

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE - ALGER

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة - الجزائر

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

**THEME :**

*Impact des acides organiques sur l'utilisation digestive de l'aliment chez le poulet de chair*

Présenté par : **IZEMOUR Mouloud**  
**KERITA Brahim**  
**KEZZOULA Said**

Soutenu le : 26 JUIN 2013.

**Devant le jury :**

- **Président :** Melle AIN BAZIZ H. Professeur (ENSV-Alger)
- **Promotrice :** Mme TEMIM S. Professeur (ENSV-Alger)
- **Examinatrice :** Mme BERRAMA Z. Maitre assistante A (ENSV-Alger)
- **Examinatrice :** Mme BENALI N. Maitre assistante B (ENSV-Alger)

Année universitaire : 2012/2013

# Remerciements

*Nous remercions Dieu le tous puissant qui nous a guidé et éclairé notre chemin.*

*Nous adressons nos remerciements à :*

*Mme Temim Soraya notre promotrice en premier lieu qui a suggéré et dirigé ce travail, ainsi ses orientations et ses conseils durant tout le chemin, qu'elle trouve ici notre reconnaissance et notre gratitude.*

*Aux membres du jury d'avoir accepté l'examination de ce modeste travail.*

*Nos remerciements vont également au technicien de laboratoire de l'anatomie pathologique Mr Rachid KADDOUR et à Mr Fayçal le technicien de laboratoire de l'anatomie pour leurs aides durant notre travail dans le laboratoire.*

*Pour toute personne qui nous a aidé à achever ce travail,  
Merci.*

*Izemour, Kerita et Kezzoula*

# Dédicace

*Je dédie ce travail à mes parents, à tous ce qu'ont faits pour moi ; notre succès demeure de loin le fruit de leurs longues années de sacrifices et d'éducation.*

*Je dédie également ce travail:*

*A mes frères, ma seule sœur HANANE et à toute la famille.*

*A notre promotrice Mme Temim KESSACI Soraya qui nous a toujours accueilli à bras ouverts et à tout moment, de nous avoir assisté le long de la réalisation de ce travail.*

*A tous mes amis.*

*Izemour MOULOU*

# Dédicace

*Au nom de dieu le tout puissant et le très miséricordieux  
par la grâce du quel j'ai pu réaliser  
ce travail que je dedice à :*

*Mes parents pour leur soutien chaque jour, leur précieux  
conseils et leurs amours.*

*Mes frères et sœurs pour leurs encouragements  
permanents.*

*Mes cousin et mes cousines surtout abderazzak.*

*Toute la famille Kerita.*

*Pr TEMIM, que je remercie pour sa générosité, sa  
gentillesse et sa contribution au long et au large à ce  
travail .sincères remerciements.*

*Kerita BRAHIM*

# Dédicace

*Je dédie ce travail en signe de reconnaissance,  
A ceux auxquels je dois ma réussite. Aux personnes les plus  
chères dans ce monde, à mes parents, pour leur amour, leur  
dévouement et leur soutien tout au long de ces longues  
années d'étude. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma  
gratitude.*

*A mes frères : ABDERRAHIM, KHALIL*

*A mes sœurs.*

*A toute ma famille*

*A TOUJOURS mes amis de l'E.N.S.V*

*A mes collègues de TRINOME: MOULOU, BRAHIM*

*A toutes ses familles.*

*A ma chère promotrice Mme TEMIM SORAYA*

*kezzoula SAID*

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Etude bibliographique</b>	
<b>I. Généralités sur les acides organiques .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1. Définition.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. Nomenclature.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3. Propriétés physico-chimiques.....</b>	<b>5</b>
<i>I.3.1. L'état.....</i>	<i>5</i>
<i>I.3.2. Polarité et solubilité .....</i>	<i>5</i>
<i>I.3.3. L'acidité.....</i>	<i>5</i>
<i>I.3.4. La valeur de pKa des acides organiques .....</i>	<i>5</i>
<b>II. Fonctions générales des acides organiques .....</b>	<b>7</b>
<b>III. Modes d'action des acides organiques .....</b>	<b>7</b>
<b>IV. Sites d'action des acides organiques.....</b>	<b>10</b>
<b>IV.1. Au niveau de l'aliment.....</b>	<b>10</b>
<b>IV.2. Au niveau du tube digestif.....</b>	<b>10</b>
<i>IV.2.1. Effet bactéricide des acides organiques.....</i>	<i>10</i>
<i>IV.2.2. Effet des acides organiques sur la muqueuse intestinale.....</i>	<i>12</i>
<b>V. Utilisation des acides organiques en nutrition animale.....</b>	<b>13</b>
<b>V.1. Utilisation de l'acide citrique.....</b>	<b>14</b>
<b>V.2. utilisation de l'acide propionique.....</b>	<b>14</b>
<b>V.3. Utilisation de l'acide lactique .....</b>	<b>14</b>
<b>V.4. Utilisation de l'acide formique .....</b>	<b>15</b>
<b>VI. L'effet des acides organique sur la santé et les performances zootechniques du poulet de chair.....</b>	<b>16</b>

<b>Matériel et méthodes</b> .....	20
<b>I. Lieu, durée et période de l'essai</b> .....	20
<b>II. Animaux &amp; conditions d'élevage</b> .....	20
<b>III. Traitements expérimentaux</b> .....	21
<b>IV. Etude de la Morphométrie Intestinale</b> .....	22
<b>IV.1. Prélèvements</b> .....	22
<i>IV.1.1. Prélèvement des tissus à étudier</i> .....	22
<i>IV.1.2. Préfixation et fixation des tissus</i> .....	22
<i>IV.1.3. Phase de déshydratation et d'éclaircissement</i> .....	22
<i>IV.1.4. Inclusion et réalisation des coupes</i> .....	23
<i>IV.1.5. Fixation du tissu sur la lame et coloration</i> .....	23
<i>IV.1.6. Mesures des dimensions des villosités</i> .....	23
<b>V. Analyse Statistique</b> .....	24
<b>Résultats</b> .....	25
<b>I. Caractéristiques des animaux</b> .....	25
<b>II. Morphométrie de l'intestin</b> .....	26
<b>III. Dimensions des villosités</b> .....	28
<b>III.1. Hauteur des villosités</b> .....	28
<b>III.2. Largeur des villosités</b> .....	29
<b>III.3. Volume des villosités</b> .....	31
<b>Discussion générale</b> .....	33
<b>Conclusion</b> .....	36



L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet de l'addition d'acides organiques (AO : mélange d'acide formique, propionique et lactique) dans l'eau de boisson sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair.

Au total, 720 poussins chair d'1 jour (sexes mélangés), de souche ISA F15 Hubbard ont été répartis en deux groupes de poids moyen homogène ( $44,6 \pm 0,2$  g) comportant chacun 6 répétitions de 60 sujets. Le groupe témoin a reçu une eau de boisson sans additif, alors que le groupe AO a été abreuvé avec une eau de boisson supplémentée en AO administrés à la dose de 1,5ml/l d'eau et sur un mode de distribution discontinu (4 phase de 3 jours espacées de 10 10jours) tel préconisé par le fournisseur. A l'âge de 49jours, 6 poulets représentatifs de chaque lot ont été sacrifiés. Le poids et la longueur de leurs intestins ont été mesurés ainsi que les dimensions des villosités au niveau des portions proximales et distales duodénale, jéjunale et caecale.

Dans nos conditions, l'apport d'acides organiques dans l'eau de boisson n'a pas eu d'effet significatif sur le poids et la longueur des intestins des poulets. De manière similaire, au niveau histologique, les acides organiques utilisés n'ont pas modifié les dimensions des villosités intestinales sauf au niveau du duodénum distal et du cæcum proximal, où des baisses significatives de la hauteur et du volume des villosités ont été relevées (-21 et -65%, en moyenne, respectivement).

Ces effets limités des AO pourraient être liés à la voie (eau de boisson) ou au mode de distribution (discontinu) des additifs.

**Mots clés :** poulet de chair, acides organiques, morphométrie intestinales, villosités intestinales.



This study aimed to determine the effect of the addition of organic acids (AO: formic acid, propionic and lactic acid) in drinking water on intestinal histomorphometry of broiler.

A total of 720 one-day-old chicks (ISA strain F15) were divided into 2 experimental groups with homogeneous average body weight ( $44.6 \pm 0.2$  g) each with 6 replicates of 60 subjects. The control group received drinking water without additives, while the AO group was watered with drinking water supplemented with AO administered at a dose of 1.5 ml / l of water and with a discontinuous mode of distribution (4 periods of 3 days with an interval of 10 days) as recommended by the supplier. At the age of 49 d, 6 representing broilers of each group were sacrificed. The weight and length of their intestines were measured as well as the dimensions of the villi at the proximal and distal portions of duodenum, jejunum and caecum.

In our conditions, the addition of organic acids in drinking water had no significant effect on the weight and length of the intestines of chickens. Similarly, histologically, the used organic acids did not change the size of the intestinal villi except in the distal duodenum and proximal cecum, where significant decreases in height and volume of villi were identified (-21% and -65% on average, respectively).

These limited effects of AO may be related to the way (drinking water) or the mode of distribution (discontinuous) of the additives.

**Keywords:** Broiler, organic acids, intestinal morphometry, intestinal villi.



الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الاثر من اضافة الاحماض العضوية (خليط : حمض النمل, حمض البر وبنويك وحمض اللبن ) في ماء الشرب على البنية النسيجية المعوية للدجاج اللاحم.

720 صوص (كنكوت) عمره يوم واحد جنس مختلط فصيلة ISA F15 Hubbard موزعة على مجموعتين بمتوسط وزن  $0,2 \pm 6,44$  . تحتوي كل مجموعة على 60 صوص.

مجموعة الشاهد تلقت ماء خالي من اي مضاف على خلاف المجموعة الثانية التي تلقت ماء مضاف اليه احماض عضوية بتركيز 1,5 مل/ل ماء مقدمة بطريقة متقطعة (اربع مراحل تدوم كل مرحلة ثلاثة ايام وبين كل مرحلتين 10 ايام حسب ما وضحه الموزع).

في يوم 6,49 دجاجات من كل مجموعة ذبحت , تم قياس طول ووزن الامعاء وابعاد الزغبات المعوية في كل من العفج, الصائم والاعور.

في هذه التجربة , اضافة الاحماض العضوية في ماء الشرب لم يكن له تاثير معبر على الوزن وطول امعاء الدجاج . نفس الشيء بالنسبة للنسيج المعوي الاحماض العضوية المستعملة لم تغير ابعاد الزغبات المعوية ما عدا العفج السفلي والاعور العلوي اين نجد نقص معتبر في ارتفاع وحجم الزغبات المعوية ( 21% , 65% على التوالي).

هذا التأثير المحدود للاحماض العضوية يمكن ارجاعه الى طريقة (ماء الشرب) واسلوب التوزيع المتقطع للمضاف العضوي.

**الكلمات المفتاح :** الدجاج اللاحم , الاحماض العضوية , البنية النسيجية المعوية , الزغبات المعوية .

*Introduction*  
*Générale*



L'aviiculture nationale a connu ces dernières années un essor considérable grâce à son intensification. Néanmoins, cette dernière soumet les poulets à des conditions contraignantes en termes de densité, de microbisme et d'alimentation particulière, obligeant les producteurs à avoir recours à l'emploi d'additifs alimentaires pour assurer une bonne productivité et un état sanitaire optimal. En effet, ce système d'élevage présente un risque de propagation assez rapide de maladies infectieuses au sein de l'élevage, qu'elles soient d'origine virale, bactérienne ou parasitaire.

Ces pathologies étaient par le passé, largement endiguées au moyen de suppléments prophylactiques avec des antibiotiques promoteurs de croissance. Ces derniers, administrés à des doses subthérapeutiques, exerçaient un effet bénéfique sur les performances de l'élevage avicole, de par leur action régulatrice positive sur la microflore intestinale. Cette action consiste en une réduction des microorganismes pathogènes tels que *Clostridium perfringens*, *Salmonella* ou *E. coli* et en une stimulation des micro-organismes bénéfiques tels ceux du groupe des lactobacilles.

En Europe, depuis l'interdiction des antibiotiques comme additifs alimentaires, la fréquence des problèmes intestinaux, tels que la diarrhée et l'entérite nécrosante chez les poulets, a régulièrement augmenté induisant une altération de la productivité. De telles conséquences sont aussi prévisibles dans nos élevages avicoles suite au retrait des antibiotiques facteurs de croissance en alimentation animale (décision ministérielle n° 472 du 24 Décembre 2006).

Afin de proposer à l'industrie avicole des alternatives non thérapeutiques d'optimisation de ses activités, plusieurs concepts, fondés sur les probiotiques, les prébiotiques, les acides organiques et les huiles essentielles, ont été formulés (WENK, 2006).

