaison de zéolite sous toutes ses formes (100 g/m<sup>2</sup> de la zéolite suspendue à l'air + 15 g/kg d'aliment + 100 g/kg de litière) améliore le gain de poids (+5,9%, +7,1%, respectivement) et l'efficacité alimentaire (-12,5%, -7,78%, respectivement). En outre, selon **Karamanlis et al. (2008)**, l'introduction de zéolite dans l'aliment et la litière, favorise une augmentation du poids vif à quatre semaines d'âge. Cependant, **Banaszak et al. (2022)** n'ont observé aucune différence significative entre des groupes de poulets astreints à une addition de 0,5 % d'argile dans l'alimentation et 0,5 kg/m<sup>2</sup> dans la litière. **Choi et al. (2010)** ont rapporté que la supplémentation d'une combinaison de poudre d'ail (3%) et d'antioxydants (200 IU  $\alpha$ -tocopherol/kg) de 1 à 35 jours d'âge n'apporte pas de modifications aux performances de croissance. Inversement, **Onu (2010)** a montré que l'ajout de combinaison de 0,25% d'ail et de gingembre améliore significativement l'indice de consommation (-19,20%) et le poids vif (+10,8%). Selon **Lippens et al. (2005)**, l'enrichissement du régime alimentaire du poulet de chair avec 1 g/kg d'un mélange d'extraits phyto-gènes apporte une satisfaction aux performances de croissance. Vraisemblablement, la variation des résultats suscités peut être due à des différences en relation avec la nature du mélange, la composition des phytobiotiques, à la forme de présentation, à la dose, à la durée, mais aussi à l'espèce et la génétique de l'animal et les conditions d'élevage.

A l'âge de 42 jours, les résultats de la présente étude montrent que l'inclusion de mélanges dans le régime du poulet entraîne des améliorations significatives du poids vif et de la conversion alimentaire, avec un effet plus prononcé chez les sujets du mélange kaolin-ail (PV : + 4,5% ; IC : - 5,5%) et les sujets du mélange marne-gingembre (PV : + 4,5% ; IC : - 6,6%). Globalement, ceci est cohérent avec les résultats puisés dans le peu de références disponibles sur l'emploi de mélanges d'argiles et de phytobiotiques. Cette cohérence se superpose avec les réponses constatées par **Tzora et al. (2017)** chez le poulet Ross 308 avec un mélange de substances naturelles à base d'argile (attapulgitite commercialisée sous l'appellation : Utrafeed®), d'origan (Ecodiar) et d'acide benzoïque extrait de faux murier (Vevovital). Selon ces auteurs, l'addition de 4,5 g de mélange par kg d'aliment favorise une amélioration significative du poids vif à l'abattage (+8% ; P= 0,007) et de l'indice de consommation (-11,7% ; P=0,001). Ces auteurs ont interprété cette performance par l'activité des phénols et un accroissement significatif de la concentration des entérobactéries (flore utile) au niveau du jéjunum. Dans un autre essai similaire, **Skoufos et al. (2016)** rapportent

que l'ajout (par tonne d'aliment) d'un mélange composé de 3kg d'argile Utrafeed® et 0,3 kg de poudre d'origan (Ecodiar®), améliore significativement les performances de croissance du poulet (PV : + 8,2% ; IC : - 6%) avec une chute considérable du taux de mortalité (-16,8%). Cette constatation a été attribuée à l'effet tampon de l'attapulгите et à l'activité antimicrobienne des molécules bioactives de l'origan entraînant d'une part, un déclin significatif des coliformes totaux de l'iléon et du cæcum, et d'autre part, une prolifération significative des lactobacilles. Par ailleurs, chez le canard Aigamo, l'utilisation de doses croissantes de mélanges à base d'argiles (zéolite et vermiculite) et d'extraits de fruits tropicaux (ananas et papaye), stimule le poids vif (+3%) et atténue l'indice de consommation dans une fourchette variable de 3 à 4,4% selon la dose (**Khambualai et al., 2009**). De même, chez des poules pondeuses, **Chen et al. (2020b)** ont indiqué qu'un supplément d'un mélange de substances naturelles à base de montmorillonite, d'eugénol et de cinnamaldéhyde, réconforte la production d'œufs (+2,4%), la masse d'œufs (+2,9%) et l'indice de consommation (-2,34%). D'autre part, **Ouachem et Lombarkia (2017)** ont évoqué que l'addition de 3% de mélange de substances naturelles à base d'argile (kaolin) et de phytobiotiques (paprika doux, curcuma et feuilles d'olive) améliore l'indice de consommation (-2,4%) et la masse d'œufs (+3,1%). En outre, chez le porc, l'inclusion de mélange de 3% des mélanges d'herbes et de 3% de la kaolinite (Macsumsuk) augmente le gain de poids, améliore la prise alimentaire et la digestibilité des nutriments (**Kim et al., 2014**). D'après ces auteurs, ces améliorations sont dues aux effets synergiques de la kaolinite et des mélanges d'herbes qui ont amélioré l'appétence de l'alimentation et par conséquent la prise alimentaire et l'immunité des animaux respectivement.

Ces améliorations sont attribuées aux propriétés physico-chimiques et aux pouvoirs des molécules bioactives des substances composant les mélanges. Évidemment, Les argiles influent sur le tractus gastro-intestinal. Elles se caractérisent par d'excellentes propriétés d'adsorption (**Olgun et Aygun, 2016**), elles possèdent des propriétés nutritionnelles, antimicrobiennes et détoxifiantes (**Ouachem et al., 2015a ; Gul et al., 2017 ; Ikusika et al., 2019 ; Ejiofor et al., 2021**), elles favorisent plutôt la prolifération de *Lactobacillus* bénéfiques (**Gall-David et al., 2017**) et favorisent des conditions moins stressantes du tube digestif permettant d'améliorer l'efficacité alimentaire et d'optimiser les performances (**Ouachem et al., 2015a et b ; Gul et al. 2017 ; Ouachem et al., 2017**). En outre, il a été rapporté que les nutriments disponibles dans le gingembre et l'ail jouent un rôle essentiel dans le bilan énergétique, la promotion de la croissance, l'immunité, la désintoxication, la réparation des tissus endommagés et l'antioxydation (**Lamichhane et al., 2018**). Par ailleurs,

l'ail renferme des prébiotiques (Fructo oligo saccharides : FOS) bénéfiques à la muqueuse intestinale (Gibson, 1998). Additivement, il a été rapporté par Bawish et al. (2018) un potentiel anti microbien important attribué à l'allicine dans le contrôle de la croissance et la colonisation de divers micro-organismes pathogènes dans l'intestin. Un autre fait rapporté est que le gingembre améliore l'absorption des nutriments en stimulant les bactéries lactiques et en diminuant les bactéries pathogènes (Tekeli et al., 2011). Notamment, le principal composant actif du gingembre (gingérol) inhibe la multiplication et la croissance de nombreuses espèces bactériennes (Yamada et al., 1992 ; James et al., 1999 ; Sharma et al., 2016), améliore les fonctions hépatiques (Thakur et al., 2020) et stimule la sécrétion d'enzymes pancréatique et gastrique (Patel et Srinivasan, 2000).

Compte tenu des différents mécanismes d'action cités ci-dessus, l'utilisation de combinaisons d'argile avec l'ail et/ou le gingembre s'avère très intéressante pour stimuler la fonction digestive, préserver l'intégrité de tractus gastro intestinal et aller toujours en pair avec l'amélioration du bien-être animal et de ses performances.

## II.2. Effets de mélanges de substances naturelles sur le rendement de carcasse et en découpe

Les résultats des effets des mélanges testés sur le rendement de poulet prêt à cuire et en découpe sont consignés dans les tableaux 6.1. et 6.2.

### II.2.1 Rendements en poulet prêt à cuire

Les résultats de tableaux (6.1 et 6.2) présentent les rendements de carcasse et en poulet à cuire. Comme pour les performances de croissance, par rapport au témoin, l'addition de mélanges à base de kaolin aux aliments des poulets de chair a motivé un rendement en poulet prêt à cuire significativement meilleur en faveur du lot KA (+3,2% ; P=0,02). L'amélioration constatée dans la présente expérience peut être imputée à la présence d'argile dans le mélange comme cela a été mentionné par Rawia et al. (2020) chez le poulet de 35 jours (+2,05% et +5,95%) avec 1% et 2% de zéolite respectivement.

Par contre, Ozturk et al. (1998), Moghaddam et al. (2005) et Khajali et al. (2006) n'ont pas observé l'effet de l'argile sur le rendement des carcasses de poulets de chair.

Toutefois, l'ajout d'une préparation à base de plantes dans l'aliment a donné satisfaction au rendement de carcasse du poulet de chair (Singh et al., 2016) et l'addition d'un composé à base d'herbes dans l'aliment ou dans l'eau de boisson favorise un meilleur rendement de carcasse du poulet à 42 jours (Sethar et al., 2016 ; Orłowski et al., 2018).

Parallèlement, l'effet de la poudre d'ail seule sur le rendement de carcasse a été documenté dans de nombreuses études (**Horton et al., 1991 ; Amagase et al., 2001 ; Demir et al., 2003 ; Raesi et al., 2010**) et celui du gingembre a aussi été suffisamment étudié, notamment, dans les travaux de **Zomrawi (2013)** et **Eltazi (2014)** avec 1% et 1,5% de gingembre et dans les études de **Zhang et al. (2009)**, **Javed et al. (2009)** et **Salmanzadeh (2015)** qui rapportent une amélioration significative du rendement de carcasse chez des volailles soumises à des protocoles utilisant une poudre ou un extrait aqueux de gingembre.

**Tableau 6. 1.** Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur le rendement de carcasse et en découpe.

Variables	T	KA	KG	KAG	ESM	Valeur de P
Poulet prêt à cuire (PPC) (%)	70 <sup>a</sup>	72,25 <sup>a</sup>	71,12 <sup>b</sup>	71,25 <sup>ab</sup>	0,27	<b>0,02</b>
Filet (%)	20,5	22,26	22,45	21,76	0,17	<b>NS</b>
Cuisse (%)	11,97	12,75	12,03	12,16	0,08	<b>NS</b>
Pilon (%)	10,59	11,03	10,69	10,72	0,06	<b>NS</b>

(a, b) : les moyennes affectées de lettres différentes dans une même ligne sont statistiquement différentes au seuil de signification de 5% ; NS : non significatif

**Tableau 6. 2.** Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur le rendement de carcasse et en découpe.

Variables	T	MA	MG	MAG	ESM	Valeur de P
Poulet prêt à cuire (PPC) (%)	70	71,25	70,62	71,75	0,38	<b>NS</b>
Filet (%)	20,5	20,28	20,68	20,98	0,16	<b>NS</b>
Cuisse (%)	11,97	12,54	12,09	11,84	0,08	<b>NS</b>
Pilon (%)	10,59	10,38	10,31	10,85	0,08	<b>NS</b>

NS : les moyennes d'une même ligne sont statistiquement identiques au seuil de signification de 5%.

### II.2.2 Rendement en découpe

Quoique non significatifs, les mélanges à base de kaolin favorisent une amélioration au rendement en filet et en cuisse de l'ordre de (+9,5%) et (+6,5%), respectivement. Similairement, **Saçakli et al. (2015)** ont rapporté que l'addition d'un mélange de 2% de zéolite naturelle et 0,01% de levures chez le poulet apporte des améliorations notables aux rendements en filet (+10%) et en cuisse (+4%).

Parallèlement, **Banaszak et al. (2021)** ont rapporté que l'utilisation de zéolite et de l'hallowysite dans l'alimentation (1/4, 3/4) et la litière favorise une augmentation significative du rendement en filet chez les groupes supplémenté de 0,8 kg/m<sup>2</sup> d'hallowysite et la

combinaison de deux aluminosilicates à raison de 0,4 kg/m<sup>2</sup> halloysite et 0,4 kg/m<sup>2</sup> zéolite dans la litière par rapport au groupe témoin (+11% et +11,5%, respectivement). Ces auteurs ont indiqué que l'ajout de mélanges d'halloysite et de zéolite (25:75) au taux 0,52% dans l'alimentation du poulet de chair pourrait améliorer l'assimilabilité de l'aliment, comme le montre l'augmentation du poids corporel et des gains de poids, ainsi que le poids total des muscles. Cette hypothèse repose sur le fait que l'argile transite lentement dans l'intestin et est donc responsable de l'amélioration de l'efficacité alimentaire (**Lon-Wo et al., 1987**).

### II 3. Effets de mélanges de substances naturelles sur la densité de l'intestin grêle

Les résultats de la densité des trois compartiments de l'intestin grêle des mélanges à base de kaolin et de marne sont regroupés dans les tableaux 7.1 et 7.2.

**Tableau 7. 1.** Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur la densité de l'intestin grêle (g/cm<sup>2</sup>).

Variables	T	KA	KG	KAG	ESM	Valeur de P
Duodénum	0,16 <sup>b</sup>	0,2 <sup>ab</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,2 <sup>ab</sup>	0,007	<b>0,04</b>
Jéjunum	0,15	0,17	0,16	0,16	0,007	<b>NS</b>
Iléon	0,14	0,17	0,18	0,18	0,006	<b>NS</b>

(a, b) : les moyennes affectées de lettres différentes dans une même ligne sont statistiquement différentes au seuil de signification de 5% ; NS : non significatif

**Tableau 7. 2.** Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur la densité de l'intestin grêle (g/cm<sup>2</sup>).