Parmi ces alternatives, les acides organiques, tels que l'acide citrique, propionique, fumarique, lactique et formique, semblent être intéressants et constituent un composant important des nouvelles formules alimentaires sans antibiotiques (HERNANDEZ et al. 2006).

De par leur pouvoir bactéricide, ces substances acidifiantes ont longtemps été utilisées pour préserver les aliments des contaminations microbiennes et fongiques (CANIBE et al, 2001). Leur usage en alimentation animale a été surtout étudié en production porcine où ils sont incorporés avec succès depuis une vingtaine d'année.



Chez le poulet, bien que moins de recherches n'aient été faites, les acides organiques semblent aussi prouver leur efficacité. Leurs principaux effets passeraient par un impact négatif sur la concentration intraluminaire des bactéries coliformes et des autres bactéries sensibles au pH acide, tels que *Campylobacter* et les *Salmonelles*, souvent incriminées dans les désordres digestifs (BYRD et al,2001).

Outre leur activité antimicrobienne, les acides organiques induiraient également une baisse du pH des digesta, un accroissement de la sécrétion pancréatique et auraient un effet trophique sur la muqueuse intestinale (DIBNER et BUTTIN,2002). Toutefois, les données disponibles dans la littérature restent variables selon les types d'acides organiques utilisés, les doses employées et les conditions d'élevage des poulets.

En Algérie, l'intérêt de l'emploi des acides organiques chez la volaille est, à notre connaissance, peu exploré. Aussi, la présente étude a été conduite pour évaluer, dans nos conditions d'élevage, l'effet d'une supplémentation en acides organiques dans l'eau de boisson, sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair. L'impact de cette supplémentation sur les performances zootechniques, la qualité de la litière et la flore coliforme a fait l'objet d'un premier travail réalisé dans le cadre du magister de GHAOUI (2011).

**La première partie de ce mémoire** est consacrée à une étude bibliographique résumant les principales données relatives aux propriétés physico-chimiques, aux modes et sites d'action des acides organiques et à leurs effets sur la physiologie du poulet de chair.

**La deuxième partie du mémoire** présente notre étude expérimentale. Les méthodologies et protocoles utilisés seront d'abord détaillés, puis les principaux résultats observés seront décrits. Notre discussion englobera l'ensemble des effets de l'addition des acides organiques sur la croissance et l'histomorphométrie intestinale du poulet.

*Etude*  
*bibliographique*



## I. Généralités sur les acides organiques

### I.1. Définition

Un acide organique est un composé organique présentant des propriétés acides, c'est-à-dire capable de libérer un cation (ion chargé positivement)  $H^+$ , ou  $H_3O^+$  en milieu aqueux (Figure 1). Les acides organiques (AO) forment une classe de composés, comprenant les acides aminés et les acides gras. Les AO à masse moléculaire faible, tels que l'acide formique ou l'acide lactique sont miscibles dans l'eau, mais ceux avec une masse moléculaire élevée (composés aromatiques, composés à longue chaîne carbonée), comme l'acide benzoïque ne sont que très peu solubles dans l'eau. Au contraire, la plupart des acides organiques sont très solubles dans les solvants organiques, avec néanmoins quelques exceptions, dans le cas de la présence de substituant affectant la polarité du composé.



**Figure1.** Structure générale d'un acide organique et sa fonction carboxylique (R : radical)

Le terme acide carboxylique désigne une molécule comprenant un groupement carboxyle ( $-C(OOH)$ ). Ce sont des acides et leurs bases conjuguées sont appelées ions carboxylates. En chimie organique, un groupe carboxyle est un groupe fonctionnel composé d'un atome de carbone, lié par une double liaison à un atome d'oxygène et lié par une liaison simple à un groupe hydroxyle :  $-COOH$ . Les acides carboxyliques ont pour formule brute  $C_nH_{2n}O_2$  (source internet 1). La fonction carboxylique est toujours située en fin de chaîne carbonée. L'ajout d'un groupement carboxyle à un composé organique est une carboxylation, l'élimination de ce même groupement est une décarboxylation.

Les ions **carboxylates** sont les bases conjuguées des acides carboxyliques. Ces bases sont en général plutôt faibles. La charge négative sur la molécule est délocalisée sur les deux atomes d'oxygène du groupe carboxyle par mésomérie, ce qui explique la stabilité relative de ce type de molécules (source internet 1).



## I.2.Nomenclature

- **Nomenclature Systématique**

Si l'atome de carbone du groupe carboxyle COOH est inclus dans la chaîne principale de l'hydrocarbure correspondant (ayant le même nombre d'atomes de carbone, avec CH<sub>3</sub> à la place de COOH) on fait suivre le nom de cet hydrocarbure du *suffixe* (-oïque) (dioïque pour un diacide), et en le faisant précéder du mot (acide). Dans le cas contraire (en série cyclique par exemple), on fait suivre le mot (acide) du nom de l'hydrocarbure auquel on ajoute le *suffixe* (-carboxylique).

- **Nomenclature Usuelle :**

Comme de nombreux composés organiques, les acides carboxyliques ont des noms usuels fréquemment utilisés dans la littérature et rappelant la source depuis laquelle ils furent d'abord isolés. Toutefois, une liste (Tableau 1) a été définie par l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) (source internet 1).

**Tableau1:** nomenclature de quelques acides carboxyliques et leurs points de congélation et d'ébullition.

Formule	Nom commun	Nom IUPAC	Point de congélation	Point d'ébullition
HCO <sub>2</sub> H	Acide formique	Acide méthanoïque	8,4°C	101°C
CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide acétique	Acide éthanoïque	16,6°C	108°C
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide propionique	Acide propanoïque	-20,8°C	141°C
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide butyrique	Acide butanoïque	-5,5°C	164°C
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide valérique	Acide pentanoïque	-34,5°C	186°C
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide caproïque	Acide hexanoïque	-4,0°C	205°C
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide énanthique	Acide heptanoïque	-7,5°C	223°C
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide caprylique	Acide octanoïque	16,3°C	239°C
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CO <sub>2</sub> H	Acide pelargonique	Acide nonanoïque	12,0°C	253°C



### I.3. Propriétés physico-chimiques

#### I.3.1. L'état

Les acides carboxyliques sont liquides dans les conditions normales tant que leur chaîne carbonée présente moins de 8 atomes de carbone. Ils sont solides au-delà. Les acides de faible masse moléculaire possèdent une forte odeur ; par exemple l'acide butanoïque est responsable de l'odeur du beurre rance.

#### I.3.2. Polarité et solubilité

La fonction acide carboxylique est fortement polaire et est à la fois donneur et accepteur de liaisons hydrogène. Ceci permet la création de liaisons hydrogène par exemple avec un solvant polaire comme l'eau, l'alcool, et d'autres acides carboxyliques (Figure 2).

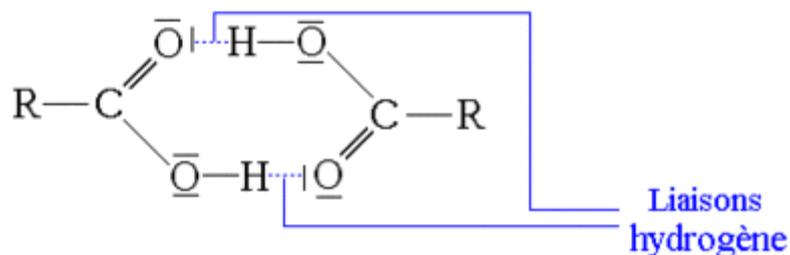
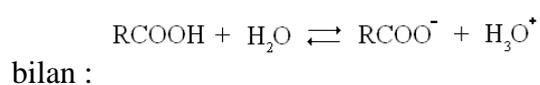


Figure 2. Polarité des acides organiques (source internet1)

De part cette propriété, les acides carboxyliques de petite taille (jusqu'à l'acide butanoïque) sont complètement solubles dans l'eau. Les molécules d'acides sont aussi capables de former des dimères stables par pont hydrogène, ce qui permet d'expliquer pourquoi leur température d'ébullition est plus élevée que celle des alcools correspondants (source internet 1).

#### I.3.3. L'acidité

En solution dans l'eau, l'acide se dissocie partiellement en ion carboxylate, selon l'équation-





### *1.3.4. La valeur de pKa des acides organiques*

Ce paramètre correspond au pH auquel il y a équilibre entre les formes dissociées ( $\text{COO}^-$ ) et non dissociées ( $\text{COOH}$ ) (Tableau 2) : plus le pH est inférieur au pKa, plus l'acide est sous forme non dissociée. Or, c'est cette forme non dissociée qui a un effet spécifique (en plus de l'effet acidifiant) sur les micro-organismes.

**Tableau 2.** Point de pka pour chaque acide organique.

Les acides organiques	Valeurs de pKa
Acide formique	3,75
Acide acétique	4,75
Acide propionique	4,87
Acide tartrique	2,98 /4,37
Acide lactique	3,08
Acide citrique	3,14/5,95/6,39
Acide malique	3,40/5 ,11
Acide fumarique	3,03/4,53
Acide sorbique	4,7

### *En bref...*

Les acides organiques sont des acides faibles qui ne se dissocient pas complètement dans l'eau, tandis que les plus forts acides minéraux le font. Le faible poids moléculaire des acides organiques tels que l'acide formique et l'acide lactique les rend miscibles dans l'eau, mais le poids moléculaire élevé des acides organiques tels que l'acide benzoïque les rend insolubles dans leur forme moléculaire (neutre) (PATANEN et al, 1999 cité par GHAOUI 2011). Ainsi, La plupart des acides organiques sont très solubles dans solvants organiques. Au laboratoire, les acides organiques sont préparés grâce à des réactions chimiques équilibrées pour obtenir des molécules stables et homogènes.



## II. Fonctions générales des acides organiques

Les acides organiques ont plusieurs rôles, tels que :

- Maintenir au niveau de l'estomac le PH à une valeur normale, assurant ainsi l'activation correcte et le fonctionnement des enzymes protéolytiques.
- Vue leurs actions sur l'aliment par l'amélioration de gout, les acides organiques stimulent la consommation d'aliment.
- Inhiber la croissance des bactéries pathogènes.
- Ramener aux bactéries une autre source de l'énergie ce qui diminue la compétition microbienne avec l'hôte pour les nutriments.
- Augmenter les sécrétions pancréatiques et le mucus gastro-intestinal.
- réduire la production de l'ammoniaque et les autres métabolites dépresseurs de croissance.
- Diminuer l'incidence des infections sub-cliniques.
- Favoriser l'absorption des minéraux par la création d'un PH idéal à l'intérieur de l'intestin (AVINASH, 2005).
- Stimuler la digestion stomacale des protéines.

## III. Modes d'action des acides organiques

Le fonctionnement des acides organiques est lié de l'activité antibactérienne de ces acides et de leur caractère acidifiant, tel illustré dans les revues de CHERRINGTON et al. (1991) et celle de RUSSELL(1992). Ainsi les activités antibactériennes des acides organiques sont en relation directe avec leur capacité à réduire le pH dans la cellule bactérienne, donc à leur capacité à se dissocier, qui est déterminée par la valeur de leur  $pK_a$ , et à la valeur du pH du milieu environnant. Cette activité augmente lorsque la valeur du pH intracellulaire baisse. En effet les acides ont un double effet antimicrobien : un effet via l'acidification qu'ils engendrent, et un effet spécifique à l'acide utilisé.

**Concernant l'effet acidifiant**, l'ajout d'acide provoque une diminution du pH externe qui va entraîner une baisse du pH interne des micro-organismes et ainsi inhiber leur développement. Mais, tous les microorganismes n'ont pas la même sensibilité au pH. Tout d'abord, le pH interne varie d'un micro-organisme à l'autre (6,5 pour les acidophiles à 9 pour certains alcalophiles). Ensuite, certains comme les bactéries fermentaires par exemple



supportent de plus grandes variations de pH interne que d'autres. Enfin, une variation du pH externe d'une unité peut engendrer des variations de 0,1 à 1 unité de pH interne selon le micro-organisme. De ce fait, chaque micro-organisme est caractérisé par un seuil de pH en dessous duquel il ne se développe pas (Tableau 3) (Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine AFMVP 2002).