Variables	T	MA	MG	MAG	ESM	Valeur de P
Duodénum	0,16 <sup>b</sup>	0,21 <sup>ab</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,008	<b>P&lt;0,0001</b>
Jéjunum	0,15	0,17	0,2	0,19	0,01	<b>NS</b>
Iléon	0,14	0,19	0,2	0,2	0,008	<b>NS</b>

(a, b) : les moyennes affectées de lettres différentes dans une même ligne sont statistiquement différentes au seuil de signification de 5% ; NS : non significatif

Les résultats de tableaux (7.1 et 7.2) indiquent que la supplémentation en argiles naturelles associées à des condiments dans les régimes alimentaires, augmente significativement la densité du duodénum du poulet de 42 jours des lots KG, MG et MAG (+37,5%, +56,25% et +50%, respectivement), avec toutefois une amélioration non significative des autres sections de l'intestins grêle pouvant atteindre 26,7% (jéjunum) et 42,9% (l'iléon). Ces résultats sont en accord avec l'étude **d'Iqbal et al. (2021)** qui ont signalé que les différentes sections de l'intestin grêle ont été améliorées significativement en largeur, en surface, ainsi que la hauteur et largeur des villosités des groupes supplémentés avec 4,5g/kg de mélange commercial (MFeed® : 0,2% d'aluminosilicates). Ces auteurs ont

expliqué que ces améliorations par l'action positive de ce mélange au niveau de la multiplication des cellules épithéliales (mitose). Similairement, **Wu et al. (2016)** ont observé chez des sujets supplémentés de 1% de clinoptilolite chargée en butyrate, une augmentation significative du poids relatif du duodénum, de la longueur relative du jéjunum à l'âge de 21 jours et du poids relatif du duodénum à l'âge de 42 jours. Ces améliorations ont été attribuées aux effets de la clinoptilolite chargée en butyrate sur le développement de l'intestin, associé à un passage plus lent des nutriments dans le tube digestif. Aussi, **Wu et al., (2013b)** ont rapporté un effet positif sur la morphologie intestinale suite une supplémentation en argile dans l'alimentation des poulets de chair.

La muqueuse gastro-intestinale est le premier tissu qui entre en contact avec les composants alimentaires. La hauteur et la profondeur de la crypte villositaire constituent la mesure la plus critique de la capacité de digestion de l'intestin grêle. Toute modification de ce rapport altère la digestion et l'absorption (**Pluske et al., 1997**). Par ailleurs, des recherches analogues sur le plan histologique ont montré une augmentation significative de la hauteur des villosités iléales sous l'effet de l'addition d'un mélange composé de 0,3% d'Ultrafeed® (une argile synthétique : attapulгите) et 0,03% de poudre d'origan (Ecodiar® : composée de carvacrol, p-cymène, γ-terpène et de thymol) (**Skoufos et al., 2016**). Aussi, l'ajout de l'origan en combinaison avec l'argile attapulгите et les acides organiques a amélioré la morphométrie et la fonctionnalité intestinales, ce qui a entraîné une plus grande hauteur des villosités, plus de cellules gobelets et une fonctionnalité nucléaire plus intense des cellules intestinales (**Tzora et al., 2017**). De même, **Chen et al. (2020b)** ont enregistré une augmentation significative du rapport hauteur des villosités à la profondeur de la crypte (HV/PC) du jéjunum et de l'iléon (+34% ; +41,2%), respectivement lors de la supplémentation d'un mélange de substances naturelles à base de montmorillonite, d'eugénol et de cinnamaldéhyde dans l'alimentation de poules pondeuses, ce rapport renseigne sur la capacité d'absorption de l'intestin grêle (**Allameh et Toghyani, 2019**), en fait, il a été rapporté par **Khosravinia et al. (2015)** que l'augmentation de la digestion et de l'absorption était corrélée à l'augmentation du ratio (HV/PC).

En outre, selon **Chen et al., (2020a)**, l'addition de mélange de montmorillonite-*Bacillus subtilis* (Bactérie) dans l'alimentation des poules pondeuses pendant dix semaines, suggère des effets synergiques sur l'amélioration des fonctions de barrière intestinale et améliore significativement la capacité antioxydante du duodénum à l'âge de 29 semaines. Chez le canard Aigamo, les observations d'une étude histologique approfondie sur l'effet d'un mélange d'argiles (zéolite et vermiculite) et d'extraits de fruits tropicaux (ananas et papaye),

**Khambualai et al. (2009)** ont révélé une augmentation significative de la surface des villosités et que le mélange était très actif dans le processus de division cellulaire (mitose) des villosités du duodénum et du jéjunum. Par ailleurs, la supplémentation avec 10 g/kg de palygorskite pure (argile), améliore l'immunité, la capacité antioxydante, ainsi que l'intégrité intestinale des poulets de chair (**Chen et al., 2016b**). En outre, **chen et al., (2020b)** ont signalé que le montmorillonite alimentaire chez les poules pondeuses contribuait à une amélioration de la concentration en sIgA de la muqueuse duodénale et sIgA est important pour la défense de la muqueuse intestinale, qui constitue la première ligne de protection contre les endotoxines et les bactéries pathogènes. Elle contribue également au maintien de l'homéostasie de la muqueuse intestinale. (**Mantis et al., 2011**). Il a été démontré que les argiles protègent les cellules épithéliales intestinales, augmentent le nombre de lymphocytes intra-épithéliaux intestinaux et de cellules caliciformes, et préviennent les dommages à la structure de la muqueuse intestinale et cela pourrait entraîner une augmentation de la synthèse des immunoglobulines dans la muqueuse intestinale (**Ivkovic et al., 2004, Wu et al., 2013a**).

Enfin, il y a lieu de signaler que l'ail et le gingembre utilisés dans la présente étude sont deux condiments connus par leurs richesses en polyphénols et flavonoïdes à effets antioxydant. En effet, nombreuses études ont indiqué que les polyphénols et les bioflavonoïdes des phytobiotiques possèdent des effets antioxydants importants et qu'au niveau cellulaire, ces effets peuvent conduire à une amélioration de la production, de l'immunité, de la santé, de la fonction intestinale et de la qualité de la viande des volailles (**Kamboh et Zhu, 2013**).

#### **II 4. Effets de l'addition de mélanges de substances naturelles sur la qualité de la viande et de l'os**

Les résultats des deux indicateurs de qualité de viande mesurés en fin du cycle d'élevage (gras abdominal et pouvoir de rétention en eau) sont consignés dans les tableaux (8.1 et 8.2) et de la qualité de l'os (tibia) dans les tableaux (9.1 et 9.2).

**Tableau 8. 1.** Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur les indicateurs de qualité de viande.

Variables	T	KA	KG	KAG	ESM	Valeur de P
Gras abdominal (% PV)	1,05	0,88	0,86	0,95	0,029	NS
Perte en eau*	5,69 <sup>a</sup>	2,9 <sup>b</sup>	3,56 <sup>b</sup>	2,85 <sup>b</sup>	0,28	<b>P &lt; 0,001</b>

(a, b) : les moyennes affectées de lettres différentes dans une même ligne sont statistiquement différentes au seuil de signification de 5% ; (\*) : en % du poids de filet ; NS : non significatif

**Tableau 8. 2.** Effets de l'addition de 3% de mélanges naturels à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison sur les indicateurs de qualité de viande.

Variables	T	MA	MG	MAG	ESM	Valeur de P
Gras abdominal (% PV)	1,05 <sup>a</sup>	0,94 <sup>ab</sup>	0,66 <sup>c</sup>	0,67 <sup>bc</sup>	0,045	<b>P = 0,001</b>
Perte en eau*	5,69 <sup>a</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,94 <sup>b</sup>	3,34 <sup>b</sup>	0,27	<b>P &lt; 0,0001</b>

(a, b) : les moyennes affectées de lettres différentes dans une même ligne sont statistiquement différentes au seuil de signification de 5% ; (\*) : en % du poids de filet.

## II 4.1. Qualité de la viande

### II 4.1.1. Gras abdominal

Les résultats des tableaux 8.1 et 8.2 exhibent que l'addition de mélanges dans l'alimentation du poulet de chair diminue significativement le dépôt de gras abdominal des sujets des lots MG (-37%) et MAG (-36,1%). La baisse du gras observée dans la présente expérience a aussi été constatée chez le poulet (-10%) en présence d'un mélange de sépiolite et de phytobiotiques à base d'extrait naturel de betterave (**Uzunoğlu et Yalçın, 2019**). Par ailleurs, dans un autre contexte expérimentant un aliment complété avec un mélange de farine de sang et d'argile, **Kim et al. (2017)** ont rapporté cet effet sur le taux de gras, mais pas sur le pH et la composition chimique de la viande. En outre, selon les mêmes auteurs, la teneur en cholestérol de la viande du filet et de la cuisse a baissé significativement de près de 22 % (P<0,001). Lors d'une addition de 0,3% de mélanges d'herbes et de 0,3% de kaolinite (Macsumsuk), il a été rapporté par **Kim et al. (2012)** une réduction significative de la teneur en cholestérol de la viande du filet du poulet (- 9,1%).

Selon d'autres études, l'ajout d'argile seule modifie favorablement les caractéristiques musculaires et adipeuses des porcs et des poulets (**Hagedom et al., 1990 ; Kovar et al., 1990**). L'effet de la marne a été marqué par une diminution significative du taux de graisse abdominale (-5,08%) et cela signifie qu'en présence d'argile, les nutriments énergétiques et protéiques sont utilisés avec une efficacité supérieure dans la production de muscles. Cet effet a été rapporté par **Prvulovic et al. (2008)** avec la zéolite (- 45 %). L'utilisation de minerais argileux supporte bien la croissance des poulets et la qualité de la viande (**Dhama et al., 2014**).

### II 4.1.2. Pouvoir de rétention d'eau (perte en eau)

Généralement, la capacité de rétention d'eau pour la viande de filet est considérée comme une caractéristique importante quant à sa qualité. Les problèmes dits d'égouttage, dans lesquels du liquide s'écoule du tissu, cause une altération dans l'apparence de la viande

emballée et une réduction de la jutosité du produit cuit ; ainsi qu'une perte de poids qui peut atteindre 3% dans les climats plus chauds. (Northcutt et al., 1994).

A l'issus des résultats des tableaux (8.1 et 8.2), le pouvoir de rétention paraît significativement meilleur dans les filets de tous les lots expérimentaux. Cet effet est en adéquation avec la performance relevée par Kim et al. (2017) qui ont évoqué que l'addition de 0,5%, 1% et 3% de mélanges de farine de sang (70%) et d'argile (30%) améliore significativement le pouvoir de rétention d'eau ( $P < 0.001$ ). De même, Yoon (2004) a indiqué que lorsque du silicate (0,2 %) était ajouté aux poulets de chair, la viande présente un meilleur pouvoir de rétention d'eau. De plus, Banaszak et al. (2021) ont révélé un effet positif sur le pouvoir de rétention d'eau des muscles de pilons suite à l'emploi d'un mélange de zéolite et d'halloysite dans la litière (400 g/kg de litière) et dans l'alimentation (0,5-2%). Toutefois, l'addition simultanée de 0,5 % d'argile dans l'aliment et 0,5 kg/m<sup>2</sup> dans la litière n'a apporté de modifications importantes aux caractéristiques de la carcasse, ni à la couleur de la viande, ni à la capacité de rétention d'eau (Banaszak et al., 2022). Ces interactions s'expliquent par l'effet antioxydant des additifs utilisés étant donné que la qualité de la viande et la composition des muscles peut être affecté par l'oxydation des protéines alimentaires (Zhang et al., 2013) ou celles des autres nutriments (Olfati et al., 2020). Cet effet peut être assigné aux silicates d'alumine rentrant dans la composition des argiles. En effet, il a été observé que l'ajout de minéraux silicatés au régime alimentaire améliore l'odeur, la jutosité et la tendreté de la viande tout en favorisant une durée de conservation plus longue et en limitant le rancissement (Kong et al., 2004).

#### II 4.2. Qualité de l'os

**Tableau 9. 1.** Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de kaolin sur la qualité de l'os

Variables	T	KA	KG	KAG	ESM	Valeur de P
MM (% OS)	47,83	49,61	49,48	49,07	0,28	NS
IS	72,7	75,9	73,46	72,09	1,43	NS

(MM) : matières minérales ou cendres ; (IS) : Indice de Seedor ; (NS) : non significatif

**Tableau 9. 2.** Effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base de marne sur la qualité de l'os.

Variables	T	MA	MG	MAG	ESM	Valeur de P
MM (% OS)	47,83	48,57	48,35	48,76	0,38	NS
IS	72,7	73,2	72,65	73,83	1,18	NS

(MM) : matières minérales ou cendres ; (IS) : Indice de Seedor ; (NS) : non significatif

Quoique les moyennes soient non significatives, les tableaux (9.1 et 9.2) montrent que les lots supplémentés avec des mélanges de substances naturelles à base d'argile (kaolin/marne) associées à l'ail, au gingembre et/ou leur combinaison présente un écart acceptable par rapport au lot témoin, en particulier chez les poulets des lots KA (MM : +3,7 % ; IS : +4,4 %) et MAG (MM : +1,9 % ; IS : +1,5 %).

Généralement, chez les poulets conventionnels, le rythme de croissance est tellement rapide que la disponibilité de minéraux dans l'aliment doit également être conséquente. Les macro-minéraux (calcium et phosphore) et les oligo-éléments (fer, cuivre, zinc, manganèse et sélénium) sont les principales sources naturelles minérales. Les études analogues chez le poulet sur la qualité de l'os avec des mélanges d'argile en association avec des épices sont pratiquement inexistantes. Parallèlement, l'emploi d'argiles seules a été accompagné par d'importants changements positifs sur la qualité de l'os, de la coquille ou encore la teneur de la viande en matière minérale. Dans la présente étude, l'ajout de mélanges de substances naturelles à base d'argile dans l'alimentation des volailles apporte un complément de matière minérale tels que le fer, le magnésium ou le silicium (**Al-Ani et al., 2006**), le silicium notamment a été classé comme un oligo-élément essentiel pour la croissance du cartilage, le développement normal des os et l'amélioration de leur structure (**Pietak et al., 2007**, **Incharoen et al., 2016**). Aussi, la minéralisation des os les rend plus durs, ce qui permet au squelette de résister à la sévérité des charges excessives dues à la vitesse de croissance rapide (**Shim et al., 2012**). Des effets importants de l'argile sur les paramètres de l'os ont également été décrits, notamment dans les études de **Zhang et hung (1992)** et **Ouachem et al. (2017)**. Par ailleurs, il a été constaté lors d'inclusion de kaolin, de bentonite ou de zéolite chez le poulet de chair que l'os du tibia était plus dense et plus riche en matière minérale à 42 jours et qu'avec 3% de kaolin, l'os présente une meilleure résistance à la rupture (**Safaei et al., 2012**). Selon **Ouachem et al. (2015b)**, l'addition de 3% de marne ou de kaolin augmente le poids relatif du tibia du poulet (+10,4% et +8% ; respectivement). Deux années plus tard, **Ouachem et al., (2017)** ont publiés d'importantes améliorations du poids relatif du tibia (+7,3% ; P=0,01), de l'index du tibia (+13,4% ; P=0,001) et l'index de robustesse (-2,4%). Similairement, l'incorporation de zéolite dans l'aliment de poudeuses a été associée avec un enrichissement de l'os en calcium, en phosphore et en magnésium (**Herzig et al., 2008**). Le taux de calcium de la coquille a été rehaussé lui aussi avec 1,5% de sépiolite (**Mizrak et al., 2014**). Par ailleurs, dans un essai de simulation d'ingestion de terre, **Travel et al. (2014)** ont notifié un poids de coquille meilleur en associant du kaolin, du sable et un compost de verres de terre à l'aliment.