**Tableau 3.** pH minimum de croissance de quelques germes (d'après AFMVP, 2002).

Micro-organismes	pH minimum
<i>Campylobacter jejuni</i>	4,9
<i>Pseudomonas</i>	5,6
<i>Salmonella</i>	4
<i>E. coli</i> pathogène	4,4
<i>Enterococcus faecalis</i>	4,4
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	5,2
<i>Clostridium perfringens</i>	5
<i>Lactobacillus</i>	3,8
<i>Listeria monocytogenes</i>	4,3
Levures en général	2,4
Moisissures en général	2

PIT et KIRCHGESSEN (1989) ont montré que le mode d'action bactéricide des acides organiques n'est pas seulement dû à un abaissement du pH mais aussi et surtout par un effet direct de l'anion acide. Les acides organiques contrairement aux acides inorganiques (ou acides minéraux) peuvent traverser la paroi cellulaire de la bactérie et plus spécialement les acides gras à chaîne courte. A l'intérieur de la bactérie où le pH est neutre, l'acide se dissocie en libérant des H<sup>+</sup> et des anions RCOO<sup>-</sup>. Pour survivre, la bactérie doit expulser une très grande dépense d'énergie qui peut aller jusqu'à la mort de la bactérie. L'anion acide a par ailleurs un effet inhibiteur sur la synthèse de l'ADN et donc de la réplication qui précède la multiplication bactérienne (PIT et KIRCHGESSEN 1989). Les principales bactéries digestives pathogènes, *Colibacilles* entre autres, supportent mal les milieux acides alors qu'elles prolifèrent en milieu neutre ou légèrement basique. Les bactéries bénéfiques, comme les lactobacilles, au contraire, préfèrent un environnement légèrement acide.



L'acidification influe directement sur la croissance des microorganismes, dans le sens où chaque type de bactérie possède une plage de pH où son développement est possible avec une valeur optimale, en principe au milieu de cette plage. Face à cette réalité, on peut artificiellement favoriser telle souche ou défavoriser telle autre (PIT et KIRCHGESSEN 1989).

**L'action anti bactérienne des acides organiques** dépend de la sensibilité de la bactérie au pH (*E .coli*, *Salmonella spp*, *Listéria monocytogene*, *clostridium perfringens*), ou de sa non sensibilité au pH (*Bifidobactéria*, *Lactobacillus spp*). L'acide organique en son état indissocié ; non ionisé est hautement lipophile. Il pénètre la membrane semi-perméable de la cellule bactérienne et rejoint le cytoplasme .au pH interne de la bactérie (environ 7.0 de pH), l'acide organique se dissocie et libère des ions d'hydrogènes ( $H^+$ )et des anions ( $R-coo^-$ ). Ainsi, le pH du cytoplasme bactérien baisse, ce qui augmente les menaces sur la bactérie (AVINASH, 2005).

Une pompe spécifique  $H^+$ -ATP ase s'active afin de rétablir le pH physiologique du cytoplasme bactérien. Ce transport actif épuise l'énergie et bloque la croissance bactérienne il peut même causer la lyse bactérienne. l'anion  $RCOO^-$  produit , lors de la dissociation peut perturber la synthèse de l'ADN et des protéines bactériennes et soumet ainsi la bactérie ,à un stress qui la rend incapable de se répliquer rapidement .par ailleurs ,la baisse de pH inhibe certaines activités enzymatiques , comme celle de la décarboxylation et celle de la catalase ,avec pour conséquence , l'inhibition de la glycolyse ; privant ainsi la bactérie de l'énergie nécessaire au transport actif et interfère avec le signal de la traduction enzymatique , la partie anionique ( $A^-$ ) de l'acide qui demeure libre à l'intérieur de la cellule bactérienne est toxique , elle provoque chez la bactérie une crise anion-osmotique (AVINASH,2005).

**Ainsi, l'effet antibactérien des acides organiques se base sur :**

- Perturbation de la membrane cellulaire de la bactérie.
- Modification du pH interne de la cellule bactérienne.
- Inhibition des fonctions métaboliques fondamentales de la cellule bactérienne.
- Accumulation des anions toxiques.



## IV. Sites d'action des acides organiques

### IV.1. Au niveau de l'aliment

D'un part, l'utilisation des acides organiques est recommandée pour baisser le pH d'un aliment, en vue de sa conservation, et donc protéger la santé des animaux. Sur l'aliment, les acides organiques inhibent ou bien limitent le développement des bactéries entéropathogènes sensibles au pH bas, comme il a été montré par plusieurs chercheurs (MURRAY et al, 2008). D'autre part, les acides organiques sont utilisés pour rendre appétant un aliment refusé par les animaux, en améliorant son goût ou son odeur(Christine CHENE 2002). En effet, la partie non dissociée des acides organiques peut traverser la paroi cellulaire des bactéries, et perturber la physiologie de certains types de bactéries sensibles au pH, ces bactéries ne peuvent pas tolérer un large gradient de pH interne et externe. Parmi ces bactéries, on peut citer: *Escherichia coli*, *salmonella spp*, *clostridium perfringens*, *listeria monocytogenes*, *campylobacter* (PATANEN et al 1999).

### IV.2. Au niveau du tube digestif

#### IV.2.1. Effet bactéricide des acides organiques

Des mélanges de divers acides organiques ont *in vivo* entraîné un changement de la microflore intestinale avec des populations plus homogènes et distinctes, ainsi qu'une augmentation de la colonisation de l'iléon des poussins par le lactobacille (NAVA et al, 2009).

Il a été montré que l'acide citrique produisait chez les poulets des résultats similaires à l'antibiotique promoteur de croissance, l'avilamycine (CHOWDHURY et al, 2009). Il a été constaté que le butyrate, acide gras à chaîne courte, régulait négativement et de manière ciblée l'expression des gènes d'invasion dans les salmonelles. Il pourrait donc être un composé important dans l'amélioration de la sécurité alimentaire des produits avicoles (VAN IMMERSSEEL et al, 2006).

Récemment, l'acide benzoïque a été identifié comme étant un additif alimentaire efficace pour améliorer les performances de croissance, la digestibilité des nutriments et l'équilibre azoté, ainsi que pour réduire le nombre de bactéries Gram<sup>-</sup> dans le tractus gastro-intestinal des porcelets (KLUGE et al, 2006; GUGGENBUHL et al, 2007). L'acide benzoïque a démontré *in vitro* une importante activité antimicrobienne face aux bactéries isolées de



l'intestin du porcelet. Ces bactéries sont représentatives des micro-organismes de la flore digestive indigène. La détermination de la CMI (concentration minimale inhibitrice) *in vitro* a montré que l'acide benzoïque avait l'effet le plus prononcé sur les bactéries potentiellement pathogènes, tandis que les lactobacilles semblaient moins sensibles.

Chez la volaille, l'acide benzoïque aurait plutôt des effets négatifs. En effet, il a été observé un net effet cytostatique et une détérioration de l'indice de consommation lorsque ce composé était administré aux poulets (JOZE- FIAK et al, 2007). Les bactéries conformes dans le cæcum étaient en revanche en baisse, ce qui indique que l'importante activité antimicrobienne de l'acide benzoïque pourrait également exercer un effet bénéfique sur la santé intestinale de la volaille. Ainsi, il a été rapporté par (RICKE (1998) que les acides organiques peuvent affecter l'intégrité de la membrane cellulaire microbienne ou macromolécules cellulaires ou interférer avec des éléments nutritifs, le transport et le métabolisme énergétique entraînant un effet bactéricide.

GUNAL et al (2006) ont également rapporté que l'utilisation d'un mélange d'acide organique a significativement diminué la flore totale bactérienne à Gram négatif et le nombre de bactéries dans le tube digestif des poulets de chair. En outre, ABDEL-FATTAH et al (2008) ont trouvé que la supplémentation en acides organiques a des propriétés réductrices dans divers troubles gastro-intestinaux chez le poulet de chair. La baisse pH est favorable à la croissance des bactéries favorables simultanément entrave la croissance de bactéries pathogènes qui se développent à un pH relativement élevé (ABDEL-FATTAH et al 2008).

Certains acides organiques (acide formique) ont un effet bactériostatique c'est-à-dire, capable d'inhiber les pathogènes dans le tube digestif. D'autres (exemple : l'acide lactique), ont un effet bactéricide : en un mot, ils peuvent pénétrer la bactérie et la tuer. Ceci confirme (pour l'acide lactique par exemple), tout le travail fait par la flore de barrière qui notamment chez le porc est une flore lactobacillaire productrice d'acide lactique. L'acidité proprement dite se trouve tamponnée dans le duodénum par les sécrétions pancréatiques et biliaires après un premier effet tampon du notamment aux protéines et les produits de leur dégradation (peptides et acides aminés libres). Reste donc disponible au niveau iléal, l'anion de l'acide (le corps de l'acide proprement dit) qui va exercer selon sa nature, son pouvoir inhibiteur sur les bactéries pathogènes jusqu'à ce qu'il soit totalement absorbé, soit par la muqueuse intestinale, soit par les bactéries dans lesquelles il pénètre. En définitive, moins un acide organique est absorbable par la muqueuse intestinale, plus il sera disponible pour inhiber ou tuer les bactéries pathogènes et inversement (Association française de médecine vétérinaire porcine ; 2002).



#### *IV.2.2. Effet des acides organiques sur la muqueuse intestinale*

A notre connaissance, peu de travaux ont examiné l'impact des acides organiques (AO) sur les villosités intestinales chez les poulets. Les rares études disponibles semblent indiquer des modifications de la structure histologique de l'intestin qui n'est pas toujours corrélée à une augmentation des performances de croissance.

D'après VIOLA ET VIEIRA (2007), l'ajout d'acide citrique (0,2g/kg) ou d'acide malique (3g/kg d'aliment) a un effet positif sur la morphométrie intestinale des poulets mais qui ne s'est pas traduit par de meilleures performances zootechniques.

Dans l'étude de KUM et al. (2010), la supplémentation alimentaire du poulet de chair avec un mélange d'acides organiques (acides butyrique, lactique, formique et citrique) associé à des huiles essentielles a fortement accru la surface d'absorption intestinale en favorisant la croissance des villosités en hauteur et en largeur aussi bien à l'âge de 21 et de 42 jours.

ADIL *et al.* (2010) ont quant à eux examiné l'effet de l'addition de différents acides organiques (acides butyrique, fumarique et lactique) administrés seuls (et pas en mélange) à la dose de 2 ou 3% de l'aliment du poulet. Les résultats obtenus dans leur étude indiquent une augmentation significative de la taille des villosités de l'intestin grêle induite par les AO, excepté au niveau iléal où la variation est non significative. Ces auteurs concluent que la supplémentation en acides organiques a un impact positif sur la surface d'absorption intestinale, et ce quelque soit le type ou la dose d'acide utilisé. Ces effets positifs seraient attribués au fait que les AO réduisent la croissance de nombreuses bactéries intestinales (pathogènes ou pas) ce qui amoindrit la colonisation intestinale et les processus infectieux, et à terme, abaisse les réactions inflammatoires au niveau de la muqueuse intestinale et augmente alors la hauteur de villosités et les fonctions de sécrétion, de digestion et d'absorption des nutriments par la muqueuse (ADIL *et al.*, 2010).

#### *En bref, les résultats de la littérature indiquent que :*

- L'effet des différents acides organiques sur les bactéries intestinales *in-vivo* varie beaucoup et dépendent de la dose de l'acide organique correspondant.
- La majorité des acides organiques inhibe la croissance des bactéries coliformes dans la plus part des cas dans la partie proximale du tractus digestif.
- L'impact des AO sur la morphométrie intestinale reste peu exploré.



## V. Utilisation des acides organiques en nutrition animale

Les acides organiques ont été surtout utilisés avec succès dans la production porcine depuis 25ans. Bien que moins de recherches n'aient été faites chez la volaille, les acides organiques ont également prouvé leur efficacité dans la production avicole.

Les acides organiques (C1-C7) sont largement répandus dans la nature comme des constituants normaux de plantes ou tissus d'origine animale. Ils sont également formés lors de la fermentation microbienne des hydrates de carbone principalement dans le gros intestin.

Les acides organiques ajoutés aux aliments doivent être protégés pour éviter leur dissociation dans les milieux de culture et dans l'intestin (segments où le pH est le plus élevé), ils peuvent ainsi aller loin dans le tractus gastro-intestinal, là où la majeure partie de la population bactérienne est située.

De l'utilisation des acides organiques chez les volailles, on peut s'attendre à une amélioration des performances similaire ou supérieur à celle des antibiotiques facteurs de croissance, sans problème de santé publique. Ils peuvent également réduire le nombre de porteurs pour les espèces *Salmonella* et *Campylobacter* (DIBNER et al, 2002). Néanmoins, les résultats obtenus diffèrent selon les additifs utilisés (Tableau4).