En plus, chez la caille, l'ajout de niveaux croissants de kaolin (1,5 ; 3,0 et 4,5%) au régime alimentaire optimise l'utilisation du calcium par diminution de son excrétion (**Souza et al., 2019**). Cette amélioration est en agrément avec la réponse décrite par **Fatouh et al. (2012)** chez la cane Campbell sur le poids relatif et l'épaisseur de la coquille avec bentonite sodique. Cet effet sur la solidité de la coquille, a aussi été observé avec 2% de clinoptilolite (**Rizzi et al., 2003**). De même, chez des poules âgées, l'addition de zéolite apporte un améliortion à la qualité de la coquille (**Roland et al., 1985 ; Rabon et al., 1995**).

Ces aboutissements peuvent être assignés à l'importante capacité d'échange de cations et la matrice minérale qui caractérise les argiles. Il est intéressant de mentionner qu'un excès de phosphore induit généralement une dégradation de la qualité de la coquille (**Elliot et Edward, 1991**), que l'argile interagit avec l'absorption du phosphore (**Zimmermann, 2014 ; Schneider et al., 2017**) et que particulièrement, l'alumine, composant majeure des argiles, forme un complexe avec le phosphore en excès (**Roland et Harmes, 1976 ; Roland, 1990 ; Elliot et Edward, 1991**) et favorise une meilleure qualité de coquille (**Roland et Harmes, 1976 ; Ousterhout, 1980**). Aussi l'effet significatif de la marne sur les propriétés physiques de l'os du tibia a également été observé avec la zéolite par **Roland et al. (1993)** et **Utlu et al. (2007)**. Selon ces auteurs, ces effets peuvent être liés aux concentrations en Al, Si, Zn, Na ou K de la zéolite, car ces minéraux sont connus pour influencer le métabolisme minéral et l'équilibre électrolytique, conduisant au développement et la maturité osseuse. Par ailleurs, plusieurs études citées par **Eleroğlu et al. (2011)** ont affirmé que l'addition de zéolite favorise l'utilisation de calcium et le dépôt de matière minérale dans l'os pendant la croissance. Selon **Al-Ani et al. (2006)**, l'apport d'aluminosilicates enrichis l'aliment en fer, en magnésium et en silicium. En outre, cet effet peut être attribué aux particularités des argiles qui sont considérées comme un véritable tamis moléculaire régulateur des échanges de cations (**Ouachem et al., 2015a**).

Cette réponse est intéressante du fait que chez les poulets de chair à croissance rapide, les troubles squelettiques sont fréquents de sorte que le développement osseux ne parvient pas à suivre le rythme de croissance et la masse musculaire excessive et prédispose l'os à la déformation et la fragilité. En fait, le squelette fournit non seulement un soutien structurel à l'oiseau, mais il est également une source minérale importante pour les besoins métaboliques (**Mutus et al., 2006**). Encore, la fragilité osseuse peut conduire aux défauts de carcasse et nuire aux attentes des consommateurs. En effet, **Rath et al. (2000)** ont signalé que la fragilité osseuse est aussi corrélée à l'incidence des fragments osseux dans les viandes désossées et à la présence d'hématomes dans la viande adjacente à l'os.

### II.5. Effet de l'addition de mélanges de substances naturelles sur l'état d'emplumement

Les résultats des effets des mélanges testés sur l'état d'emplumement sont enregistré dans les tableaux 10.1 et 10.2.

**Tableau 10. 1.** Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin sur l'état de l'emplumement à l'âge de 3 semaines.

Variables	Ailes			Dos		Poitrine	
	N1	N2	N3	N1	N2	N1	N2
<b>T</b>	14,6	79,2	6,3	72,9	27,1	99	1
<b>KA</b>	19,8	74	6,3	54,2	45,8	99	1
<b>KG</b>	8,3	83,3	8,3	55,2	44,8	97,9	2.1
<b>KAG</b>	13,5	76	10,4	65,6	34,4	96,9	3.1
<b>Khi deux</b>	6,59 ( <b>12,59: ddl 6, <math>\alpha</math> 5%</b> )			9,76 ( <b>7,82: ddl 3, <math>\alpha</math> 5%</b> )		1,601 ( <b>7,82: ddl 3, <math>\alpha</math> 5%</b> )	
<b>Valeur de P</b>	NS			P = 0,02		NS	

NS : non significatif ; en gras entre parenthèses la valeur du Khi-deux théorique

**Tableau 10. 2.** Effets de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'état de l'emplumement à l'âge de 3 semaines

Variables	Ailes			Dos		Poitrine	
	N1	N2	N3	N1	N2	N1	N2
<b>T</b>	14,6	79,2	6,3	72,9	27,1	99	1
<b>MA</b>	13,75	75	11,5	70,8	29,2	97,9	2,1
<b>MG</b>	17,7	61,5	20,8	52,1	47,9	87,5	12,5
<b>MAG</b>	18,8	65,9	15,3	56,5	43,5	92,9	7,1
<b>Khi deux</b>	11,85 ( <b>12,59 : ddl 6, <math>\alpha</math> 5%</b> )			13,06 ( <b>7,82: ddl 3, <math>\alpha</math> 5%</b> )		14,93 ( <b>7,82: ddl 3, <math>\alpha</math> 5%</b> )	
<b>Valeur de P</b>	NS			P = 0,004		P = 0,002	

NS : non significatif ; en gras entre parenthèses la valeur du Khi-deux théorique

Les résultats généraux de tableaux 10.1 et 10.2 indiquent qu'à l'âge de 3 semaines, l'état d'emplumement des ailes des poussins n'a pas été impacté par l'ajout de différents mélanges au régime alimentaire. Parallèlement, on a enregistré une amélioration significative au niveau du dos avec les mélanges à base de kaolin associé à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison et au niveau du dos et de la poitrine avec les mélanges à base de marne associée à l'ail, au gingembre et/ou à leur combinaison.

Les poulets de chair ont besoin d'un plumage correct pour aider à réguler la température corporelle et protéger la peau et les muscles contre les dommages (par exemple, les ampoules causées par le contact direct avec la litière). Plusieurs facteurs peuvent influencer la vitesse d'emplumement des poulets de chair, en particulier les niveaux

nutritionnels des aliments et les températures environnementales. Dans ce contexte, Des différences significatives ( $P < 0,05$ ) ont été observées dans l'état de l'emplumement à 21 jours d'âge, avec une moyenne de 10,6 % de plumage en plus lors de la supplémentation de 0,1, 0,2 et 0,3 ppm de Se organique dans le régime du poulet de chair (Perić et al., 2009). Par ailleurs, les améliorations observées dans l'emplumement des poulets de chair dans notre essai concordent avec les résultats publiés par Edens et al. (2001), qui ont signalé que les formes organiques de Se augmentaient les taux d'emplumement chez les poulets de chair, sans aucune perte de performance de croissance. Un plumage correct est important pour maintenir un revêtement protecteur pour la peau des oiseaux et pour réguler la température corporelle. En plus, Edens (2000) a aussi constaté que les poulets élevés dans un environnement froid et en équilibre nutritionnel, présentaient un meilleur état d'emplumement. Cet auteur explique que le poulet s'adapte pour maintenir une homéostasie thermique en utilisant les nutriments pour le développement de ses plumes. Compte tenu de cette idée, il n'est pas exclu de retenir l'hypothèse d'une éventuelle efficacité alimentaire en présence de malanges, notamment celle des protéines (Ouachem et al., 2015b), prédisposant le poulet à une prompte synthèse des plumes de couverture.

## II.6. Effet de l'addition de mélanges de substances naturelles sur certains indicateurs de bien-être

### II.6.1. Conséquences sur l'activité du poulet

Les résultats des effets des mélanges testés sur l'activité du poulet sont consignés dans les tableaux 11.1 et 11.2.

**Tableau 11. 1.** Effet de l'addition de 3% de mélange à base de kaolin sur l'activité du poulet de chair à 5 et 6 semaines

Variabes	Acte alimentaire	Repos	Actif	Autres
<b>T</b>	12,38 ± 27	82,2 ± 30	0,69 ± 2.7	4,89 ± 13
<b>KA</b>	15,87 ± 30	75,13 ± 26	1,88 ± 6,17	7,12 ± 17,4
valeur de P	NS	<b>P &lt; 0,01</b>	<b>P &lt; 0,0001</b>	NS
<b>KG</b>	11,57 ± 25	77,5 ± 32	1,37 ± 4.6	8,15 ± 18,1
valeur de P	NS	NS	<b>P = 0,02</b>	<b>P &lt; 0,004</b>
<b>KGA</b>	13,67 ± 29	77,95 ± 34	1,05 ± 3,5	7,35 ± 18,69
valeur de P	NS	NS	NS	NS

**Tableau 11. 2.** Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'activité du poulet de chair à 5 et 6 semaines.

Variables	Acte alimentaire	Repos	Actif	Autre
<b>T</b>	12,38 ± 27	82,2± 30	0,69 ± 2,7	4,89± 13
<b>MA</b>	16,37± 30	74,59± 35	1,41± 4,47	7,62 ± 17
<b>valeur de P</b>	<b>0,01</b>	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P&lt; 0.002</b>	<b>P = 0,01</b>
<b>MG</b>	11,89± 26	80± 30	1,33± 3,77	6,76 ± 14
<b>valeur de P</b>	<b>NS</b>	<b>P &lt; 0,04</b>	<b>P &lt; 0,004</b>	<b>P = 0,02</b>
<b>MGA</b>	12,53± 28	79,8± 34	0,9± 3,5	6,76 ± 18,69
<b>valeur de P</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>P = 0,01</b>

Les résultats du tableau 11.1 et 11.2 indiquent majoritairement que l'acte alimentaire n'a pas été affecté significativement par l'addition de différents mélanges de substances naturelles au régime du poulet de chair. Cependant, par rapport au lot témoin, les sujets du mélange marne-ail passent significativement plus de temps à la mangeoire (+32%). De même, ce comportement a été observé de façon discrète chez les sujets kaolin-ail (+28%). En revanche, la proportion de poulets en état de repos ou d'inactivité (poulet couché ou debout : état indésirable en élevage de poulet standard) était statistiquement moins accentuée chez les sujets KA, MA, MG et MGA. Cependant, les poulets des groupes KA, KG, MA et MG étaient statistiquement plus actifs (poulet en marche, picore et retourne la litière) que le témoin. Enfin, les sujets occupés dans d'autres activités (toilette, étirement des ailes ou jambes, battement des ailes) étaient ceux ayant reçu les mélanges KG, MA, MG et MAG.

La forte densité d'élevage, la croissance rapide, le manque d'activité et de mouvements en élevages conventionnels sont autant de facteurs responsables de dégradation des litières, de l'emergence de pododermatites, de troubles locomoteurs, de chutes de performances et de défauts de carcasses (**De Jong et al., 2012**). Au sein de notre étude, l'ajout de différents mélanges d'argile naturelle (marne/kaolin) associés à de l'ail, du gingembre et/ou leur combinaison a généralement eu une influence positive sur les différentes activités des poulets. En effet, nos résultats ont été soutenus par **Basha et al. (2016)** qui ont montré que l'incorporation de zéolithe dans l'air, l'alimentation et la litière avait des effets bénéfiques sur l'amélioration du bien-être des poulets de chair.

Le constat de l'acte alimentaire observé dans le présent essai corrobore l'observation faite par **Ramadan (2013)**, selon laquelle une proportion considérablement plus élevée de poussins dans les groupes ail, thym et antibiotique étaient engagés dans un comportement d'alimentation par rapport au groupe témoin (+73% ; +79% ; +47%) respectivement, ce qui

s'est reflété dans le poids corporel final et les autres performances productives des poussins. De même, **Abdel-Raheem et al. (2021)** ont rapporté qu'une meilleure activité passait plus de temps dans l'acte alimentaire et l'abreuvement chez des poulets Fayoumi supplémentés avec des concentrations variables de fenouil (0,4, 0,8 et 1,2 g/kg du régime). Ces progrès peuvent être attribués aux effets bénéfiques de différents produits expérimentés sur la consommation alimentaire. Selon **Javed et al. (2009)**. Une préparation aqueuse d'herbes médicinales contenant de l'ail a augmenté la prise alimentaire, Dans le même ordre d'idées, **Ouachem et al. (2011a)** et **Ibtisham et al. (2019)** ont constaté que l'alimentation des poulets de chair avec de l'argile ou du gingembre stimulait la consommation d'aliments. En revanche, les résultats obtenus avec les groupes KG et MG étaient comparables à ceux obtenus avec la supplémentation de 200 mg/kg d'HE de gingembre (**Ramadan, 2013**) qui a conclué que l'augmentation des comportements de marche et de station debout chez les oiseaux du groupe témoin et du groupe supplémenté en gingembre peut être liée au faible comportement alimentaire.

### II.6.2. Immobilité tonique (test d'anxiété ou de peur)

Les résultats des effets des différents mélanges sur l'immobilité tonique sont consignés dans les tableaux 12.1 et 12.2.

**Tableau 12. 1.** Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin sur l'immobilité tonique.

Variables	T	KA	KG	KAG	Valeur de P	ESM
IT (secondes)	129,27	125,71	95,17	108,8	NS	4,43

**Tableau 12. 2.** Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'immobilité tonique

Variables	T	MA	MG	MAG	Valeur de P	ESM
IT (secondes)	129,27	128,88	136,84	101,55	NS	6,73

Les résultats du test de l'immobilité tonique montrent que statistiquement les sujets des groupes KG, KAG et MAG réagissent rapidement au test et de manière moins marquée chez les sujets de groupe KA ; autrement dit, ils sont moins craintifs que les sujets du lot témoin. Cependant, cet état ne s'est pas manifesté chez les sujets des groupes MG et MA.