**Tableau 4.** Hiérarchie de l'efficacité de certains acides organiques (GHAOUI 2011)

Acides	Efficacité optimale	Efficacité moyenne	Efficacité neutre
Acide formique	Levures et bactéries ( <i>E. Coli</i> , <i>Salmonelles</i> )	Bactéries acido-lactique et moisissures	/
Acide acétique	Plusieurs bactéries <i>spp</i>	Levures et moisissures	/
Acide propionique	Moisissures	Bactéries	Levures
Acide butyrique	Bactéries( <i>E. Coli</i> et <i>Salmonelles</i> )	/	/
Acide lactique	Bactéries	/	Levures et moisissures
Acide citrique	/	Bactéries	/
Acide malique	Quelques bactéries et levures	/	/
Acide sorbique	Levures, moisissures	/	/



### V.1. Utilisation de l'acide citrique

Le peu de littérature décrivant les effets de l'acide citrique sur l'écologie du tractus digestif, indique que cet acide n'a pratiquement pas d'effet sur les paramètres mesurés au niveau gastro-intestinal. Les résultats concernant l'influence de l'utilisation de l'acide citrique dans la ration du poulet de chair sur le profil microbien sont très limités.

Des études réalisées chez le porc montrent que l'utilisation d'une solution de 1,5% d'acide citrique pour le contrôle de la diète n'a pas significativement affecté le pH, la concentration en acides volatiles et non-volatiles ou la microflore (anaérobiques, *Lactobacilles*, *E. Coli*) dans le contenu de l'estomac, jéjunum, cæcum, ou même l'intestin grêle (RISLEY et al.1991, 1992,1993).

Chez la volaille, l'addition de 2% d'acide citrique conduit à une augmentation du nombre de coliforme dans l'intestin grêle (VOGT et al.1981). WALDROUP et al (1995) ont étudié l'utilisation de l'acide citrique à des concentrations supérieures 1% et sa relation avec la colonisation caecale par *Salmonella* et *typhimurium* et la contamination de la carcasse utilisant un challenge oral. Le nombre des poulets colonisés par *Salmonellatyphimurium* et supplémentées en acide citrique était supérieur comparativement au témoin, ce qui indique que l'acide citrique ne devrait pas avoir un effet préventif contre la colonisation des Salmonelles de cæcum.

### V.2.Utilisation de l'acide propionique

Une étude menée par MATHEW et al.(1991) sur des porcelets à iléum canulé, nourris de 4 à 6 semaines d'âge avec un produit contenant 53,5% d'acide propionique a permis de mesurer des densités basses d'*E. Coli* au niveau de l'ilium proximal. Néanmoins aucun effet sur le pH ou sur le taux de lactobacilles n'a été détecté. Chez le poulet de chair l'utilisation de 0,4% et 0,8% d'acide propionique a diminué le nombre de coliforme et *E. Coli* dans l'intestin grêle sans aucun effet sur le pH intestinal (IZAT et al.1990).

### V.3. Utilisation de l'acide lactique

THOMLINSON et LAWRENCE (1981) ont mesuré un pH bas quand 1% d'acide lactique a été rajouté dans l'eau de boisson distribuée aux porcelets. En plus, l'acide lactique a limité la multiplication de *E. Coli* entérotoxique et a réduit le taux de mortalité des animaux.



Des porcelets nourris par une diète supplémentée par 0,7% ou 1,4% ou 2,8% d'acide lactique ont montré un changement des caractéristiques gastro-intestinales (MARIBO et al, 2000). En effet le pH de tractus gastro-intestinal a diminué et la densité des lactobacilles dans l'intestin grêle a diminué également (1,4% d'acide lactique), elle a par contre augmenté au niveau du cæcum et du colon (0,7% d'acide lactique). En plus l'acide lactique a réduit le taux de coliforme et augmenté le taux de levures le long du tractus gastro-intestinal.

Chez le poulet de chair, l'utilisation de doses croissantes d'acide lactique (0,25 ; 0,5 ; 1,0 ; 2,0%) n'a pas permis une protection contre les *Salmonelles* caecale ou contre la contamination des carcasses par les *Salmonelles* (IZAT et al., 1990).

#### V.4. Utilisation de l'acide formique

L'addition du potassium di formate (formi) à 0,9% et 1,8% a fait baisser le pH duodéal des porcelets après 65h postprandial (MROZ et al.2001). FEVRIER et al (2001) à la suite de la distribution d'une diète supplémentée par 0,9 et 1,8% de formi ont observés une réduction du pH, du nombre de coliformes et de streptocoques au niveau stomacal, et des coliformes au niveau du colon ; aucun effet sur les lactobacilles le long du tractus gastro-intestinal n'est remarqué. Dans de nombreuses études, le formi a montré des propriétés des factures de croissances.

En aviculture, l'acide formique seul ou combiné avec l'acide propionique (Bio-Add™, 68%acide formique et 20% acide propionique), à 0.6% de concentration est efficace pour la prévention des infections par *Salmonella gallinarum* (BERCHIERI et BARROW, 1996). Le Bio-add a été rajouté afin de réduire la concentration de l'acide lactique au niveau du jabot du poulet de chair, conduisant ainsi à une inhibition des bactéries acido-lactiques à ce niveau. In vitro l'utilisation rationnée de Bio-add™, a montré un effet bactéricide contre *Salmonella enteritidis* (THOMPSON et HINTON, 1997).

Dans une étude expérimentale sur du poulet de chair infecté par *Salmonella typhimurium*, l'addition de 0.36% du formate du calcium ou 0.25% d'acide formique (IZATE et al. 1990). WALDROUP et al. (1995) ont trouvé une réduction du pH caecal en additionnant l'acide formique et l'acide propionique à 0.1% de concentration, d'autre part des auteurs ont trouvé que l'acide formique /propionique n'a pas donné une protection contre la colonisation caecale par *Salmonella typhimurium*.



## VI. L'effet des acides organique sur la santé et les performances zootechniques du poulet de chair

Globalement, l'utilisation des acidificateurs digestifs a prouvé son efficacité dans le maintien de la balance microbienne du tractus digestif. Les acidificateurs sont des acides qu'on rajoute dans l'alimentation pour créer un pH bas dans l'aliment, le tractus digestif et le cytoplasme inhibant ainsi la croissance des bactéries pathogène intestinales. Cette inhibition réduit la compétition de la microflore pour les nutriments de l'animal hôte, en résulte l'amélioration de la croissance et des performances chez le poulet de chair. Cependant l'effet positif de ces additifs varie selon les études (Tableau 5)..

D'après PAUL et SAMANTA (2007), les poulets supplémentés avec une combinaison d'acides organiques ont montré une baisse de l'ingéré alimentaire avec un poids corporel et un gain de poids, après 6 semaines d'âge, comparable à celui des poulets traités par des antibiotiques. Le traitement par des acidificateurs, a aussi réduit la charge bactérienne et la charge fongique et a amélioré la hauteur des microvillosités intestinales.

Dans l'étude de HERNANDEZ et al (2005), la supplémentation alimentaire des poulets de chair en acide formique (5 ou 10 mg/kg durant 42 jours) n'a pas eu d'impact clairement positif sur les performances zootechnique, la morphométrie intestinale ou les niveaux plasmatiques des métabolites sanguins. Néanmoins, ces auteurs trouvent que cette supplémentation a eu un effet marqué sur la digestibilité des nutriments au niveau de l'iléon.

Les poulets ayant fait l'objet d'une diète supplémentée par différents acides organiques (acides butyrique, fumarique ou lactique, administrés seuls à la dose de 2 ou 3% de l'aliment), ont enregistré une amélioration significative de la croissance et de l'indice de conversion sans variation de l'ingéré ou de la qualité de la carcasse (ADIL *et al.*, 2010).

Une étude menée par TALIBI *et al.* (2010), sur 308 poulets de chair, ayant reçu une diète supplémentée de 3 acides organiques (acides citrique, benzoïque et tartarique à raison de 0,5 et 1%) montre qu'à j49, aucun effet significatif de l'acide citrique à 0,5% n'a été observé sur tous les paramètres. A la dose de 1%, l'acide benzoïque a entraîné une baisse significative de l'ingéré alimentaire entre J21 et J42. Les gains de poids entre J21 et J42 ont été significativement réduits.



L'effet de la supplémentation en acides organiques (0,2% d'acide formique ou 0,4% d'acide propionique) sur la microflore digestive et la digestibilité protéique iléale chez le poulet de chair a été examiné par GHEISARI et HEIDARI (2006). Ces auteurs ne trouvent aucune différence significative de la digestibilité protéique quelque soit l'acide organique utilisé, alors que le nombre de colonies de lactobacilles et de coliformes a été affecté et montre une baisse en fonction de la dose. En effet, une augmentation des lactobacilles et une diminution des coliformes ont été notées dans ces conditions au niveau de l'iléon à 24j et à 42j d'âge. Ces auteurs concluent que la supplémentation en acides organiques à raison de 0,2% a pu, d'une part, améliorer la prolifération de la microflore commensale et, d'autre part, inhiber la prolifération de la microflore pathogène (GHEISARI et HEIDARI, 2006).

Les acides organiques à chaîne courte peuvent avoir une activité antimicrobienne spécifique. Contrairement aux antibiotiques, l'activité antimicrobienne des acides organiques est pH-dépendante. La majorité de la flore pathogène se multiplie à un pH de 7 ou légèrement supérieur, néanmoins, la flore commensale se multiplie entre un pH de 5,8 à 6,2 (FERD, 1974). La réduction du taux bactérien est associée à une alimentation acide, qui est particulièrement efficace contre les espèces bactériennes non-acido-tolérantes, comme *E. Coli*, *salmonelles*, et *campylobactères* (DIBNER et al., 2002).

MEHMET et al. (2009), ont étudié l'effet d'un cocktail d'acides organiques sur les paramètres zootechniques et sanguins, et sur la flore intestinale du poulet de chair, en utilisant un mélange commercial contenant 17,4% d'acide formique, 14,1% de formate d'ammonium, 12,4% d'acide propionique et 8,4% de propionate d'ammonium. L'utilisation des acides organiques a donné un gain de poids nettement supérieur par rapport aux témoins. Concernant le poids des organes digestifs, aucune différence significative n'a été enregistrée par la supplémentation des acides organiques. Le taux de *E. Coli* a été réduit significativement par la supplémentation en acides organiques par rapport aux témoins.

L'étude d'Al-KASSI (2009), menée chez le poulet de chair supplémenté par des acides organiques seuls ou associés (0,1% d'acide formique ou 0,2% d'acide propionique ou 0,3% du mélange acides formique/propionique) révèle qu'à 6 semaines d'âge, le poids vif le plus élevé a été obtenu avec le traitement impliquant 0,2% d'acide propionique, suivi par le traitement apportant 0,1% d'acide formique, puis celui incluant 0,3% du mélange synergétique. De même, les résultats obtenus par ces auteurs indiquent des effets des acides



organiques (formique et propionique) sur l'équilibre microbien du tractus digestif avec une réduction des taux bactériens aux différentes parties étudiées.

**Tableau 5.** Effets des acides organiques les plus utilisés chez la volaille (GHAOUI, 2011)

Acides (A.) organiques	Quantité d'A /kg d'aliment	Effets observés /témoins non supplémentés #	Auteurs
<b>A. acétique</b>	3 g	Morphométrie intestinale	Viola & Vieira, 2007
	NP	↘ pH digestif & ↗ digestibilité	Moharrery & Mahzonieh 2005
<b>A. ascorbique</b>	NP	↘ IC	Viola et Vieira, 2007
<b>A. butyrique</b>	NP	↘ pH digestif & ↗ capacités digestives	Viola et Vieira, 2007
	2 - 3%	↗ Croissance, → ingéré, ↘ IC	Adil et al, 2010
<b>A. citrique</b>	3 g	Morphométrie intestinale	Viola et Vieira, 2007
	0,2%	→ performances de croissance ou la carcasse	Abdelhakim et al, 2009
<b>A. formique</b>	0,6%	Prévention contre <i>S. gallinarum</i>	Berchieri et Barrow, 1996
	5 g & 10 g	→ performances de croissance → histomorphométrie digestive	Hernandez et al, 2006
	3 g	↗ Croissance et ↗ poids de la carcasse Morphométrie intestinale	Viola et Vieira, 2007
	3 g	↗ Croissance et ↗ poids de la carcasse Morphométrie intestinale	Brwoska et Steck, 2007
<b>A. fumarique</b>	2 - 3%	↗ Croissance, → ingéré, ↘ IC	Adil et al, 2010
<b>A. lactique</b>	2%	Aucun effet sur les salmonelles	Izat et al, 1990
	3 g	↘ la flore pathogène et fongique	Dibner & Buttin, 2002
	3 g	Morphométrie intestinale	Viola et Vieira, 2007
	0,2%	→ performances de croissance ou la carcasse	Abdelhakim et al, 2009
	2 - 3%	↗ Croissance, → ingéré, ↘ IC	Adil et al, 2010
<b>A. malique</b>	1,5 g	↘ les <i>E. Coli</i> et ↘ pH digestif	Dibner & Buttin, 2002
	3 g	Morphométrie intestinale	Viola et Vieira, 2007
<b>A. propionique</b>	0,8%	↘ les <i>E. Coli</i> intestinales	Izat et al, 1990
<b>A. tartrique</b>	3 g	↗ Croissance & Morphométrie intestinale	Viola & Vieira, 2007
<b>Mélange d'A. propionique + lactique + formique</b>	80-250mg	↘ flore <i>Campylobacter</i>	Berrang et al, 2006
<b>Mélange d'A. citrique + lactique</b>	0,1% + 0,1%	→ performances de croissance ou la carcasse	Abdelhakim et al, 2009
<b>Mélange d'A.O et de leurs sels</b>	1-2g	↗ Croissance et ↗ poids de la carcasse	Owens <i>et al</i> , 2008
<b>Mélange d'A. formique + propionique + orthophosphorique</b>	1-2 g	↘ IC, ↗ dépôt protéique ↘ pH du gésier ↗ flore lactobacilles	Saikat et al. 2010

# ↗ : Augmentation, ↘ : diminution, → : pas de variation, NP : non précisé, IC : indice de consommation.

# *Matériels & méthodes*



Notre travail a pour objectif d'évaluer, dans nos conditions locales, l'effet de l'addition des acides organiques dans l'eau de boisson (mélange d'acide formique, propionique et lactique) sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair.