Généralement, l'immobilité tonique (IT) est un indicateur de peur et de stress ainsi qu'une réaction naturelle des animaux en période de peur (**Liu et al., 2016**) qui se manifeste par une pétrification ou une paralysie temporelle. L'immobilité tonique peut être

observée chez une variété d'animaux, y compris la volaille domestique (**Gallup et al., 1972**). Lorsque les poulets de chair sont confrontés à un danger ou à la peur, ils présentent une réponse (IT) (**Duan et al., 2014**) et plus un oiseau reste immobile longtemps, plus son niveau de peur est élevé (**Moller et Szép, 2011**). Chez les poulets de chair, **Jones (1996)** et **Faure et al. (2003)** ont indiqué qu'une intensité accrue de la réaction de peur peut sérieusement affecter le bien-être et les performances des volailles. Par ailleurs, le retrait des sujets les plus craintifs d'une population présenterait un intérêt économique et réduirait l'effet négatif de la sensibilité au stress sur la qualité de la viande (**Rémignon et al., 1998**). Ces derniers auteurs ont observé après un stress aigu de contention dans une cage d'écrasement une augmentation de la créatine kinase plasmatique ainsi qu'une perte en eau de la viande du filet chez les sujets ayant une durée IT plus longue, correspondant aux oiseaux les plus craintifs.

Il convient de noter l'absence de travaux sur les effets de l'incorporation d'argiles dans l'aliment sur l'IT. Néanmoins, il a été observé dans un essai, l'ajout alimentaire avec 200 mg/kg d'huiles essentielles (ail, gingembre et thym) et un antibiotique a eu un effet significatif sur la durée de l'immobilité tonique. Les poulets témoins non supplémentés étaient plus craintifs et ont montré une durée de l'IT significativement plus longue (234S) par rapport aux groupes ail, gingembre, thym et antibiotique (108S ; 78S ; 102S ; 124S) respectivement (**Ramadan, 2013**). En outre, l'utilisation de poudre de thym (**Taskin, 2009**), ou de thymol (**Lábaquea et al., 2013**) ou encore des graines de fenouil (**Abdel-Raheem et al., 2021**) au régime alimentaire des poulets de chair réduit la durée de l'immobilité tonique de manière significative ( $P < 0,05$ ). Ceci indique que les oiseaux de contrôle étaient plus craintifs que les groupes soumis aux traitements. **Abdel-Raheem et al. (2021)** ont rapporté une corrélation négative entre des durées IT élevées (état de peur) et les performances des oiseaux. Encore, **Satterlee et al. (1993)** ont signalé que l'apport de vitamine C à des cailles stressées et non stressées réduisait de façon marquée la durée d'exposition au test IT.

Aussi, il a été constaté en conditions expérimentales utilisant comme matériau de litière la vermiculite seule (argile) ou mélangée aux copeaux de bois, que les poulets élevés sur litières vermiculite et vermiculite-copeaux de bois réagissaient rapidement au test que leurs homologues élevés sur litière copeaux de bois (172, 154 et 310 secondes, respectivement), signifiant un état moins anxieux (**Yildiz et al., 2014**). Par ailleurs, ces auteurs ont également mentionné une meilleure durée IT chez les sujets ayant des faibles scores pododermatites. Alors que, l'ajout de sépiolite à la litière d'un élevage de poulets de chair n'a pas impacté la durée IT (**Varol Avçilar et al., 2018**).

### II.6.3. Etat des fientes

Les résultats des effets des mélanges étudiés sur l'état de fiente sont regroupés dans les tableaux 13.1 et 13.2.

**Tableau 13. 1.** Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de kaolin sur l'humidité des fientes.

Variables	T	KA	KG	KAG	ESM	Valeur de P
Fientes (%MS)	17,12	20,25	18,85	18,22	0,45	NS

**Tableau 13. 2.** Effet de l'addition de 3% de mélanges à base de marne sur l'humidité des fientes.

Variables	T	MA	MG	MAG	ESM	Valeur de P
Fientes (%MS)	17,12	17,64	17,01	17,97	0,3	NS

Les résultats du tableau 13.1 mettent en évidence une diminution non significative du taux d'humidité des fientes dans les mélanges à base de kaolin en faveur du lot kaolin-ail (+18 % MS) et (+10%MS ; +6%MS), respectivement chez les sujets KG et KAG. Les mélanges à base de marne (tableau 13.2) favorisent des fientes légèrement moins humides notamment les traitements MA (+3 %MS) et MGA (+5 %MS). En élevages avicoles intensifs, le non respect des conditions d'ambiance, d'hygiène et d'équilibre nutritionnel expose les volailles aux contraintes des fientes humides et les fortes concentrations d'ammoniac, responsables de dégradation des litières, de contamination du tube digestif, de chute de performances, des produits de moins bonne qualité, des pertes économiques considérables et une empreinte environnementale négative. L'utilisation d'argiles contribue significativement à réduire l'humidité des fientes (**Ouachem et al., 2015a**). L'ajout de mélanges argiles-condiments confirme cet effet et offre l'opportunité de restreindre les répercussions négatives en relation avec les fientes humides et de favoriser un niveau bien-être animal et un état de santé satisfaisants.

Cette réponse a été rapportée par **Sellers et al. (1980)** avec kaolin chez la poule pondeuse, sans toutefois améliorer les performances et la qualité de la coquille. Incorporée dans la litière, la zéolite absorbe l'humidité (**Basha et al., 2016**). L'halloysite augmente la rétention de phosphate, de nitrate ou de potassium (**Liuskanto, 2015**). D'ailleurs, **Karamanlis et al. (2008)** ont indiqué que l'incorporation de la clinoptilolite à la fois dans l'aliment et dans la litière avait un effet positif sur la litière.

La diminution significative de la teneur en eau des fientes observée chez les poulets recevant les mélanges semble être motivé par une diminution de la viscosité intestinale, ainsi qu'une meilleure digestibilité des nutriments. En effet, Selon **Huyghebaert et al. (2003)**, l'utilisation efficace des nutriments favorise une litière moins humide. Par ailleurs, **Ouhida et al. (2000a)** ont également mis en évidence une relation entre l'humidité des fientes et la viscosité intestinale.

# Références

**Références**

- Abdel-Raheem G.S., El Shoukary R.D., Mohamed R.I., 2021.** Behavior, Fear Response, Performance, Carcass Characteristics and Economic Efficiency of Fayoumi Chicks Fed Different Levels of Fennel Seeds. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 11(1): 17 - 23.
- Ademola S.G., Farinu G.O., Babatunde G.M., 2009.** Serum lipid, growth and hematological parameters of broilers fed garlic, ginger and their mixtures. *World Journal of Agricultural Sciences* 5 (1): 99 - 104.
- Ahmed Gaid Z., 2017.** Utilisation de l'argile dans l'alimentation des volailles. Mémoire magister, Sciences agronomiques, Université batna1, P171.
- Al-Ani T., Sarap ä.ä.O., Lehtinen M.J., 2006.** Mineralogical and chemical study of some kaolin samples from the Kahdeksaisiensuo and Hyväjärvi occurrences, Virtasalmi, SE Finland. Geological Survey of Finland, Report M19/3232/2006/1/822010, Espoo, P4.
- Allameh S., Toghyani M., 2019.** Effect of dietary valine supplementation to low protein diets on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. *Livestock Science*, 229: 137 - 144.
- Amad A.A., 2018.** Addition of natural Zeolite to broiler chickens diet and its effect on performance, carcass traits and protein and calcium in blood. *Journal of Veterinary Research*, 74 : 261-271.
- Amagase H., Petesch B.L., Matsuura H., Kasuga S., Itajura Y., 2001.** Intake of garlic and its bioactive components. *Journal of Nutrition*, 131(3): 955S - 962S.
- Bamidele O., Adejumo I.O., 2012.** Effect of garlic (*Allium sativum* L.) and ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) mixtures on performance characteristics and cholesterol profile of growing pullets. *International Journal of Poultry Science*, 11(3), 217-220.
- Banaszak M., Biesek J. and Adamski M., 2022.** Research Note: Growth and meat features of broiler chicken with the use of halloysite as a technological additive to feed and peat litter. *Poultry Science*, 101.
- Banaszak M., Biesek J., Adamski M., 2021.** Wheat litter and feed with aluminosilicates for improved growth and meat quality in broiler chickens. *PeerJ* 9:e11918.
- Basha H.A., Goma A.A., Taha A.E., Abou Elkhair R., 2016.** Effect of different forms of natural zeolite (clinoptilolite) on productive performance and behavioral patterns of broiler chickens. *International Journal of Agriculture Science and Veterinary Medicine*, 4(4): 1-11.
- Bawish B.M., Fayed, R.H., Abdel Razeq A.H., 2018.** Effect of garlic as feed additive on performance, carcass characteristics, and meat quality of muscovy ducks reared in different

stocking densities. *Journal of Applied Veterinary Sciences*, 3(1): 43 - 51.

**Chen J.F., Geng X., Ali S. A., 2020b.** Montmorillonite combined organic acid or essential oil complex improves the intestinal health status of laying hens. *Research Square*, 1 - 16.

**Chen J.F., Xu M.M., Kang K.L., Tang S.G., He C.Q., Qu X.Y., Guo S.C., 2020a.** The effects and combinational effects of *Bacillus subtilis* and montmorillonite on the intestinal health status in laying hens *Poultry Science*, 99: 1311 - 1319.

**Chen Y.P., Cheng Y.F., Li X.H., Zhang H., Yang W.L., Wen C., Zhou Y.M., 2016b.** Dietary palygorskite supplementation improves immunity, oxidative status, intestinal integrity, and barrier function of broilers at early age. *Animal Feed Science of Technology*, 219: 200 - 209.

**Choi I. H, Park W.Y., Kim Y.J., 2010.** Effects of dietary garlic powder and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on performance, serum cholesterol levels, and meat quality of chicken. *Poultry Science*, 89: 1724 - 1731.

**Cobb 500.** Poulet de chair : performances et recommandations nutritionnelles. Edition 2018 <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/a54d5b4201/Cobb500-Broiler-Performance-and-Nutrition-Supplement-French-v2.pdf>. Consulted on 05/24/2021.

**De Jong I., Berg C., Butterworth A., Estevéz I., 2012.** Scientific report updating the EFSA opinions on the welfare of broilers and broiler breeders. *EFSA Supporting Publications*, 9(6): 295E.

**Demir E., Sarica S., Ozcan M.A., Suicmez M., 2003.** The use of natural feed additives as alternatives for an antibiotic growth promoter in broiler diets. *British Poultry Science*, 44: S44 - S45.

**Dhama K., Tiwari R., Khan R.U., Chakraborty S., Gopi M., Karthik K., Saminathan M., Desingu P.A., Sunkara L.T., 2014.** Growth promoters and novel feed additives improving poultry production and health, bioactive principles and beneficial applications: the trends and advances – a review. *International Journal of Pharmacology*, 10: 129 - 159.

**Duan Y., Fu W., Wang S., Ni Y., Zhao R., 2014.** Effects of tonic immobility (TI) and corticosterone (CORT) on energy status and protein metabolism in pectoralis major muscle of broiler chickens. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.*, 169: 90 – 95.

**Edens F.W., 2000.** Empenamento em frangos: influência de aminoácidos minerais na dieta. In *Anais da Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas*, Campinas São Paulo. Brasil, 81-100.

**Edens F.W., 2001.** Involvement of Sel-Plex in physiological stability and performance of

broiler chickens. In *Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 17th Annual Symposium*. TP Lyons and TA Jacques, ed. Nottingham University Press, Nottingham UK, 349 - 376.

**Ejiofor T., Mgbeahuruike A.C., Ojiako C., Ushie A.M., Nwoko E.I., Onoja I.R., Dada T., Mwanza M., Karlsson M., 2021.** *Saccharomyces cerevisiae*, bentonite, and kaolin as adsorbents for reducing the adverse impacts of mycotoxin contaminated feed on broiler histopathology and hemato-biochemical changes, *Veterinary World*, 14(1): 23 - 32.

**Eleroğlu H., Yalçın H., Yıldırım A., 2011.** Dietary effects of Ca-zeolite supplementation on some blood and tibial bone characteristics of broilers. *South African Journal of Animal Science*, 41: 319 - 330.

**Elliot M.A., Edwards H.M.Jr., 1991.** Comparison on the effects of synthetic and natural zeolite on laying hen and broiler chicken performance. *Poultry Science*, 70: 2115-2130.

**Eltazi M.A., 2014.** Response of broiler chicks to diets containing different mixture levels of garlic and ginger powder as natural feed additives. *International Journal of Allied Pharmacology Research*, 3(4): 27-35.

**Fatouh M.H.A., Awad A.L., Ghonim A.I.A., 2012.** Effect of dietary sodium bentonite supplementation on laying performance of Domyati and Kampell ducks. *Egyptian Poultry Science Journal*, 32(3): 497 - 514.

**Faure J.M., Bessei W., Jones R.B., 2003.** Direct selection for improvement of animal well-being. *Poultry genetics, breeding and biotechnology*. W. M. Muir and S. Aggrey, ed. CABI Publ., Wallingford, UK, 221 - 245.

**Gall-David S.L., Meuric V., Benzoni G., Valière S., Guyonvarch A., Minet J., Bonnaure-Mallet M., Barloy-Hubler F., 2017.** Effect of Zeolite on Small Intestine Microbiota of Broiler Chickens: A Case Study. *Food and Nutrition Sciences*, 8: 163 - 188.

**Gallup G.G., Rosen T.S., Brown C.W., 1972.** Effect of conditioned fear on tonic immobility in domestic chickens. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 78(1): 22 -25.

**Gibson G.R., 1998.** Dietary modulation of the human gut microflora using prebiotics. *British Journal of Nutrition*, 80(S2): S209 - S212.

**Gilani A., Kermanshahi H., Golian A., Seifi S., 2016.** Appraisal of the impact of aluminosilicate use on the health and performance of poultry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(3), 255 - 262.

**Gul H., Khan S., Shah Z., Ahmad S., Israr M., Hussain M., 2017.** Effects of local sodium bentonite as aflatoxin binder and its effects on production performance of laying hens. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(1): 31 – 37.