### I. Lieu, durée et période de l'essai

Cet essai a été réalisé au niveau de la station expérimentale des monogastriques de l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba-Ali, Alger. Il s'étalait du 14 mars au 4 mai 2010, soit une durée d'un cycle complet d'élevage de 49 jours.

### II. Animaux & conditions d'élevage

Pour cette étude, 720 poussins chair d'1 jour (sexes mélangés), de souche ISA F15 Hubbard, provenant d'un même couvoir (Dar El Beida, SIFAAC Sari : Société Industrielle Fabricant d'Aliments et Accoureur), ont été utilisés. A la mise en place, les poussins ont été triés, pesés et divisés en 2 groupes de 360 sujets de poids moyen homogène de l'ordre de  $44,6 \pm 0,2$  g. Chaque groupe a été ensuite réparti dans 6 parquets de  $5,72\text{m}^2$ , soit une densité d'élevage de 12 sujets/ $\text{m}^2$ .

Durant tout l'essai, les animaux sont élevés dans des conditions standards au sein d'un bâtiment de type obscur à ambiance contrôlée ayant une superficie de  $296,1\text{ m}^2$  (Figure 3).



**Figure 3.** Vues (extérieure et intérieure) du bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai

Tous les animaux ont été nourris avec le même aliment de base adapté à l'âge (Tableau 6).

**Tableau 6:** Caractéristiques des aliments utilisés durant l'essai.

Aliment	Période de distribution	EM (kcal/kg)	TP (%)
Démarrage	J1 – J10	2800	21
Croissance	J11 – J42	2900	19
Finition	J43 – J49	2930	17



### III. Traitements expérimentaux

Dans cet essai, nous comparons 2 traitements expérimentaux :

- ➔ un groupe « Témoin » recevant une eau de boisson sans additif
- ➔ un groupe « Acides organiques », abreuvé avec une eau de boisson supplémentée en acides organiques.

Pour cet essai, nous avons utilisé un mélange composé principalement d'acide formique et de ses sels, d'acide propionique et d'acide lactique. Ce mélange est une formule synergique en solution, commercialisée sous l'appellation PROPHORCE® SA902, fabriquée par le groupe Perstrop Franklin (Pays bas), distribuée par la société BIOLAB vétérinaire (Algérie). Sa composition exacte (proportions de chacun des acides organiques dans le mélange) ne nous a pas été communiquée pour des raisons de confidentialité.

La dose utilisée est celle préconisée par le fournisseur, soit 1,5 ml de PROPHORCE® SA902 / litre d'eau de boisson. Selon les recommandations du fournisseur, les acides organiques ont été distribués dans l'eau de boisson du lot concerné tout au long de l'essai mais sur un mode discontinu c.à.d. sous forme de 4 phases d'une durée de 3 jours chacune et espacées entre elles de 10 jours, comme décrit ci- après :

- 1<sup>ère</sup> distribution **aux 6<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> jours** d'âge
- 2<sup>ème</sup> distribution **aux 19<sup>ème</sup>, 20<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jours** d'âge
- 3<sup>ème</sup> distribution **aux 32<sup>ème</sup>, 33<sup>ème</sup> et 34<sup>ème</sup> jours** d'âge
- 4<sup>ème</sup> distribution **aux 45<sup>ème</sup>, 46<sup>ème</sup> et 47<sup>ème</sup> jours** d'âge

En dehors de ces phases, l'ensemble des groupes (témoins et supplémentés en acides organiques) ont été abreuvés à volonté avec une eau courante sans additifs.

En pratique, à chaque phase de distribution des acides organiques dans l'eau de boisson, le mélange est extemporanément préparé, à raison d'un volume de 90 ml de la solution commerciale d'acides organiques dissout dans 60 litres d'eau courante. L'eau supplémentée est ensuite distribuée le matin à 8h00' aux animaux concernés.

Le suivi de l'élevage et les mesures relatives aux performances zootechniques ont été effectuées par GHAOUI Hicham (magistère es sciences vétérinaires).



## IV. Etude de la Morphométrie Intestinale

### IV.1. Prélèvements

Pour évaluer l'effet de l'addition des acides organiques sur la morphométrie intestinale, 6 animaux de chaque lot expérimental (témoin et supplémenté en acides organiques) sont sélectionnés à la fin de l'essai, c'est-à-dire à l'âge de J49, soit 1 poulet par parquet.

Ces poulets de poids représentatif de leur groupe, sont sacrifiés par saignée après un jeûne de 4 heures. L'intestin est prélevé dans sa totalité, vidé par légères pressions puis pesé de sa jonction avec le gésier jusqu'au colon. Il est étiré puis les deux caeca sont détachés au niveau de la jonction iléocœcale ; l'ensemble est ensuite mesuré.

Afin de réaliser des coupes histologiques, colorées grâce à la technique d'Hemalun-éosine (Martoja et Martoja-Pierson, 1967) les étapes suivantes ont été réalisées:

#### IV.1.1. Prélèvement des tissus à étudier

Des portions de 1 cm de longueur sont prélevées à partir du duodénum proximal (2 cm après la jonction duodénum-gésier), du duodénum distal (3 cm environ avant la jonction duodénum- jéjunum), du jéjunum proximal, du jéjunum distal, du cæcum proximal (3 cm environ après la jonction iléo-caecal) et du cæcum distal.

Chaque portion est obtenue après deux sections transversales distantes de 1cm l'une de l'autre, au niveau de la région ciblée de l'intestin, ensuite la portion est incisée à l'aide d'une section longitudinale en vue de constituer un rectangle de 1 cm de longueur.

#### IV.1.2. Préfixation et fixation des tissus

La fixation doit être immédiate après le prélèvement aussi bien sur place qu'au laboratoire, pour empêcher une putréfaction du tissu par autolyse (destruction tissulaire par les enzymes qu'il contient en lui-même) et par altération microbienne (putréfaction).

Ainsi, les portions obtenues sont d'abord, plongées dans une solution de préfixation (liquide de Ceras) comprenant 6 volumes de formol, 2 volumes de méthanol et 1 volume d'acide acétique absolu (Le volume du fixateur doit être de 20 à 50 fois celui du prélèvement). Six heures après, ces portions sont transférées dans une solution de fixation à base de formol à 10% où elles sont conservées pendant 48 heures au moins.

#### IV.1.3. Phase de déshydratation et d'éclaircissement

Chaque tissu prélevé, est d'abord rincé à l'eau claire, puis plongé dans 3 bains d'alcool à 70%, 90% et 100%, puis dans 3 bains de Toluène. Chaque bain d'alcool nécessite 1 heure de



temps contre 1h30 pour celui du toluène. Vient ensuite la phase d'éclaircissement où chaque bout de tissu est plongé pendant 12 heures dans de la paraffine liquide chauffée à 56°C.

#### **IV.1.4. Inclusion et réalisation des coupes**

Suite aux 12 heures d'éclaircissement, chaque portion de tissu est placée au milieu du creux d'un moule (barres de Leuckhart) puis recouverte avec une cassette à inclusion. De la paraffine liquide est versée sur cette dernière. Après durcissement, un bloc de paraffine est obtenu, puis placé dans un microtome en vue de réaliser des coupes de 5µm d'épaisseur.

#### **IV.1.5. Fixation du tissu sur la lame et coloration**

Une petite quantité d'eau albumineuse est déposée sur une lame préalablement gravée, le tout est mis sur une plaque chauffante réglée sur la graduation 3. La coupe histologique est ensuite, déposée sur l'eau albumineuse. La lame est ensuite égouttée puis mise à sécher 1 à 2 heures dans une étuve réglée à 46°C. La coloration nécessite le passage de la lame par les étapes suivantes :

- ✓ Deux bains de Toluène de 5 mn chacun en vue de déparaffiner le tissu
- ✓ Trois bains d'alcool, le premier absolu, le deuxième à 90° et le dernier à 70°, pendant 3mn chacun
- ✓ Un lavage à l'eau du robinet pendant 2mn
- ✓ Une coloration à l'hémalum pendant 45s à 1mn
- ✓ Un rinçage à l'eau du robinet pendant quelques secondes
- ✓ Une coloration à l'éosine pendant 2mn
- ✓ Trois bains d'éthanol, le premier à 70°, le deuxième à 90° et le dernier à 100°, pendant 3mn chacun
- ✓ Deux bains de Toluène de 5mn chacun
- ✓ Enfin une lamelle avec une goutte de milieu de montage (Eukitt) est déposée sur la portion tissulaire.

#### **IV.1.6. Mesures des dimensions des villosités**

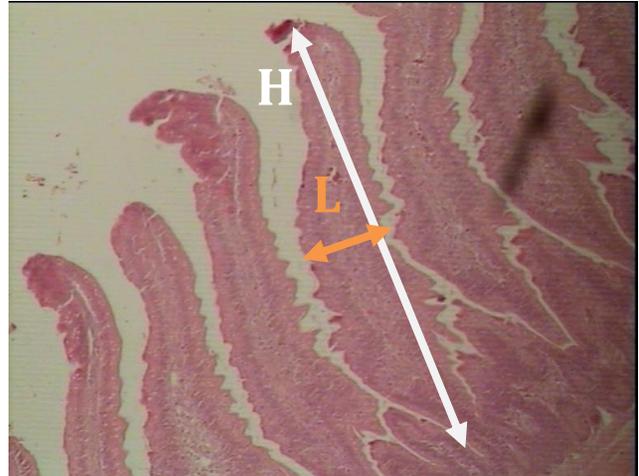
L'analyse des coupes histologiques est réalisée en deux temps. Tout d'abord, les lames sont photographiées au grossissement x4 grâce à un microscope muni d'un procédé de capture d'image (Motic Co., Ltd). Ensuite, les mesures sont effectuées grâce au logiciel Motic Images Plus 2.0 ML (Motic Co., Ltd) directement sur les images obtenues.

Pour calculer le volume des villosités (considérées comme des cylindres), la formule suivante a été appliquée :

$$\text{Volume } (\mu\text{m}^3) = 3,14 \times (L / 2)^2 \times H$$

L : largeur à mi-hauteur de la villosité

H : hauteur de la villosité



**Figure 4.** Mesures des dimensions de la villosité intestinale

## V. Analyse Statistique

Les différents résultats sont décrits par la moyenne et l'erreur standard (SE, calculée à partir de la déviation standard SD selon la formule  $SE = SD/n^{0,5}$  ; n étant le nombre de poulets pour les mesures individuelles).

Les moyennes sont comparées par le test T de Student à l'aide du programme StatView (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA). Le seuil de signification choisi est d'au moins 5%.

# *Résultats*



Dans cette étude, nous évaluons, dans nos conditions locales, l'intérêt de l'addition des acides organiques dans l'eau de boisson (mélange d'acide formique, propionique et lactique) chez le poulet en explorant l'impact de cette supplémentation sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair.

## I. Caractéristiques des animaux

Les performances de croissance et la mortalité enregistrées à l'issue de l'essai sont présentées dans le tableau 6 (GHAOUI, 2011).

**Tableau 6.** Performances zootechniques des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques après un cycle d'élevage de 49j (moyennes  $\pm$  SE ; n= 6 parquets de 60 sujets).