- Gyles N.R., Kan J., Smith R.M., 1962.** The heritability of breast blister condition and breast feather coverage in a White Rock broiler strain. *Poultry Science*, 41: 13 – 17.
- Haddad S., 2009.** L'argile dans un aliment émietté : Conséquences sur les performances de croissance du poulet de chair. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Université de Batna1, P 65.
- Hagedom T.K., Ingram D.R., Kover S.J., Achee V.N., Barnes D.G., Lurent S.M., 1990.** Influence of sodium zeolite an on performance, bone condition and liver lipid content of White Leghorn hens. *Poultry Science*, 69 (Suppl. 1): 169.
- Herzig I., Strakova E., Suchy P., 2008.** Long-term application of clinoptilolite via the feed of layers and its impact on the chemical composition of long bones of pelvic limb (femur and tibiotarsus) and eggshell. *Veterinarni Medicina*, 53: 550 - 554.
- Horton G.M.J., Fennell M.J., Prasad B.M., 1991.** Effects of dietary garlic (*Allium sativum*) on performance, carcass composition and blood chemistry changes in broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, 71: 939 – 942
- Huyghebaert G., Coenenand H., LeBellego L., 2003.** Impact de la teneur en protéine et du profil en acides aminés de l'aliment sur les performances zootechniques du poulet de chair. 5<sup>eme</sup> Journées de eme la Recherche Avicole. Tours, 26 and 27 Mars 2003: 237 - 240.
- Ibtisham F., Nawab A., Niu Y., Wang Z., Wu J., Xiao M., An L., 2019.**The effect of ginger powder and Chinese herbal medicine on production performance, serum metabolites and antioxidant status of laying hens under heat-stress condition. *Journal of Thermal Biology* 81: 20 –24.
- Ikusika O.O., Mpendulo C.T., Zindove T.J., Okoh A.I., 2019.** Fossil shell flour in livestock production: A Review. *Animals*, 9(3): 70.
- Incharoen T., Tartrakoon W., Nakhon S., Treetan S., 2016.** Effects of dietary silicon derived from rice hull ash on the meat quality and bone breaking strength of broiler chickens. *Asian Journal of Animmal and Veterinary Advances*, 11: 417 - 422.
- Iqbal J., Sharif M., Suleman M.N., Saeed M., Ahamd F., kamboh A.A., Ayaşan T., Arslan M., 2021.** Effect of Dietary Supplementation of a Non-antibiotic Growth Promoter on Growth Performance and Intestinal Histomorphology in Broilers. *Pakistan Journal of Zoology*, 1 - 7.
- Ivkovic S., Deutsch U., Silberbach A., Walraph E., Mannel M., 2004.** Dietary supplementation with the tribomechanically activated zeolite clinoptilolite in immunodeficiency: effects on the immune system. *Advances in therapy*, 21(2): 135-147.
- James M.E., Nannapaneni R., Johuson M.G., 1999.** Identification and characterization of two bacteriocin-producing bacteria isolated from garlic and ginger root. *Journal of food protection*, 62: 889 - 901.

- Javed M., Durrani F.R., Hafee Z.A., Khan R.U., Ahmed I., 2009.** Effect of aqueous extract of plant mixture on carcass quality of broiler chicks. *Arpan Journal of Agricultural and Biological Science*, 4 (1): 37 - 40.
- Jondreville C., Genthon C., Bouguennec, A., Nys Y., 2007.** Use of Triticale in Broiler Feed: Estimation of the Effectiveness of Plant Phytase in Improving Phosphorus Availability. 7th Poultry Research Days, Tours (France), March 28- 29: 253-257.
- Jones R.B., 1996,** Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. *World's Poultry Science Journal*, 52: 131-174.
- Jones R.B., Faure J.M., 1981.** Tonic immobility (righting time) in laying hens housed in cages and pens. *Applied Animal Ethology*, 7: 369 - 72.
- Joo E.J., Jung S.J., Son J.H., Cho J.K., Youn B.S., Nam K.T., Hwang S.G., 2007.** Effect of Dietary Supplement of Fermented Clay Mineral on the Growth Performance and Immune Stimulation in Broiler Chickens. *Korean Journal of Poultry Science*, 34(3): 231 - 236.
- Kafi A., Uddin M.N., Uddin M.J., Khan M.M.H., Haque M.E. 2017.** Effect of dietary supplementation of turmeric (*Curcuma longa*), ginger (*Zingiber officinale*) and their combination as feed additives on feed intake, growth performance and economics of broiler. *International journal of poultry science*, 16(7): 257 – 265.
- Kamboh A.A., Zhu W.Y., 2013.** Effect of increasing levels of bioflavonoids in broiler feed on plasma anti-oxidative potential, lipid metabolites, and fatty acid composition of meat. *Poultry Science*, 92: 454 - 61.
- Karamanlis X., Fortomaris P., Arsenos G., Dosis I., Papaioannou D., Batzios C., Kamarianos A., 2008.** The effect of a natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. *Asian-Aust Journal of Animal Science*, 21: 1642 - 1650.
- Karangiya V.K., Savsani H.H., Patil S.S., Garg D.D., Murthy K.S., Ribadiya N.K., Vekariya S.J., 2016.** Effect of dietary supplementation of garlic, ginger and their combination on feed intake, growth performance and economics in commercial broilers, *Veterinary World*. 9(3): 245-250.
- Khajali F., Zamani Moghadam A.A.K., Habibi S., 2006.** “Effects of Different Levels of Natural Zeolite on Broiler Performance and Carcass Characteristics”, *Univ. Tabriz Journal of Agricultural Science*, 16: 165 - 174.
- Khambualai O., Ruttanavut J., Kitabatake M., Goto H., Erikawa T., Yamauchi K., 2009.** Effects of dietary natural zeolite including plant extract on growth performance and intestinal histology in Aigamo ducks. *British Poultry Science*, 50(1): 123 - 130.

- Khosravinia H., Nourmohammadi R., Afzali N., 2015.** Productive performance, gut morphometry, and nutrient digestibility of broiler chicken in response to low and high dietary levels of citric acid. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(4): 470 - 480.
- Kidane Z., Mengistu A., Singh H., 2017.** Effect of different mixture levels of oyster mushroom, garlic and ginger powder as substitutes for antibiotic growth promoter on carcass traits of broilers. *Advances in Biological Research*, 11(4):183-189.
- Kim B.K., Hwang E.G., Jung D. J., Ha J.J., Oh D.Y., Choi C. B., 2014.** Effects of Kaolinite (Macsumsuk) and Herb Mixtures on the Quality and Physicochemical Properties of Pork,” *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(3): 395 - 402.
- Kim B.K., Jung D. J., Hwang E.G., Choi C.B., 2012.** Effects of soaking pH and extracting temperature on the physicochemical properties of chicken skin gelatin. *Food Science of Animal Resources*, 32 (3): 316 - 322. DOI <http://dx.do.org/10.5851/kosfa.2012.32.4.512>.
- Kim B.K., Yi J.K., Hwang E.G., Kang B.S., 2017.** Effects of a diet supplemented with dried animal blood and macsumsuk mixture on the growth performance and meat quality parameters of broiler chickens. *Korean Journal Poultry Science* 44(1): 29 - 39.
- Kong C.S., Ju W. S., Kil D.Y., Lim J.S., Yun M.S., Kim Y.Y., 2004.** Effects of silicate mineral filtered water and silicate mineral additive on growth performance and pork quality. *Korean Journal of Animmal Science Technology*, 46: 743 -752.
- Kovar S.J., Ingram D.R., Hagedom T.K., Achee V.N., Barnes D.G., Laurent S.M., 1990.** Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. *Poultry Science*, 69 (Suppl. 1): 174.
- Lábaquea M.C., Kembroa J.M., Lunaa b. A., Marin R.H., 2013.** Effects of thymol feed supplementation on female Japanese quail (*Coturnix coturnix*) behavioral fear response. *Animal Feed Science and Technology*. 183(1-2): 67 - 72.
- Lamichhane U., Regmi S. et Sah R., 2018.** Changes in Palatability of Poultry Feed Using Garlic, Ginger and their Combination”. *Acta Scientific Agriculture*, 2(11): 68 - 72.
- Ibaz A.M., Ibrahim N.S., Shehata A.M., Mohamed N.G., Abdel-Moneim A.M.E., 2021.** Impact of multi-strain probiotic, citric acid, garlic powder or their combinations on performance, ileal histomorphometry, microbial enumeration and humoral immunityof broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1): 1-10.
- Lemos M.J., Calixto L.F.L., Alves O.D.S., Souza D.S.D., Moura B.B., Reis T.L., 2015.** Kaolin in the diet and its effects on performance, litter moisture and intestinal morphology of broiler chickens. *Ciência Rural*, 45 (10): 1835 - 1840.
- Lim C.I., Park J.E., Kim S.E., Choe H.S., Ryu K.S., 2017.** Effects of Dietary Silicate Based Complex Mineral on Performance, Egg Quality and Immunological Competence in Laying Hens.

Korean Journal of Poultry Science, 44(4): 267-274.

**Lippens M, Huyghebaert G, Cerchiari E., 2005.** Effect of the use of coated plant extracts and organic acids as alternatives for antimicrobial growth promoters on the performance of broiler chickens. Archiv Fur Geflugelkunde, 69: 261 - 266.

**Liu J., Duan Y., Hu Y., Sun L., Wang S., Fu W., Zhao R., 2016.** Exogenous administration of chronic corticosterone affects hepatic cholesterol metabolism in broiler chickens showing long or short tonic immobility. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 191: 53 – 58.

**Liuskanto S., 2015.** The use of halloysite for nutrient and moisture retention in soils. Bachelor's Thesis. Tampere University of Applied Sciences, Tampere, Finland. P 41.

**Lon-Wo E., Perez F., Gonzales J.L., 1987.** "Inclusion of 5% Zeolite (Clinoptilolite) in Diets for Fattening Chickens Under Commercial Conditions", Revista Cubana de Ciencia Agricola, 21: 165-169.

**Mantis N.J., Rol N., Corthésy B., 2011.** Secretory IgA's complex roles in immunity and mucosal homeostasis in the gut. Mucosal immunology, 4(6): 603-611.

**Mekaoussi S., 2007.** L'argile source biologique dans le régime du poulet de chair. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Sciences Agronomiques. Université de Batna1, Batna. P: 52.

**Miazzo R., Peralta, M., Magnoli C., Salvano M., Ferrero S., Chiacchiera S., Carvalho E., Rosa C., Dalcero A., 2005.** Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin. Poultry Science, 84: 1 - 8.

**Mills A.D., Faure J.M., 1991.** Divergent Selection for Duration of Tonic Immobility and Social Reinstatement Behavior in Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) Chicks. Journal of Comparative Psychology, 105(1): 25 - 38.

**Mızrak C., Yenice E., Kahraman Z., Tunca M., Yıldırım U., Ceylan N., 2014.** Effects of dietary sepiolite and mannanoligosaccharide supplementation on the performance, egg quality, blood and digestion characteristics of laying hens receiving aflatoxin in their feed. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 61: 65 - 71.

**Moghaddam H.N., Rezaei M., Abadi A.H., 2005.** "Effect of Natural Zeolite on Performance and Tibia Composition of Broiler Chicks", Proceedings of the 17<sup>th</sup> European Symposium on the Quality of Poultry Meat and 11th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, 23(26): 361 - 361.

**Moller A.P., Szép T., 2011.** The role of parasites in ecology and evolution of migration and migratory connectivity. Journal of Ornithology, 152: 141 - 150.

- Mutus R., Kocabagli N., Alp M., Acar N., Eren M., Gezen S.S., 2006.** The Effect of Dietary Probiotic Supplementation on Tibial Bone Characteristics and Strength in Broilers. *Poultry Science*, 85: 1621-1625.
- Northcutt J.K., Foegeding E.A., Edens F.W., 1994.** Water holding capacity of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poultry Science*, 73: 308 - 316.
- Olfati Z., Shariatmadari F., Karimi Torshizi M.A., Ahmadi H., Sharafi M., Bedford M.R., 2020.** Effects of partial replacement of soybean meal in broiler diets with gelatin and mono-component protease on growth performance, carcass and blood biochemical characteristics, lipid oxidation of meat, and economics. *Animal Production Science* 61:146 – 155.
- Olgun O., Aygun A., 2016.** Nutritional factors affecting the breaking strength of bone in laying hens. *World's Poultry science journal*, 72(4): 821 - 832.
- Onu P.N., 2010.** Evaluation of two herbal spices as feed additives for finisher broilers. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26 (5-6): 383 - 392.
- Orlowski S., Flees J., Greene E.S., Ashley D., Lee S.O., Famous L.Y., Casey I., Owens M., Kidd M., Anthony N., Dridi S., 2018.** Effects of phyto-genic additives on meat quality traits in broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 96: 3757 – 3767.
- Ouachem D., Bakroune F., Bensalem A., Hadjar A., Abdessemed F., 2011a.** Effets de la marne sur le rendement en découpe et la qualité de la viande du poulet. 9<sup>ème</sup> Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29-30 mars: 507-511.
- Ouachem D., Kaboul N., Meredef A., Abdessemed F. and Ahmed Gaid Z., 2015a.** Effects of clay on performance, moisture of droppings and health status of poultry : an overview. *World's Poultry Science Journal*, 71(1): 184-189.
- Ouachem D., Kaboul N., Meredef A., Abdessemed f., Ahmed gaid Z., 2015a.** Effects of clay on performance, moisture of droppings and health status of poultry: an overview. *World's Poultry Science Journal*, 184 - 189.
- Ouachem D., Lombarkia S., 2017.** Effects of a Natural Preparation Based on Kaolin, Olive Leaf, Turmeric and Mild Paprika on the Performance of Laying Hens. *The 7<sup>th</sup> International Seminar on Tropical Animal Production*. 286 – 293
- Ouachem D., Meredef A., Arfan Z., Bennoune O., 2017.** Amélioration de la muqueuse intestinale, des fientes, des os et de la croissance du poulet de chair par la marne. *Livestock Research for Rural Development*, 29 (6): 121.
- Ouachem D., Meredef A., Kaboul N., 2015b.** The Marl and Kaolin in Broiler Diet: Effects on the Bone Weight and the Cutting Yield. *The 6<sup>th</sup> International Seminar on Tropical Animal*

Production (ISTAP), 20<sup>th</sup>-22<sup>th</sup> October 2015. Yogyakarta, Indonesia. 72 - 75.

**Ouachem D., Soltane M., Hadjar A., Bakroune F., Kalkil T., Bensalem A., Smaili A., Haddad S., Abdessemed F., 2011b.** Effects of the marl on the performance of chicken feeding starting diet containing acid oil. *Banats Journal of Biotechnology*, 3 (2): 3 - 6.