Paramètres	Témoin	Acides organiques	Test T (p=)
<b>Gain de poids (g)</b>	2445 $\pm$ 41	2439 $\pm$ 36	0,94
<b>Ingéré (g)</b>	4246 $\pm$ 131	4262 $\pm$ 170	0,92
<b>Indice de Conversion (g/g)</b>	1,74 $\pm$ 0,05	1,75 $\pm$ 0,06	0,90
<b>Mortalité (%)</b>	4,17 $\pm$ 1,03	3,61 $\pm$ 1,25	0,66

Au vu des résultats, les performances de croissance des poulets supplémentés en acides organiques ne sont pas significativement différentes de celles des poulets témoins. En effet, les gains de poids cumulés sont quasi identiques entre les deux lots : 2442  $\pm$  39 g en moyenne.

De même, l'ingéré alimentaire et l'indice de conversion sont comparables (écarts non significatifs entre les animaux témoins et ceux recevant le mélange commerciale d'acides organiques dans leur eau de boisson.

Enfin, les taux de mortalités enregistrés à la fin de l'essai chez les poulets supplémentés en acides organiques sont légèrement plus faibles que ceux relevés chez les poulets témoins : -13% (p>0,05).



## II. Morphométrie de l'intestin

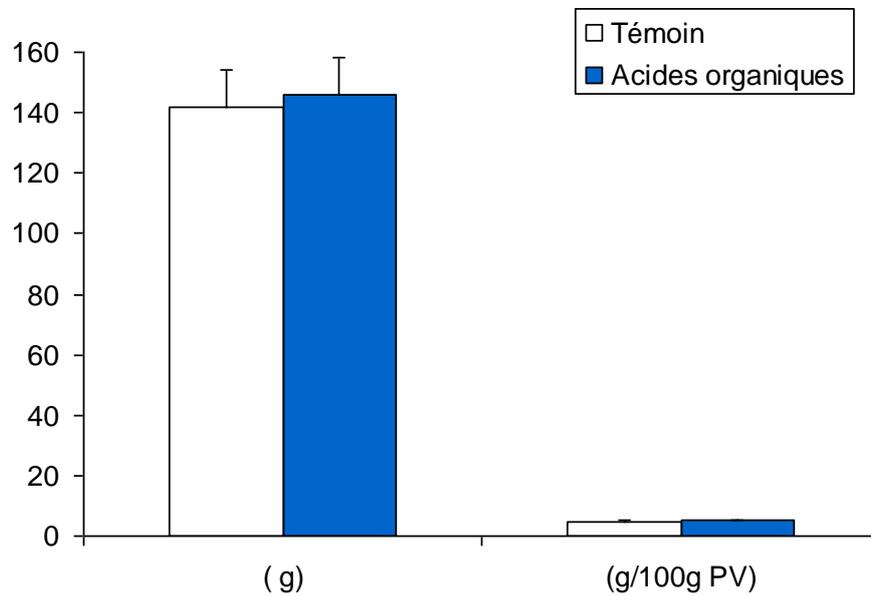
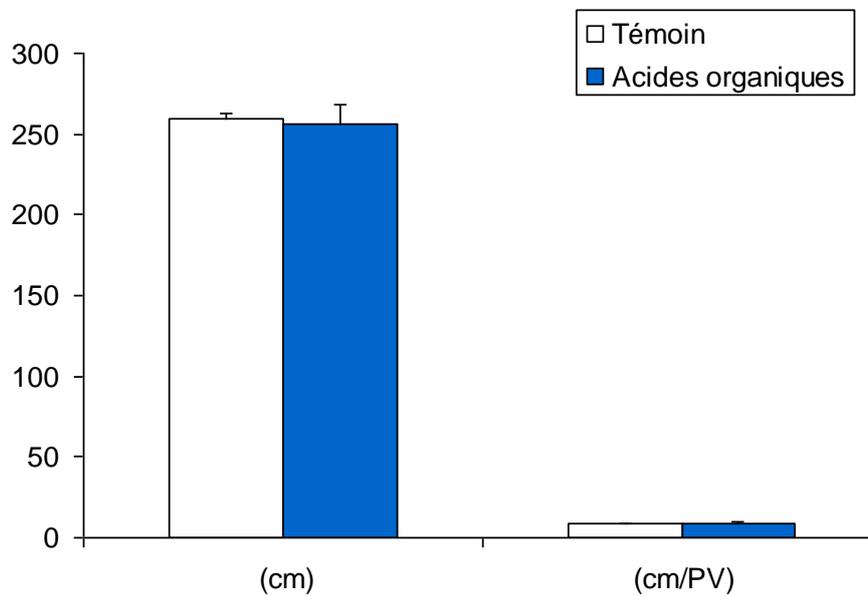
Les résultats relatifs aux poids et à la longueur des intestins prélevés, à l'âge de 49 jours, chez les poulets témoins et ceux supplémentés en acides organiques sont présentés dans le tableau 7 et la figure 5.

D'après nos résultats, les poids des intestins, exprimés en valeurs absolues ou rapportés au poids vif des poulets supplémentés en acides organiques ne sont pas significativement modifiés par rapport à ceux des témoins. En effet, la légère augmentation observée (+4%) n'est pas significative.

De la même manière, la supplémentation en acides organiques n'a pas eu d'effet sur la longueur des intestins : écart de -1% entre les deux lots.

**Tableau 7.** Poids et longueurs des intestins prélevés à l'âge de 49 jours chez de poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).

Paramètres	Témoin	Acides organiques	Test T (p=)
<b>Poids de l'intestin</b>			
(g)	142 $\pm$ 12	146 $\pm$ 12	0,82
(g/100g PV)	4,9 $\pm$ 0,3	5,1 $\pm$ 0,5	0,75
<b>Longueur intestin</b>			
(cm)	260 $\pm$ 10	257 $\pm$ 4	0,79
(cm/100g PV)	9,0 $\pm$ 0,4	8,9 $\pm$ 0,2	0,82

**Poids de l'intestin****Longueur de l'intestin**

**Figure 5.** Représentation graphique des poids et longueurs des intestins prélevés à l'âge de 49 jours chez de poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).



### III. Dimensions des villosités

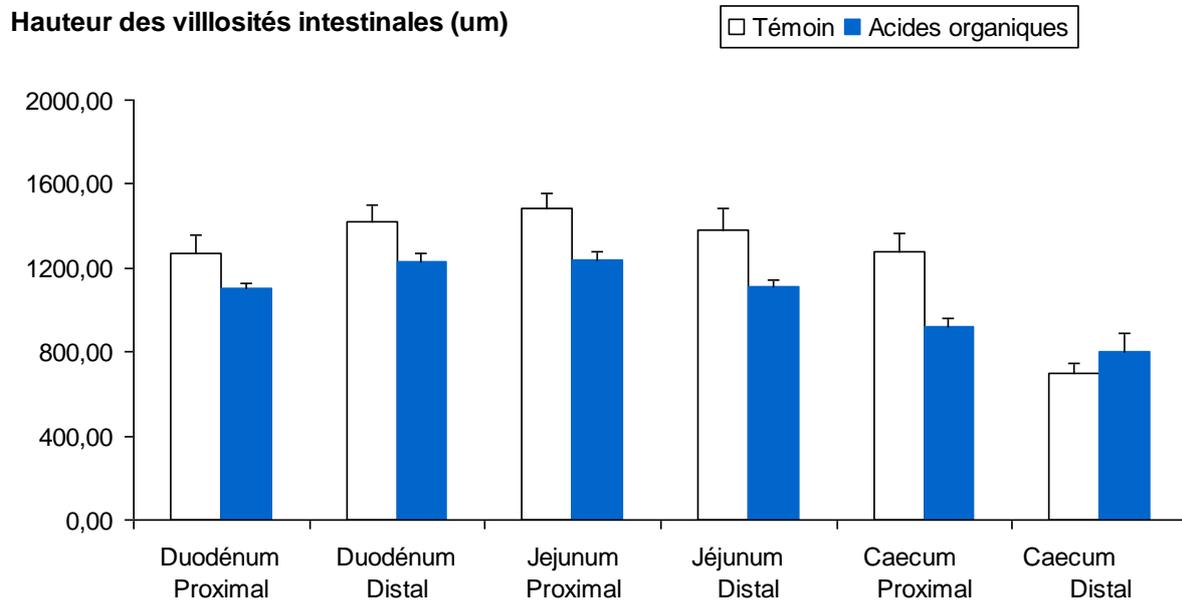
#### III.1. Hauteur des villosités

Les valeurs moyennes relatives à la hauteur des villosités intestinales mesurées chez les poulets témoins et supplémentés en acides organiques, au niveau des parties proximales et distales du duodénum, jéjunum et cæcum sont présentées dans le tableau 8 et la figure 6.

**Tableau 8.** Hauteurs des villosités intestinales mesurées à l'âge de 49 jours chez des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).

		Témoin	Acides organiques	Test t(p)	
<b>Hauteur (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	Duodénum	proximal	1273,21 $\pm$ 149,16	1102,11 $\pm$ 84,56	0,342
		distal	1423,91 $\pm$ 31,25	1227,67 $\pm$ 72,57	0,032
	Jéjunum	proximal	1484,48 $\pm$ 182,27	1236,98 $\pm$ 72,73	0,236
		distal	1381,89 $\pm$ 95,67	1114,72 $\pm$ 103,49	0,087
	Cæcum	proximal	1280,91 $\pm$ 124,71	920,53 $\pm$ 86,45	0,039
		distal	698,29 $\pm$ 120,78	805,16 $\pm$ 50,69	0,434

Nos résultats montrent que, quelque soit la portion intestinale considérée, la hauteur des villosités intestinales des poulets supplémentés en acides organiques semble être inférieure à celles des poulets témoins : -5% en moyenne. Cette diminution est surtout significative ( $p < 0,05$ ) au niveau du duodénum distal et du cæcum proximal où elle atteint -14% et -28%, respectivement.



**Figure 6.** Représentation graphique des hauteurs des villosités intestinales mesurées à l'âge de 49 jours chez des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).

### III.2. Largeur des villosités

Les largeurs moyennes des villosités intestinales mesurées chez les poulets témoins et supplémentés en acides organiques, au niveau des parties proximales et distales du duodénum, jéjunum et cæcum sont présentées dans le tableau 9 et la figure 7.

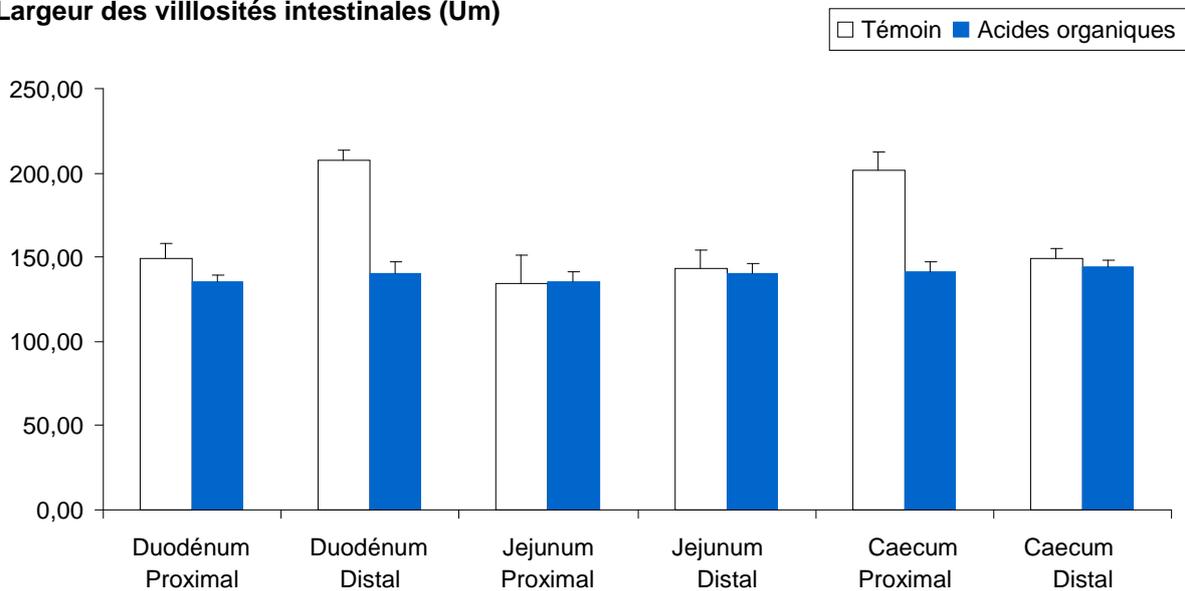
Au niveau du jéjunum, du duodénum proximal et du cæcum distal, les largeurs des villosités intestinales des poulets supplémentés en acides organiques ne sont pas significativement réduites par rapport à celles des poulets témoins : variations de 4%. En revanche, les largeurs sont significativement plus étroites après supplémentation en acides organique au niveau du duodénum distal (-33% ;  $p < 0,01$ ) et au niveau du cæcum proximal (-30% ;  $p < 0,05$ ).



**Tableau 9.** Largeurs des villosités intestinales mesurées à l'âge de 49 jours chez des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).

Paramètre		Témoin	Acides organiques	Test t(p)
<b>Largeur (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	Duodénum proximal	149,06 $\pm$ 5,2	135,44 $\pm$ 9,3	0,23
		207,6 $\pm$ 17,00	139,8 $\pm$ 5,7	0,004
	Jéjunum proximal	134,6 $\pm$ 6,1	135,3 $\pm$ 16,6	0,97
		143,2 $\pm$ 2,3	140,16 $\pm$ 10,5	0,78
	Cæcum proximal	201,6 $\pm$ 21,4	141,1 $\pm$ 11,3	0,03
		149,7 $\pm$ 7,08	144,04 $\pm$ 5,9	0,55

**Largeur des villosités intestinales (Um)**



**Figure 7.** Représentation graphique des largeurs des villosités intestinales mesurées à l'âge de 49 jours chez des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).



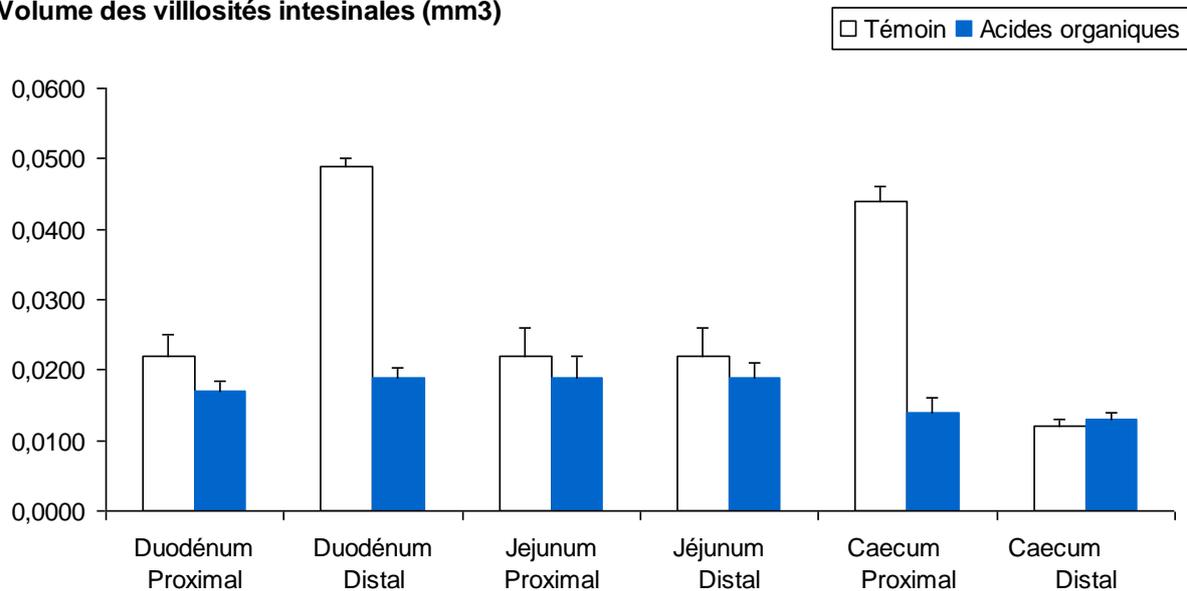
### III.3. Volume des villosités

Les volumes moyens des villosités intestinales calculés chez les poulets témoins et supplémentés en acides organiques, au niveau des parties proximales et distales du duodénum, jéjunum et cæcum sont présentés dans le tableau 10 et la figure 8.

**Tableau 10.** Volumes des villosités intestinales mesurées à l'âge de 48 jours chez des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).

Paramètre		Témoin	Acides organiques	Test t(p)
Volume (mm <sup>3</sup> )	Duodénum proximal	0,022 $\pm$ 0,003	0,017 $\pm$ 0,003	0,213
		Duodénum distal	0,049 $\pm$ 0,007	0,019 $\pm$ 0,001
	Jéjunum proximal		0,022 $\pm$ 0,004	0,019 $\pm$ 0,004
		Jéjunum distal	0,022 $\pm$ 0,002	0,019 $\pm$ 0,004
	Cæcum proximal		0,044 $\pm$ 0,011	0,014 $\pm$ 0,002
		Cæcum distal	0,012 $\pm$ 0,002	0,013 $\pm$ 0,001

**Volume des villosités intestinales (mm<sup>3</sup>)**



**Figure 8.** Représentation graphique des volumes des villosités intestinales mesurées à l'âge de 49 jours chez des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (moyennes  $\pm$  SE ; n=6 poulets).



En termes de volumes des villosités, les valeurs calculées chez les poulets supplémentés en acides organiques ne sont pas significativement modifiées en comparaison avec les témoins et ce au niveau du jéjunum (-14%,  $p=0,44$ ), du duodénum proximal (-23% ;  $p=0,21$ ) et du cæcum distal (+8%,  $p=0,52$ ).

Par contre, les villosités intestinales des poulets supplémentés en acides organiques sont moins volumineuses au niveau du duodénum distal (-61% ;  $p<0,01$ ) et au niveau du cæcum proximal (-68% ;  $p<0,05$ ).

# *Discussion*



Notre objectif, dans cet essai, était d'étudier, dans nos conditions locales, l'effet de l'addition d'un mélange commercial d'acides organiques (acides formique, propionique et lactique) dans l'eau de boisson, sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair.

Le produit utilisé dans cet essai correspond à une préparation commerciale autorisée par la DSV (Direction des Services Vétérinaires, Algérie), composée d'un mélange de trois acides organiques (Acide formique et ses sels, acide propionique et acide lactique). Cette formule combine les effets synergiques des 3 acides organiques connus pour leur efficacité contre le développement des bactéries indésirables comme *E. coli* et les *Salmonelles*. La dose utilisée (1,5 ml de solution synergique / l d'eau courante) est celle préconisée par le fabricant. La proportion de chaque acide organique présent dans le mélange distribué ne nous a pas été communiquée par le fournisseur pour des raisons de confidentialité.

Dans cette étude, la distribution d'acides organiques a été effectuée dans l'eau de boisson, sur un mode discontinu : 4 phases de 3 jours chacune (J6- J8 ; J19-J21 ; J32-J34 ; J45-J47) alternées avec une distribution d'eau non supplémentée. La distribution des acides organiques a débuté dès la première semaine de vie du poulet. Cette période permet d'une part, d'éviter une interférence avec la réponse immunitaire induite par la première vaccination opérée à l'âge de 4j contre la maladie de New Castle (dans de l'eau de boisson). D'autre part, à cet âge là, le système immunitaire du poulet de chair est incomplètement apte à répondre efficacement aux agents pathogènes. En effet, ce système, représenté essentiellement par la bourse de Fabricius, évolue lentement pendant la première semaine de vie. Le poids de cet organe n'est que de 0,05 g à la naissance alors qu'il atteint en moyenne 0,16 g à 8 jours d'âge (DIBNER *et al.*, 1998). L'apport précoce d'additifs à base d'acides organiques peut renforcer la réponse immunitaire du poussin grâce à leurs propriétés neutralisantes et bactéricides. De plus, le poulet de chair sélectionné sur le critère d'une vitesse de croissance élevée présente un développement précoce du système digestif (LILJA 1983, JIN *et al* 1998). Chez le poussin nouveau-né, les processus de digestion et d'absorption sont peu efficaces et le passage soudain à une alimentation exogène solide s'accompagne d'un développement rapide du système gastro-intestinal et des organes annexes impliqués dans le processus de digestion (gésier, pancréas, foie) (BIGOT *et al.*, 2001).



Au vu des résultats zootechniques enregistrés par GHAOUI (2011) en fin d'essai, il apparaît que, dans les conditions de la présente expérimentation, la supplémentation en acides organiques dans l'eau de boisson n'a eu aucun effet significatif sur les performances des poulets. Ainsi, la consommation alimentaire, le gain de poids et l'indice de conversion des poulets supplémentés étaient quasi identiques à ceux des sujets témoins.

De tels résultats ont été aussi signalés par MEHMET et al. (2009) lors d'apports croissants (0, 2 ou 3%) d'acide butyrique, d'acide fumarique ou d'acide lactique dans l'aliment du poulet. De même, dans l'essai de CELIK et al. (2007), l'ajout de 0,4% d'AO seuls ou associés à un probiotique n'a pas induit de variations significatives des performances de croissance (gain de poids, ingéré ou indice de conversion) ou de la qualité de la carcasse. Néanmoins, ces auteurs soulignent une augmentation significative du poids relatif de l'intestin grêle induite par les additifs utilisés. TALEBI et al. (2010) trouvent également que l'apport d'un mélange d'acides citrique, benzoïque et tartrique (à 0,5 ou 1% de l'aliment) n'améliore pas la croissance et les caractéristiques de la carcasse des poulets.

D'autres études rapportent pourtant des effets positifs sur les performances de croissance et l'état sanitaire du poulet induits par différents AO (BRWOSKA et STECK, 2007 ; GARCIA et al. 2007 ; VIOLA ET VIEIRA, 2007; ADIL et al 2010 ; SAIKAT et al. 2010).

Globalement, face à la supplémentation en acides organiques, l'amplitude des réponses reste variable selon les essais. Ceci pourrait s'expliquer probablement par la variabilité des acides organiques testés, par les régimes alimentaires employés ainsi que les conditions d'élevage utilisés dans les différentes études.

Finalement, d'après la littérature, les effets bénéfiques des additifs à base d'acides organiques ne sont pas systématiquement retrouvés. D'après HERNANDEZ et al. (2006), et ABD EL-HAKIM et al. (2009), l'effet positif des acides organiques sur les performances de croissance n'est pas clairement observé lors de conditions d'hygiène optimale. Ces auteurs préconisent de tester ces additifs dans des conditions d'élevage sub-optimales.



Dans la présente étude, et comme pour les résultats zootechniques, les mesures morphométriques de l'intestin prélevé chez les poulets à l'âge de 49 jours, ne révèlent aucun impact significatif du mélange d'acides organiques employé sur le poids ou la taille relative de cet organe.

De façon similaire, au niveau histologique, l'apport d'acides organiques n'a pas significativement amélioré les dimensions des villosités intestinales sauf au niveau du duodénum distal et du caecum proximal, où nous relevons des baisses significatives de la hauteur et du volume des villosités. Nos résultats ne concordent pas avec ceux rapportés par d'autres auteurs (ADIL et al., 2010 ; KUM et al., 2010) qui eux trouvent des augmentations des dimensions des villosités intestinales induites par les acides organiques, corrélées à une meilleure croissance des poulets.

Toutefois, notons d'une part, que dans l'étude de KUM et al. (2010), la supplémentation réalisée incluait un mélange d'acides organiques (butyrique, lactique, formique et citrique), associé à des huiles essentielles. D'autre part, dans l'expérimentation menée par ADIL et al. (2010), les 3 acides organiques utilisés (acides butyrique, fumarique et lactique) ont été administrés seuls (et pas en mélange) et en mode continu via l'aliment. Ces auteurs concluent que la supplémentation en acides organiques a un impact positif sur la surface d'absorption intestinale, et avancent l'hypothèse que les AO réduisent la croissance de nombreuses bactéries intestinales (pathogènes ou pas) ce qui amoindrit la colonisation intestinale et les processus infectieux, et à terme, abaisse les réactions inflammatoires au niveau de la muqueuse intestinale et augmente alors la hauteur de villosités et les fonctions de sécrétion, de digestion et d'absorption des nutriments par la muqueuse (ADIL et al., 2010).

Finalement, dans notre étude, les modalités de distribution des acides organiques (apport discontinu via l'eau de boisson) pourrait s'avérer insuffisantes pour induire des effets positifs sur la structure morphométrique et histologique de l'intestin du poulet et donc sur les performances de croissance du poulet.

# *Conclusions & perspectives*



Cet essai contribue à préciser l'effet d'un mélange d'acides organiques (acides formique, lactique et propionique) administré dans l'eau de boisson, sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair.

Dans nos conditions expérimentales, l'apport d'acides organiques n'a pas eu l'effet positif escompté sur la croissance, l'ingéré alimentaire ou l'indice de conversion des poulets.

De même, au niveau digestif, cette supplémentation en acides organiques n'a pas significativement fait varier le poids ou la longueur des intestins ni les dimensions des villosités intestinales sauf au niveau du duodénum distal et du caecum proximal où des baisses de la hauteur et du volume des villosités sont relevées.