**Ouachem D., Soltane M., Kalkil T., Mekaoussi S., Abdessemed F., Soualah Z., Berghouti F., Yakhlef I., 2009.** La marne un produit naturel dans le régime du poulet de chair : conséquences sur les performances et l'état des fientes. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009. 312 - 325.

**Ouhida I., Perez J.F., Gasa J., Puchal F., 2000a.** Enzymes ( $\beta$ -glucanase and arabinoxylanase) and/or sepiolite supplementation and the nutritive value of maize-barleywheat based diets for broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 41: 617 - 624.

**Ouhida I., Pérez J.F., Gasa J., Puchal F., 2000b.** Enzymes ( $\beta$ -glucanase and arabinoxylanase) and/or sepiolite supplementation and the nutritive value of maize-barley wheat based diets for broiler chickens. *British Poultry Science*, 41: 617- 624.

**Ousterhout L.E., 1980.** Effect of calcium and phosphorus levels on egg weight and eggshell quality in laying hens. *Poultry Science*, 59: 1480 –1494.

**Ozturk E., Erener G., Sarica M., 1998.** Influence of natural zeolite on performance of laying hens and egg quality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(6) : 623 – 628.

**Patel k., Srinivasan R., 2000.** Influence of dietary Spices and active Principles on pancreatic digestive enzymes in Albino Nahrung, 44: 42 - 46.

**Perić L., Milošević N., Žikić D., Kanački Z., Džinić N., Nollet L., Spring P., 2009.** Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 18: 403 – 409.

**Pietak A.M., Reid J.W., Stott M.J., Sayer M., 2007.** Silicon substitution in the calcium phosphate bioceramics. *Biomaterials*.28: 4023 - 4032.

**Pluske J.R., Hampson J.D., Williams I.H., 1997.** Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock.Production Science*, 51: 215 - 236.

**Prvulović D., Kojić D., Grubor-lajsić G., Kosarčić S., 2008.** The Effects of Dietary Inclusion of Hydrated Aluminosilicate on Performance and Biochemical Parameters of Broiler Chickens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32(3): 183 - 189.

Rabon H.W., Roland D.A., Bryant M.M., **Smith R.C., Barnes D.G., Laurent S.M., 1995.** Absorption of silicon and aluminium by hens fed sodium zeolite A with various levels of dietary cholecalciferol. *Poultry Science*, 74: 352-359.

- Raesi M., Hoseini-Aliabad S.A., Roofchae A., Shahneh A.Z., Pirali S., 2010.** Effect of periodically use of garlic (*Allium sativum*) powder on performance and carcass characteristics in broiler chickens. World Academy of Science, Engineering and Technology, 44: 1223 - 1229.
- Ramadan S.G.A., 2013.** Behaviour, welfare and performance of broiler chicks fed dietary essential oils as growth promoter. Assiut Veterinary Medical Journal, 59 (137): 107 - 119.
- Rath N.C., Huff G.R., Huff W.E., Balog J.M. 2000.** Factors regulating bone maturity and strength in poultry. Poultry Science, 79: 1024 -1032.
- Rawghani E., Araband M., Akbarian A., 2007.** Effects of a probiotic and other feed additives on performance and immune response of broiler chicks. International Journal of Poultry Science, 6: 261 - 265.
- Rawia S. H., Abaza M. A., Elghalid O. A. and Abd El-Hady A. M., 2020.** Effect of incorporating natural zeolite with or without phytase enzyme into broilers diets on blood constituents and carcass traits. Egyptian Poultry Science Journal, 40 (I): 225 - 242.
- Rebh A.Y., Kumar P., Neerja P., 2014.** Effect of Ginger Root Powder in Ration on Performance of Broilers. European Academic Research, 2(6): 420 - 421.
- Rémignon H., Mills A. D., Guémené D., Desrosiers V., Garreau- Mills M., Marché M. , Marché G.. 1998.** Meat quality traits and muscle characteristics in high or low fear line of Japanese quails (*Coturnix japonica*) subjected to acute stress. British Poultry Science, 39: 372 - 378.
- Rizzi L., Simioli M., Roncada P., Zaghini A., 2003.** Aflatoxin B1 and clinoptilolite in feed for laying hens: effects on egg quality, mycotoxin residues in livers, and hepatic mixed-function oxygenase activities. Journal of Food Prot. 66: 860 - 865.
- Roland D.A., 1990.** The relationship of dietary phosphorus and sodium aluminosilicate to the performance of commercial leghorns. Poultry Science, 69:105-112.
- Roland D.A., Harms R.H., 1976.** The influence of feeding diets containing different calcium–phosphorus ratios on the laying hen. Poultry Science, 55: 637– 641.
- Roland D.A., Laurent S.M., Orloff H.D., 1985.** Shell quality as influenced by zeolite with high ion-exchange capability. Poultry Sci., 64: 1177–1187.
- Roland D.A., Rabon H.W., Rao K.S., Smith R.C., Miller J.W., Barnes D.G., Laurent S.M., 1993.** Evidence for absorption of silicon and aluminium by hens fed sodium zeolite A. Poultry Science, 72:447- 455.

- Safaei M., Boldaji F., Dastar B., Hassani S., Taran M., 2014.** Economic analysis using silicate minerals in broiler chickens diets. *Animal Biology & Animal Husbandry*. 6(2): 216-223.
- Salmanzadeh M., 2015.** Does dietary ginger rhizome (*Zingiber officinale*) supplementation improve the performance, intestinal morphology and microflora population, carcass traits and serum metabolites in Japanese quail? *Europ. Poultry Science*, 79.
- Satterlee D.G., Jones R.B., Ryder F.H., 1993.** Effects of vitamin C supplementation on the adrenocortical and tonic immobility fear-reactions of Japanese quail genetically selected for high corticosterone response to stress. *Applied Animal Behaviour Science*, 35: 347 - 357.
- Saçaklı P., Calik A., Bayraktaroğlu A.G., Ergün A., Şahan Ö., Özaydin S., 2015.** Effect of clinoptilolite and/or phytase on broiler growth performance, carcass characteristics, intestinal histomorphology and tibia calcium and phosphorus levels. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 21 (5): 729-737.
- Schneider A.F., Zimmermann O.F., Gewehr C.E., 2017.** Zeolites in poultry and swine production. *Cienc Rural*, 47: e20160344.
- Seedor J.G., Quartuccio H.A., Thompson D.D., 1991.** The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. *Journal of Bone and Mineral Research*, 6(4): 339 - 346.
- Sellers R.S., Herris G.C., Waldroup P.W., 1980.** The effects of various dietary clays and fillers on the performance of broilers and laying hens. *Poultry Science*, 59: 1901 - 1906.
- Sethar A., Ali Bhatti M., Sethar G.H., Khan N., 2016.** An analytical view of commercial herbitol on the feed efficiency and blood composition of broiler. *Case Studies Journal*, 5(7): 39 - 41.
- Sharma P.K., Singh V., Ali M., 2016.** Chemical composition and antimicrobial activity of fresh rhizome essential oil of *Zingiber officinale* Roscoe. *Pharmacognosy Journal*, 8: 185 - 190.
- Shim M.Y., Karnuah A.B., Mitchell A.D., Anthony N.B., Pesti G.M., Aggrey S.E., 2012.** The effects of growth rate on leg morphology and tibia breaking strength, mineral density, mineral content and bone ash in broilers. *Poultry Science*. 91: 1790 - 1795.
- Simon E., Domitile R., Desbordes P., 2011.** Effect of the Use of Plant Extracts and Alumina Silicates in Conventional Broiler Farming on the Litter Quality, the Prevalence of Pododermatitis and Zootechnical Performance. 9<sup>th</sup> Poultry Research Days, Tours (France), 226 - 230.

- Singh VB, Singh VK, Tewari D, Gautam S, Dwivedi D, 2016.** Growth performance, hemato-biochemical profile and carcass characteristics of broiler chickens fed a diet supplemented with a natural blend of herbs. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 16: 345 - 353.
- Skoufos I, Giannenas I, Tontis D, Bartzanas T, Kittas C, Panagakis P, Tzora I, 2016.** Effects of oregano essential oil and attapulgit on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in broilers. *South African Journal of Animal Science*, 46(1): 77 - 88.
- SPSS, 2019. Statistical package for social Sciences. Version 23 Procedure and Facilities for Research Mc-Graw Hill Book Co. New York.
- Souza D.S., Calixto L.F.L., Lemos M.J., Reis T.L., Oliveira C.A., Fassani É.J., Valladares M.C.C.P., Sousa F.D.R., 2019.** Inclusion of kaolin in the feed of Japanese quails during the production phase. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 32 (4): 274 - 284
- Taskin A., 2009.** The effects of aromatic plants on broiler meat quality and tonic immobility reaction. Ph.D thesis. Hatay, Turkey: University of Mustafa Kemal, P: 109.
- Tekeli A., Kutlu H., Celik L., 2011.** Effects of *Z. officinale* and propolis extracts on the performance, carcass and some blood parameters of broiler chicks. *Curr. Res. Poultry Sci.* 1 (1): 12–23.
- Thakur R., Neeraj, Pandey R., Singh A. Kumar and Nagar A., 2020.** Effect of Cardamom and Ginger Powder Supplementation on Body Weight Gain and Feed Efficiency in Caged Broilers. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(8), 2159-2168.
- Travel A., Le François M., Hallouis J.M., Jurjanz M., Lessire M., Yves N., Jondreville C., 2014.** Effect of the nature and amount of soil ingested on the energy recovery of food and egg production. *The veterinary week* N° 1585.
- Tzora A., Giannenas I., Karamoutsios A., Papaioannou N., 2017.** Effects of oregano, attapulgit, benzoic acid and their blend on chicken performance, intestinal microbiology and intestinal morphology. *Journal of Poultry Science*, 54: 218 - 227.
- Utlü N., Celebi S., Yücel O., 2007.** The effects of natural zeolite supplementation to diet on serum element concentrations in laying hens. *Revue de Medecine Veterinaire*, 158: 598 – 602.
- Uzunoglu K., Yalçin S., 2019.** Effects of dietary supplementation of betaine and sepiolite on performance and intestinal health in broilers. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 66(3): 221 - 230.

- Varol Avçılar Ö., Kocakaya A., Onbaşlar E.E., Pirpanahi M., 2018.** Influence of sepiolite additions to different litter materials on performance and some welfare parameters of broilers and litter characteristics. *Poultry Science*, 97: 3085 - 3091.
- Wu Q.J., Wang L.C., Zhou Y.M., Zhang J.F., Wang T., 2013a.** Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. *Poultry Science*, 92 : 684 - 692. DOI:10.3382/ps.2012-02308.
- Wu Q.J., Zhou Y.M., Wu Y.N., Wang T., 2013b.** Intestinal Development and Function of Broiler Chickens on Diets Supplemented with Clinoptilolite. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*, 26(7): 987 - 994.
- Wu Y., Zhou Y., Lu C., Ahmad H., Zhang H., He J., Zhang L., Wang T., 2016. Influence of Butyrate Loaded Clinoptilolite Dietary Supplementation on Growth Performance, Development of Intestine and Antioxidant Capacity in Broiler Chickens. *PLoS one*, 11(4): e0154410.
- Yamada, Y., Kikuzaki, H. and Nakatani, N., 1992.** Identification of antimicrobial gingerols from ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of Antibacterial antifungal agents*, 20: 309 - 311.
- Yildiz A., Yildiz K., Apaydin B., 2014.** The effect of vermiculite as litter material on some health and stress parameters in broilers. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 20(1): 125-130.
- Yoon B.S., 2004.** Effects of dietary feed additives on meat quality in broiler production. *Korean Journal of Poultry Science*, 31: 193 - 198.
- Zhang G.F., Yang Z.B. , Wang Y. , Yang W.R. , Jiang S.Z. , Gai G.S. , 2009.** Effect of ginger root (*Zingiber officinale*) processed to different particle sizes on growth performance, antioxidant status, and serum metabolites of broiler chickens. *Poultry Science*, 88: 2159 - 2166.
- Zhang H.Y., Piao X.S., Zhang Q., Li P., Yi J., 2013.** The effects of Forsythia suspensa extract and berberine on growth performance, immunity, antioxidant activities, and intestinal microbiota in broilers under high stocking density. *Poultry Science*, 92: 1981 - 1988.
- Zhang N.Z., Hung R.I., 1992.** Study on feeding broilers with natural zeolite. *Animal Science*, 15: 71-74.
- Zimmermann O.F., 2014.** A natural zeolite in growth and finishing feed of pigs. Master thesis in Animal Sciences, Santa Catarina University, P 86.
- Zomrawi W.B., Abdel Atti K.A.A., Dousa B.M., Mahala A.G., 2013.** The effect of dietary ginger root powder (*Zingiber officinale*) on broiler chicks' performance, carcass characteristics and serum constituents. *Journal of Animal Science Advances*, 3: 42 - 47.

**Zulkifli I., Che Norma M.T., Chong C. H., Loh T.C., 2000.** Heterophil to Lymphocyte Ratio and Tonic Immobility Reactions to Preslaughter Handling in Broiler Chickens Treated with Ascorbic Acid. *Poultry Science* 79: 402 - 406.

## **Conclusion générale et perspectives**

## Conclusion générale et perspectives

L'un des principaux défis de l'industrie des poulets de chair est de trouver des alternatives efficaces pour l'amélioration de la productivité des élevages, Notre thématique a été initiée dans le but d'étudier les réponses des poulets de chair à l'addition d'argile naturelle, et des condiments, au cours d'un cycle d'élevage de 42 jours.

Brièvement, les résultats de cet essai ont mis en exergue l'intérêt de l'utilisation de ces mélanges dans l'amélioration des performances de croissance (poids vifs et l'efficacité alimentaire), la qualité de la viande et de l'os, l'état d'emplumement et certains indicateurs de bien-être (activités des poulets, immobilité tonique et humidité de fientes). En effet, il a été démontré que ces mélanges largement disponibles en Algérie, peuvent être utilisés comme alternatives naturelles aux antibiotiques, facteurs de croissance chez les poulets de chair, grâce à leur potentiel antimicrobien et antioxydant, ainsi répondant à la fois aux besoins des producteurs et aux exigences des consommateurs suite à l'amélioration des performances et de la productivité tout en produisant des produits sains et de meilleure qualité.

Etant donné que la qualité de la viande peut être affectée par des facteurs environnementaux notamment les conditions stressantes avant l'abattage, l'utilisation de 3% de mélanges à base de marne et de kaolin associé avec de l'ail et/ou gingembre est recommandée comme des substances stimulatrices de croissance et anti stressantes chez les poulets standards. De plus, des études approfondies sur la composition des additifs, ainsi que leur utilisation sur des poulets à l'échelle industrielle, en tenant compte de divers facteurs susceptibles d'affecter les résultats des performances, doivent être abordés prochainement.

## **Annexes**

**Article.**

**Sahraoui L., Ouachem D., Lombarkia S.,2022.** Effects of adding natural blends of kaolin and Spices on broiler performance, meat and bone quality.Agricultural Science Digest, 42(2): 238-242. Doi:10.18805/ag.DF-378



# Effects of Adding Natural Blends of Kaolin and Spices on Broiler Performance, Meat and Bone Quality

L. Sahraoui, D. Ouachem, S. Lombarkia

10.18805/ag.DF-378

## ABSTRACT

**Background:** The aim is to compare the effectiveness of 3% of natural preparations mixtures based on kaolin associated with garlic, ginger and/or their mixture on the performance, the cutting yield, carcass and bone qualities of broiler.

**Methods:** 192 one-day-old Cobb 500 chicks were assigned to 04 groups of 48 four-replicate chicks (C: without addition; Kgar: 3% kaolin-garlic; Kgin: 3% kaolin-ginger and Kgg: 3% kaolin-garlic-ginger).

**Result:** Results showed that the mixtures significantly improve body weight and feed efficiency at 42 days, with nonetheless a more marked effect for the Kgar group (BW: +4.5%; FCR: -5.5%). In addition, still in favor of the Kgar group, the same tendency was recorded for the yield of chicken ready-to-cook (+3.2%; P=0.02) accompanied by enhanced breast and thighs yields. In terms of quality, the mixtures significantly impacted the meat conservation criteria by reducing water-holding capacity by almost 50% and less abdominal fat deposition. Finally, although not significant, the indicators of bone quality measured (ash content and Seedor index) appear better in chickens receiving mixtures. The results of this study show the interest of adding a mixture of kaolin and condiments in improving broiler performance, meat quality and bone characteristics.

**Key words:** Bone, Clay, Condiments, Feed conversion ratio, Quality, Weight gain.

## INTRODUCTION

Growth promoters have improved in the optimization of poultry performance. Unfortunately, scientists, governments and consumers have strongly opposed their usage due to concerns about anti-biological resistance and the accumulation of residues in animal products. So, various natural substances such as phytobiotics, spices, extracts, enzymes, clays and others were recommended as feed additives that improve intestinal health, feed efficiency, welfare, performance and environmental conservators (Ouachem *et al.* 2015a, Byoung *et al.* 2020). Bibliographically available results have generally been observed in studies using these additives alone and very little in mixtures. For this purpose, it is proposed to study the response of chicken to the addition of a natural preparation based on kaolin mixed with garlic, ginger and/or ginger-garlic mixtures. Garlic and ginger are among the phyto additives commonly used in phytotherapy and poultry feeding. These condiments are characterized by their richness in bioactive components which confer antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activities (Prasad *et al.* 2009, Hanieh *et al.* 2010, Mahboubi, 2019). Moreover, kaolin is abundant clay in nature, cheap, recommended in poultry feed for its opportunistic effects on weight gain, feed efficiency and its antimicrobial and detoxifying effect on the digestive tract (Ouachem *et al.* 2015a).

## MATERIALS AND METHODS

### Diets, clay and condiments

Starter and growth basal diets were formulated without preservatives and coccidiostats according to the nutritional

Laboratory of Food Sciences, Institute of Veterinary and Agronomic Sciences, Batna1 University, 05000 Algeria.

**Corresponding Author:** D. Ouachem, Laboratory of Food Sciences, Institute of Veterinary and Agronomic Sciences, Batna University, 05000 Algeria. Email: oduniv@yahoo.fr

**How to cite this article:** Sahraoui, L., Ouachem, D. and Lombarkia, S. (2022). Effects of Adding Natural Blends of Kaolin and Spices on Broiler Performance, Meat and Bone Quality. *Agricultural Science Digest*. 42(2): 238-241. DOI: 10.18805/ag.DF-378.

**Submitted:** 14-07-2021 **Accepted:** 04-12-2021 **Online:** 25-12-2021

recommendations of the Cobb 500 strain guide published in 2018. Foods consist mainly of corn and soybeans, the chemical composition and nutritional characteristics of the starter (J1-J14) and growth (J15-J42) diets are respectively: (3000 Kcal ME/kg; 21% crude protein; 0.87% Ca; 0.43% total P and 1.17% lysine); (3150 Kcal ME/kg; 19% crude protein; 0.76% Ca; 0.38% total P and 1.02% digestible lysine). Garlic and ginger were mixed with kaolin and incorporated in experimental diets. The kaolin is characterized by a particle size containing 64% kaolinite, 25% micaceous materials and other clays, 8% quartz and 3% feldspar. Its chemical composition is shown in Table 1.

### Experimental design

This study was carried out from May 5 to June 15, 2019 at the experimental station of the Institute of Veterinary and Agronomic Sciences of Batna 1 University (Algeria) on a total of 192, 1-d-old Cobb 500 broiler chicks, randomly distributed through four treatments. Per treatment, 48 chicks were placed in four cages (04 repetitions per pen). Chicks

of different treatments were feed the following diets: (C: without addition; Kgar: addition of 3% of kaolin-garlic mixture; Kgin: addition of 3% of kaolin-ginger mixture and Kgg: addition of 3% kaolin-garlic-ginger mixture). At 42 days, the body weight and the feed efficiency were recorded. Then, two broilers per lot (08 / treatment) were weighed individually, slaughtered (according to religious ritual by deep and rapid incision of the neck with a knife, so as to cut the jugular vein and the carotid artery bilaterally and quickly, but leaving the spinal cord, so that the convulsions drain the blood from the body of the chicken), plucked and eviscerated. The carcasses were weighed and cut to assess the yield of ready-to-cook chicken, the yields of breast, thigh and drumstick. To determine the drip loss, the right breasts were weighed, packed in freezer bags and suspended by a hook for 4 days at 2°C. At the end of the chilling, the muscle was wiped with absorbent paper and reweighed to evaluate the water loss (Ouachem *et al.* 2011).

To appreciate the bone quality, the right tibias of slaughtered broilers have been stripped of soft tissue, weighed and their lengths measured using an electronic caliper, degreased with ether (24 h), dried (105°C/12 h), then weighed before being incinerated in a muffle furnace (550°C /14 h) and after cooling, the ashes were weighed (Jondreville *et al.* 2007). The bone density or tibia index is the assessment indicators of bone strength. Bone density was determined by:

$$\text{Seedor Index} = \frac{\text{Tibia weight (mg)}}{\text{Tibia length (mm)}} \quad (\text{Seedor } et al. 1991)$$

### Statistical analysis

The means of the various parameters studied were compared by a one-way analysis of variance (Anova) test, followed by pairwise comparisons between groups using Tukey's test. Differences at  $P < 0.05$  were considered significant. Statistical analysis was performed with SPSS version 23.0 for windows software.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Growth performances

The results of Table 2 show that adding mixtures significantly improved body weight ( $P = 0.02$ ) and feed efficiency ( $P < 0.05$ ). Compared to the control, this effect is more pronounced for the Kgar group (BW: + 4.5%, FCR: -5.5%). Overall, this is consistent with the results of some available references on the use of mixtures of clays and phytobiotics. This consistency corroborates the responses observed in broiler by Tzora *et al.* (2017) with a mixture of natural substances based on clay (attapulgitite), oregano and benzoic acid extracted from mulberry. According to these authors, addition of 4.5 g/kg of feed, significantly increases the slaughter weight (+8%) and improves FCR (-11.7%). This was attributed to the positive effect of polyphenols on the jejunal enterobacteria proliferation. Otherwise, Skoufos *et al.* (2016) report that the addition of a mixture composed of attapulgitite

and oregano powder, improves significantly the body weight and FCR (+8.2%, -6%) with fall in mortalities (-16.8%). This finding was explained by the buffering effect of clay (attapulgitite) and the antimicrobial activity of oregano leading to a notable decrease of the total ileo caecal coliforms and lactobacilli proliferation. Furthermore, in Aigamo duck, the use of increasing doses of mixtures based on clays (zeolite and vermiculite) and extracts of tropical fruits (pineapple and papaya), stimulates body weight (+3%) and stabilizes the feed efficiency in a variable range of 3 to 4.4% (Khambualai *et al.* 2009). The results previously published by Simon *et al.* (2011) support the findings of the present study and also show that the use of 0.5% of natural extract and clay materials optimizes the 7 days weight (+ 4%) and consequently promotes a best start, while greatly reducing mortality (-15%). Similarly, in laying hens, Ouachem and Lombarkia (2017) reported that the addition of 3% of natural preparation based on kaolin and phytobiotics (mild paprika, turmeric and olive leaves) improves the FCR (-2.4%) and egg mass (+3.1%). These improvements are attributed to the physicochemical and biological properties of the bioactive molecules that make up the mixtures.

### Carcass and cutting yields

Compared to the control, the addition of mixtures promotes a significantly better yield of ready-to-cook chicken in favor of Kgar group (+3.2%). Moreover, although not significant, the mixtures still stimulate the breast yield. This response doesn't differ from the results reported by Saçakli *et al.* (2015) who reported an increase in breast yield (+10%) and thigh (+4%) with 2% of a natural zeolite and yeasts mixture. However, under experimental conditions using 3% of garlic and ginger mixture, it was recorded by Olagoke *et al.* (2019) a significant improvement in the relative weight of the thigh (+13.5%) and drumstick (+4.6%). Likewise, improvements of carcass and cutting yield observed in the present study can be attributed to the clay introduced as reported by Ouachem *et al.* (2015b) with 3% of marl or kaolin. Such effects have been explained by the activity of phenolic compounds and certain ketone derivatives present in spices on the increase of serum proteins and globulins (Ogbuewu and Mbajorgu, 2020).

### Carcass and bone quality indicators

The observed decrease in abdominal fat was also found in chicken (-10%) with a mixture of sepiolite and natural beet extract (Uzunoğlu and Yalçın, 2019). Recently, Rastad (2020) recorded a significant decrease in abdominal fat with a mixture of probiotic and garlic powder (-41%) and on the other hand, the addition of garlic and ginger promotes higher protein utilization and improves the storability of meat (Adomeh and Eguaoje, 2019). With a 3% blend (50/50) of garlic and ginger, Olagoke *et al.* (2019) obtained significantly reduced fat in chickens (-57%). Moreover, the use of marl in the chicken diet has been accompanied by positive effects on the meat quality, in particular, its water holding capacity, its storage ability and a decrease in abdominal fat (Ouachem

**Table 1:** Chemical composition of kaolin (in per cent).

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	OM <sup>(1)</sup>	CEC <sup>(2)</sup>
49.30	33.00	2.50	0.24	0.08	0.40	2.90	0.1	0.48	14

<sup>(1)</sup>: Organic matter; <sup>(2)</sup>: Cation exchange capacity in milliequivalents per 100 g of soil.

**Table 2:** Effects of the addition of 3% of mixtures of natural substances based on kaolin associated with garlic, ginger and / or their combination in chickens.

Variables	C	Kgar	Kgin	Kgg	SEM	Value of P
<b>Growth performances</b>						
Feed conversion ratio	1.82 <sup>a</sup>	1.72 <sup>b</sup>	1.79 <sup>ab</sup>	1.77 <sup>ab</sup>	0.014	P<0.05
Body weight (g)	2372 <sup>b</sup>	2479 <sup>a</sup>	2430 <sup>ab</sup>	2417 <sup>ab</sup>	12.64	P=0.02
<b>Carcass and cutting yields (%)</b>						
BRC	70 <sup>b</sup>	72.25 <sup>a</sup>	71.12 <sup>ab</sup>	71.25 <sup>ab</sup>	0.27	P=0.02
Breast	20.5	22.26	22.45	21.76	0.17	No significant
Thigh	11.97	12.75	12.03	12.16	0.08	No significant
Drumstick	10.59	11.03	10.69	10.72	0.06	No significant
<b>Carcass and bone quality indicators</b>						
Abdominal fat (% BW)	1.05	0.88	0.86	0.95	0.029	No significant
Drip loss*	5.69 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	3.56 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	0.28	P<0.001
Bone ash %	47.83	49.61	49.48	49.07	0.28	No significant
Index of seedor (IS)	72.7	75.9	73.46	72.09	1.43	No significant

<sup>a, b</sup>Different superscripts in a line indicate significant differences between the groups, p<0.05; (BRC): Yield of broiler ready-to-cook; (\*): in % of breast weight.

*et al.* 2011). According to Reis *et al.* (2018), addition of thymol, carvacrol and cinnamic aldehyde also decreases the drip loss and improves the ability of meat preservation. These effects were explained by the enhanced digestive efficiency of proteins and lipids motivated by the potential effect of clays on gut health and nutrient absorption (Ouachem *et al.* 2015a). Nevertheless, referring to bibliographic data, it should be noted the lack of work on the effect of mixtures of clay and condiments on bone quality. Nonetheless, Travel *et al.* (2014) reported that the use of natural compost based on kaolin, sand and earthworms increases the egg-shell weight, while in broilers (Safaei Katouli *et al.* 2012), the addition of kaolin, bentonite or zeolite promotes better bone density. Also, Ouachem *et al.* (2017) showed that the addition of 3% marl or kaolin significantly increases the tibia index and its relative weight. These positive responses can be attributed to clays high cation exchange capacity as well as their richness of mineral content. It should be remembered that it has been shown that an excess of phosphorus tends to deteriorate the egg shell quality (Elliot and Edward, 1991), while clays interfere with the absorption of phosphorus (Zimmermann, 2014), in particular, the ability of the aluminum contained in clays to form a complex with excess phosphorus (Ma and Ryan, 2010), thereby improving the eggshell quality. In addition, these effects can be explained by the richness of clays in Al, Si, Zn, Na or K. These minerals are known to influence mineral metabolism and electrolytic balance, leading to bone development and maturity. This effect on bone is interesting because in fast growing broilers skeletal disorders are common so that bone development fails to keep pace with growth and

excess muscle mass and predisposes the bone to deformation and bone fragility, leading to degradation of bedding, a drop in performance and considerable carcass defects.

## CONCLUSION

The results of this trial suggest that the addition of 3% of natural preparations mixtures based on kaolin associated with condiments mixture provides positive effects to growth performance, cutting yield, carcass and bone qualities. The kaolin-garlic mixture, in particular, encourages poultry operators to reposition themselves for a possible ambitious application of the mixture investigated in poultry feed as a natural supply growth promoter and poultry welfare. Further other studies in intensive industrial breeding, in less favorable breeding conditions or even *in vitro* are however recommended to validate these results.

## REFERENCES

- Adomeh, E.E. and Eguaoje, A.S. (2019). Performance and organoleptic qualities of broiler chickens fed and raised with varying levels of ginger and garlic mixture. *Nigerian Journal of Animal Science*. 21(2): 310-318.
- Byoung, B.S., Sam, C.K., Young, H.J., Hyuk, J.L., Tae, H.C. and In-Hag, C. (2020). Egg production in laying hens receiving different forms of red ginseng and fermented red koji blend. *Indian Journal of Animal Research*. 54(10): 1304-1308.
- Cobb 500. Poulet de chair : Performances et recommandations nutritionnelles. Edition 2018 <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/a54d5b4201/Cobb500-Broiler-Performance-and-Nutrition-Supplement-French-v2.pdf>. consulted on 05/24/2021.

- Elliot, M.A. and Edwards, H.M. Jr. (1991). Comparison on the effects of synthetic and natural zeolite on laying hen and broiler chicken performance. *Poultry Science*. 70: 2115-2130.
- Hanieh, H., Narabara, K., Piao, M., Gerile, C., Abe, A. and Kondo, Y. (2010). Modulatory effects of two levels of dietary Alliums on immune responses. *Animal Science Journal*. 81: 673-680.
- Jondreville, C., Genthon, C., Bouguennec, A. and Nys, Y. (2007). Use of Triticale in Broiler Feed: Estimation of the Effectiveness of Plant Phytase in Improving Phosphorus Availability. 7<sup>th</sup> Poultry Research Days, Tours (France), March 28-29: 253-257.
- Khambualai, O., Ruttanavut, J., Kitabatake, M., Goto, H., Erikawa, T. and Yamauchi, K. (2009). Effects of dietary natural zeolite including plant extract on growth performance and intestinal histology in Aigamo ducks. *British Poultry Science*. 50(1): 123-130.
- Ma, J.F. and Ryan, P.R. (2010). Foreword: Understanding how plants cope with acid soils. *Functional Plant Biology*. 37(4): iii-vi.
- Mahboubi, M. (2019). *Zingiber officinale* Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity. *Clinical Phytoscience*. 5(1): 1-12.
- Olagoke, O.C., Akinwumi, A.O. and Emiola, I.A. (2019). Growth performance and carcass characteristics of broiler chicken fed diet supplemented with ginger (*Zingiber officinale*), garlic (*Allium sativum*), roselle (*Hibiscus sabdariffa*) and their combinations. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*. 6(5): 2348-3997.
- Ogbuewu, I.P. and Mbajiorgu, C.A. (2020). Supplementation and optimization of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome powder in growing rabbit diets. *Indian Journal of Animal Research*. 54(9): 1120-1124.
- Ouachem, D., Bakroune, F., Bensalem, A., Hadjar, A. and Abdessemed, F. (2011). Effects of Marl on Cutting Yield and Meat Quality of Broiler Chicken. 9<sup>th</sup> Poultry Research Days, Tours (France), March 29-30: 667-671.
- Ouachem, D., Kaboul, N., Meredef, A., Abdessemed, F. and Ahmed Gaid, Z. (2015a). Effects of clay on performance, moisture of droppings and health status of poultry: An overview. *World's Poultry Science Journal*. 71(1): 184-189.
- Ouachem, D., Kaboul, N. and Meredef, A. (2015b). The Marl and Kaolin in Broiler Diet: Effects on the Bone Weight and the Cutting Yield. 6<sup>th</sup> International Seminar on Tropical Animal Production, October 20-22, Yogyakarta, Indonesia.
- Ouachem, D. and Lombarkia, S. (2017). Effects of a Natural Preparation Based On Kaolin, Olive Leaf, Turmeric and Mild Paprika on the Performance of Laying Hens. 7<sup>th</sup> International Seminar on Tropical Animal Production, September 12-14, Yogyakarta, Indonesia.
- Ouachem, D., Meredef, A., Arfan, Z. and Bennoune, O. (2017). Improvement of the intestinal mucosa, the droppings, bones and growth of broiler chickens by marl. *Livestock Research for Rural Development*. 29(6). <http://www.lrrd.org/.../odun29121.html>.
- Prasad, R., Rose, M.K., Virmani, M., Garg, S.L., Puri, J.P. (2009). Effect of garlic (*Allium sativum*) supplementation on hematological parameters in chicken (*Gallus domesticus*). *Indian Journal of Animal Research*. 43(3): 157-162.
- Rastad, A. (2020). Effects of antibiotic replacement with garlic powder and probiotic on performance, carcass characteristics, oxidative enzymes and intestinal morphology of broiler chickens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 42(1): e48734.
- Reis, J. H., Gebert, R.R., Barreta, M., Baldissera, M.D., Dos Santos, I.D., Wagner, R. and Mendes, R.E. (2018). Effects of phytogetic feed additive based on thymol, carvacrol and cinnamic aldehyde on body weight, blood parameters and environmental bacteria in broilers chickens. *Microbial Pathogenesis*. 125: 168-176.
- Safaei Katouli, M., Boldaji, F., Dastar, B. and Hassani, S. (2012). Growth response and tibia bone characteristics in broilers fed diets containing kaolin, bentonite and zeolite. *Journal of Animal and Feed Science*. 21(2): 334-344.
- Saçaklı, P., Calik, A., Bayraktaroglu, A.G., Ergün, A., Şahan, Ö. and Özyaydin, S. (2015). Effect of clinoptilolite and/or phytase on broiler growth performance, carcass characteristics, intestinal histomorphology and tibia calcium and phosphorus levels. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 21(5): 729-737.
- Seedor, J. G., Quartuccio, H. A. and Thompson, D.D. (1991). The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. *Journal of Bone and Mineral Research*. 6(4): 339-346.
- Simon, E., Domitile, R. and Desbordes, P. (2011). Effect of the Use of Plant Extracts and Alumina Silicates in Conventional Broiler Farming on the Litter Quality, the Prevalence of Pododermatitis and Zootechnical Performance. 9<sup>th</sup> Poultry Research Days, Tours (France), pp: 226-230.
- Skoufos, I., Giannenas, I., Tontis, D., Bartzanas, T., Kittas, C., Panagakis, P. and Tzora, I. (2016). Effects of oregano essential oil and attapulgit on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in broilers. *South African Journal of Animal Science*. 46(1): 77-88.
- SPSS (2019). *Statistical Package for Social Sciences. Version 23 Procedure and Facilities for Research* Mc-Graw Hill Book Co. New York.
- Travel, A., Le François, M., Hallouis, J.M., Jurjanz, M., Lessire, M., Yves, N. and Jondreville, C. (2014). Effect of the nature and amount of soil ingested on the energy recovery of food and egg production. *The veterinary week N° 1585*.
- Tzora, A., Giannenas, I., Karamoutsios, A. and Papaioannou, N. (2017). Effects of oregano, attapulgit, benzoic acid and their blend on chicken performance, intestinal microbiology and intestinal morphology. *Journal of Poultry Science*. 54: 218-227.
- Uzunoğlu, K. and Yalçın, S. (2019). Effects of dietary supplementation of betaine and sepiolite on performance and intestinal health in broilers. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 66: 221-229.
- Zimmermann, O.F. (2014). A natural zeolite in growth and finishing feed of pigs. Master thesis in Animal Sciences, Santa Catarina University, 86p.

## Résumé

Les effets de l'addition de 3% de mélanges de substances naturelles à base d'argiles (marne ou kaolin) et de condiments (ail, gingembre et/ou leur mélange) sur les performances de croissance, le rendement de carcasse et la qualité de la viande, la qualité de l'os, l'état d'emplumement et certains indicateurs de bien-être ont été étudiés chez le poulet de chair au cours d'un cycle d'élevage de 42 jours. Les résultats de cet essai ont montré que les mélanges améliorent significativement le poids vif ( $P=0,02$ ) et l'efficacité alimentaire ( $P<0,05$ ), avec cependant un effet plus marqué chez les sujets du traitement kaolin-ail (PV : +4,5% ; IC : -5,5%). Par ailleurs, la même tendance a été enregistrée en faveur du même groupe pour le rendement en poulet prêt à cuire (+3,2% ;  $P=0,02$ ), avec toutefois de notables augmentations des rendements en filets et en cuisson. En termes de qualité, les mélanges testés ont impacté l'aptitude à la conservation de la viande par diminution significative de la perte en eau par exsudation de près de 50% et un dépôt de gras abdominal sensiblement moins important. Enfin, quoique non significatifs, les indicateurs de la qualité de l'os mesurés en fin d'expérience représentés par le taux de cendre et l'indice de Seedor étaient meilleurs chez les poulets des lots expérimentaux. A l'âge de 3 semaines, les mélanges testés favorisent un état d'emplumement meilleur. En termes d'activité du poulet, par rapport au témoin, les sujets des groupes marne-ail et kaolin-ail semblent plus actifs en passant plus de temps en état d'activité (acte alimentaire). Les résultats du test d'immobilité tonique (d'anxiété) étaient en faveur des groupes kaolin-gingembre, kaolin-ail- gingembre et marne-ail-gingembre, pour lesquels le temps de réaction était moins important, ce qui indique que les oiseaux étaient moins craintifs. Enfin, les résultats des mélanges à base de kaolin, mettent en évidence une diminution importante du taux d'humidité des fientes. Les résultats de la présente étude montrent l'intérêt de l'emploi de mélanges à base de kaolin et marne en association avec des condiments dans l'amélioration des performances, la qualité de la viande poulet et le bien-être du poulet.

**Mots clés :** Poulet, Performances, Rendement carcasse, Tibia, Bien-être, Fientes.

## Abstract

The effects of the addition of 3% of natural substances mixtures based on clays (marl or kaolin) and condiments (garlic, ginger and/or their mixture) on growth performance, carcass yield and meat quality, bone quality, feather state and some welfare indicators were studied in broilers during a 42-day rearing cycle. Results of this trial showed that the mixtures significantly improve live weight ( $P=0.02$ ) and feed efficiency ( $P<0.05$ ), with however a more marked effect in chickens from the kaolin-garlic treatment (BW: +4.5 %; FCR: -5.5%). Moreover, the same trend was recorded in favor of the same group for the yield of chicken ready to cook (+3.2%;  $P=0.02$ ), with, however, worthwhile increases in breast and thigh yields. In terms of quality, blends had an impact on the preservation capacity of the meat by a significant water loss reduction by nearly 50% and a significantly lower abdominal fat deposit. Finally, although not significant, bone quality indicators (ash rate and the Seedor index) measured at the end of the experiment were better in the chickens of experimental groups. At 3 weeks, the mixtures promote a better state of feathering. In terms of chicken activity, compared to the control, broilers of the marl-garlic and kaolin-garlic groups seem more active by devoting more time in a state of activity (feeding act). The results of the tonic immobility test (anxiety) were in favor of the kaolin-ginger, kaolin-garlic-ginger and marl-garlic-ginger groups, for which the reaction time was less important, indicating that broilers were less fearful. Finally, the results of the kaolin-based mixtures show a significant decrease in the moisture of dropping contents. Results of the present study exhibit the interest of the use of mixtures based on kaolin and marl in association with condiments in improving performance, meat quality and chicken welfare.

**Key-words:** Chicken, Performance, Carcass yield, Tibia, Droppings, Welfare.

## المخلص

من خلال تجربة استمرت 42 يومًا، تمت دراسة تأثير إضافة 3% من مزيج الطين الطبيعي (مارل أو كاولين) مع التوابل (الثوم والزنجبيل و / أو خليطهما) على أداء النمو، نسبة التصافي وجودة اللحوم و العظام ونمو الريش كما تمت دراسة بعض مؤشرات الرفاهية عند الدجاج اللحم. أظهرت نتائج هذه التجربة أن الخلائط حسنت بشكل كبير الوزن الحي ( $P=0,02$ ) ونسبة التحويل الغذائي ( $P<0,05$ ). بينما النتيجة المثلى كانت لصالح المجموعة المضاف لها مزيج الكاولين مع الثوم ( $P=0,02$ ; IC : -5,5% ; PV : +4,5%). كما تم تسجيل تحسينات ملحوظة في نسبة التصافي لنفس المجموعة السابقة ( $P=0,02$ ; +3,2%) مع زيادة ملحوظة في مردودية الصدر والفخذ. أما بالنسبة للجودة، فإن للخلائط المضافة تأثير على نسبة تخزين الماء في اللحوم، بحيث سجلت تحسن ملحوظ لفقدان العصارة وصل إلى غاية 50% مع نقصان معتبر لترسب الشحوم البطنية. أخيرًا، وإن لم يكن معنويًا، فإن مؤشرات جودة العظام التي تم قياسها في نهاية التجربة والمتمثلة في محتوى الرماد ومؤشر سيدور كانت أفضل في دجاج المجموعات التجريبية. و في عمر 3 أسابيع، تعزز المخاليط المختبرة حالة أفضل من الريش. من حيث نشاط الدجاج، بالمقارنة مع المجموعة الضابطة، تبدو مجموعات الثوم المارل والكاولين والثوم أكثر نشاطًا من خلال قضاء المزيد من الوقت في حالة نشاط (متعلق بالأكل). كانت نتائج اختبار القلق (الجمود منشط) لصالح مجموعات كاولين - زنجبيل، كاولين - ثوم - زنجبيل و مارل - ثوم - زنجبيل حيث كان وقت رد الفعل أقل، مما يشير إلى أن الطيور كانت أقل خوفًا. أخيرًا، أظهرت نتائج الخلائط التي أساسها الكاولين انخفاضًا كبيرًا في محتوى الرطوبة في الفضلات. تظهر نتائج الدراسة الحالية أهمية استخدام الخلائط التي تعتمد على الكاولين والمارل مع التوابل في تحسين الأداء وجودة لحوم الدجاج ورفاهية الدجاج.

**الكلمات المفتاحية :** الفروج، التحسين، نسبة التصافي، عظمة الساق، الفضلات، رفاهية