Les effets limités des acides organiques observés dans cette étude seraient à mettre en relation avec la voie (eau de boisson) ou le mode de distribution (discontinu) des additifs ou alors avec les conditions d'hygiène optimales de notre élevage.

Des études ultérieures devraient préciser l'impact de ces acides organiques administrés via l'aliment et en mode continu chez des poulets soumis à des conditions d'élevage de terrain.

\*\*\*

# *Références*



## A

Abdel-Fattah, SA, El-Sanhoury, MH, El-Mednay NM et Abdel-Azim : Activité de la thyroïde, certains constituants du sang, de la morphologie des organes et des performances des poulets de chair nourris supplémentaires des acides organiques. Inter. J. Poult. Sci, 7 (3): 215-222 (2008).

Adil S, Banday T, Gulam Ahmad Bhat, Masood Saleem Mir, and Manzoor Rehman, Effect of Dietary Supplementation of Organic Acids on Performance, Intestinal Histomorphology, and Sérum Biochemistry of Broiler Chicken. Veterinary Medicine International, Volume 2010:479485, (2010).

Avinash D: Better Eggshell quality with a gut acidifier, poultry international, (April 2005)([URL:http://www.stocarstvoxorn/ishrana/Better\\_eggshell\\_quality\\_with\\_a\\_gut\\_acidifier.htm](http://www.stocarstvoxorn/ishrana/Better_eggshell_quality_with_a_gut_acidifier.htm)).

Association française de la médecine vétérinaire porcine (AFMVP) ([URL :http://calopsitte.forumactif.com/t10343-les-additifs-alimentaires](http://calopsitte.forumactif.com/t10343-les-additifs-alimentaires)).

## B

Berchieri, A, Jr. & Barrow, P. A. Réduction in incidence of expérimental fowl thyphoid by incorporation of a commercial formic acid préparation (Bio-Add™) into poultry feed.

## C

Cherrington, C. A., Hinton, M., Mead, G. C. & Chopra, I. Organic acids: Chemistry, Antibacterial activity and practical applications. Advances in Microbial Physiology, 32:87-107. (1991).

Christine CHENE , ADRIANOR .les acides organiques .copie 1,mars avril 2002.url

CHOWDHURY, R.K.M.Islam et al:effect of citric acid, avilamycin, and their combination on the performance, tibia ash, and immune status of broilers .poultry science, 88:1616-1622(2009).

## D

Dibner JJ, P. Butin. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism , Journal of Applied Poultry Research, 11:453-463, (2002).



## F

Ferd, D.J. The effect of microflora on gastrointestinal pH in the chick, *Poultry Science*, 53: 115- 131,(1974).

Février, C, Gotterbarm, G., Jaghelin-Peyraud, Y., Lebreton, Y., Legouevéc , F. & Aumaitre,

A. Effects of adding potassium diformate and phytase excess for weaned piglet. In: *Digestive physiology of pigs*, Ed. by Lindberg J E, Ogle B, CABI publishing, p 136-138.

## G

Gheisari A.A., Heidari M. Effect of dietary supplementation of protected organic acids on ileal microflora and protein digestibility in broiler chickens. In: *16th Symposium of poultry research*, (2005).

Guggenbuhl, P.A.Séon et al:effects of dietary supplementation with benzoic acid (VevoVital®) on the zootechnical performance, the gastrointestinal microflora and the ideal digestibility of the young pig livestock science, 108:218-221, (2007).

Gunal, M., Yayli, G., Kaya, O., N. Karahan et Sulak, O., Les effets des antibiotiques

Promoteur de la croissance, la supplémentation en acide probiotique ou organique sur la performance, microflore intestinale et les tissus de poulets de chair. *Inter. J. Poult. Sci*, (2): 149-155, (2006).

## H

Hernandez F.; V. Garcia ; J. Madrid ; J. Orengo ; P. Català ; M. D. Megias. Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma metabolite levels of broiler chickens, *British Poultry Science*, Volume 47 , pages 50 -56, (2006).



## I

Izat, A. L., Tidwell, N. M., Thomas, R. A., Reiber, M. A., Adams, M. H., Colberg, M. & Waldroup, P. W. Effects of a buffered propionic acid in diets on the performance of broiler chickens and on the microflora of the intestine and carcass. *Poultry Science*, 69:818-826, (1990).

## J

Jozafiak, D., kaczmalek, M. bochenek and A. ruthkowski :A note on effect of benzoic acid supplementation on the performance and microbiota population of broiler chickens. *J. Anim. feed sci.*,16:252-265, (2007).

## K

Kluge,H.J.Broz and K. Eder :Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility,nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *J.Anim.Phys.Anim. Nutr*,90:316-324, (2006).

Kwon, Y. M. et Rieke, S. C. Induction of acid résistance of *Salmonella typhimurium* by exposure to short-chain fatty acids. *Applied and Environmental. Microbiology* 64: 3458-3463, (1998).

## M

Maribo, H., B. B. Jensen et M. S. Hedemann. Différent doses of organic acids to piglets. *Danish Bacon and Meat Council*, no. 469, (2000).

Mathew, A. G., Sutton, A. L., Scheidt, A, Bforsyth, D. M., Patterson, J. A. et Kelly D. T. Effects of a propionic acid containing feed additive on performance and intestinal microbial fermentation of teh weanling pig. In:Proceedings of the Vth International Symposium on Digestibe Physiology in pigs. Wageningen, Netherlands, 24-26 April 1991. *Eaap Publication No. 54*, pp.464-469, (1991).



Mehmet LèventOzduven, HasanErsinSamli, AylinAagma Okur, Fisun Koc, Hasan Akyurek, Nizamettin Senkoylu, Effects of mannanoligosaccharide and/or organic acid mixture on performance, blood parameters and intestinal microbiota of broiler chicks. Ital.J.Anim.Sci. vol. 8, 595-602, (2009).

Mroz, Z., Jongbloed, A. W., Von Der Weij-Jongbloed, R., et Overland, M. Effects of adding potassium diformate and phytase excess for weaned piglet. In: Digestive physiology of pigs, Ed. by Lindberg J E, Ogle B, CABI publishing, p 305-307, (2001).

Murray et al, 2008: Murray J.H.: Kiotechagil acidifiers natural antagonists to harmful microbes checkmate for antimicrobial résistance;

[URL:http://www.aqil.coir^documents^Kiotechagil Acidifiers.pdf](http://www.aqil.coir^documents^Kiotechagil Acidifiers.pdf)).

## P

Patanen KH, Z. Mroz. Influence of Three Different Organic Acids on Broiler Performance. [URL: http://scialert.net/falltext/7doFajpsai.2010,7.11 &org= 10](http://scialert.net/falltext/7doFajpsai.2010,7.11 &org= 10)).

Paul S K, G Samanta, G Halder and P Biswas. Effect of a combination of organic acid salts as antibiotic replacer on the performance and gut health of broiler chickens, Poult. Sci. 8(1):14-20, (2007).

Poultry Science, 7 Thompson, J. L. & Hinton, M. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on salmonellas in the crop. British Poultry Science 38: 59-65. (1997)5:339-341, (1996).

## R

Revue Med. Vétérinaire, 161, 10, 463-468, ( 2010).

Ricke, SC, Perspectives sur l'utilisation de l'acide organique et d'acide gras à chaîne courte comme antimicrobiens. Poult. Sci, 82: 632-639, (2003).



Risley, C. R., Komegay, E. T., Lindemann, M. D & Weakland, S. M. Effects of organic acid with and without a microbial culture on performance and gastrointestinal tract measurements of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 35: 259-270, (1991).

Risley, C. R., Komegay, E. T., Lindemann, M. D., Wood C. M & Eigel, W.N. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. *Journal of Animal Science* 70: 196-206, (1992).

Risley, C. R., Komegay, E. T., Lindemann, M. D., Wood C. M. & Eigel, W. N. Effect of feeding organic acids on gastrointestinal digesta measurements at various times postweaning in pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Canadian Journal of Animal Science*, 73: 931-940, (1993).

Russell & Diez-Gonzalez, 1998: Russell J B and Diez-Gonzalez F. The effects of fermentation acids on bacterial growth. *Advance Microbiology and Physiology* 39: 205-234, (1998).

## S

Sheikh Adil, Tufail Banday, Gulam Ahmad Bhat, Masood Saleem Mir, and Manzoor Rehman, *Veterinary Medicine International* Volume 2010, Effect of Dietary

Supplementation of Organic Acids on Performance, Intestinal Histomorphology, and Serum Biochemistry of Broiler Chicken, Article ID 479485, 7 pages (2010).

Source Internet 01: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Acide\\_carboxylique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_carboxylique)



## T

Talebi E., A. Zarei et M.E. Abolfathi. Influence of three different organic acids in broiler performance. Asian journal of poultry science, 4(1); 7-11, (2010).

Thomlinson, J. R. & Lawrence, T. L. J. Dietary manipulation of gastric pH in the profilaxis of enteric disease in weaned pigs. Some field observations. Veterinary Record, 109: 120-122, (1981).

## V

VAN Immerseel ,F .J.B. Russell, M .D.FLYTHE et al :the use of organic acids to combat salmonilla in poultry: A mechanistic explanation of the efficacy . avian path, 35:182-188, (2006).

Viola ESand Vieira SS. Supplementation of organic and inorganic acidifiers in diets for broiler chickens: performance and intestinal morphology. RevistaBraziliera de Zootechnia, 36: 1097-1104, (2007).

Vogt, H., Matthes, S., Harnisch, S. Der Einfluss organischer Säuren auf die Leistungen von Broilern und Legehennen. Archiv fur Geflugelkunde, 45:221-232, (1981).

## W

Waldroup, A., Kaniawato, S. & Mauromoustakos, A. Performance characteristics and microbiological aspects of broiler fed diets supplemented with organic acids. Journal of Food Protection, 58:482-489, (1995).

Wenk, C: Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 15(Special Issue): 14-21, (2002).

## Résumé :

L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet de l'addition d'acides organiques (AO : mélange d'acide formique, propionique et lactique) dans l'eau de boisson sur l'histomorphométrie intestinale du poulet de chair.

Au total, 720 poussins chair d'1 jour (sexes mélangés), de souche ISA F15 Hubbard ont été répartis en deux groupes de poids moyen homogène ( $44,6 \pm 0,2$  g) comportant chacun 6 répétitions de 60 sujets. Le groupe témoin a reçu une eau de boisson sans additif, alors que le groupe AO a été abreuvé avec une eau de boisson supplémentée en AO administrés à la dose de 1,5ml/l d'eau et sur un mode de distribution discontinu (4 phase de 3 jours espacées de 10 10jours) tel préconisé par le fournisseur. A l'âge de 49jours, 6 poulets représentatifs de chaque lot ont été sacrifiés. Le poids et la longueur de leurs intestins ont été mesurés ainsi que les dimensions des villosités au niveau des portions proximales et distales duodénales, jéjunales et caecales.

Dans nos conditions, l'apport d'acides organiques dans l'eau de boisson n'a pas eu d'effet significatif sur le poids et la longueur des intestins des poulets. De manière similaire, au niveau histologique, les acides organiques utilisés n'ont pas modifié les dimensions des villosités intestinales sauf au niveau du duodénum distal et du cæcum proximal, où des baisses significatives de la hauteur et du volume des villosités ont été relevées (-21 et -65%, en moyenne, respectivement).

Ces effets limités des AO pourraient être liés à la voie (eau de boisson) ou au mode de distribution (discontinu) des additifs.

**Mots clés :** poulet de chair, acides organiques, morphométrie intestinales, villosités intestinales.

## Abstract:

This study aimed to determine the effect of the addition of organic acids (AO: formic acid, propionic and lactic acid) in drinking water on intestinal histomorphometry of broiler.

A total of 720 one-day-old chicks (ISA strain F15) were divided into 2 experimental groups with homogeneous average body weight ( $44.6 \pm 0.2$  g) each with 6 replicates of 60 subjects. The control group received drinking water without additives, while the AO group was watered with drinking water supplemented with AO administered at a dose of 1.5 ml/l of water and with a discontinuous mode of distribution (4 periods of 3 days with an interval of 10 days) as recommended by the supplier. At the age of 49 d, 6 representing broilers of each group were sacrificed. The weight and length of their intestines were measured as well as the dimensions of the villi at the proximal and distal portions of duodenum, jejunum and caecum.

In our conditions, the addition of organic acids in drinking water had no significant effect on the weight and length of the intestines of chickens. Similarly, histologically, the used organic acids did not change the size of the intestinal villi except in the distal duodenum and proximal cecum, where significant decreases in height and volume of villi were identified (-21% and -65% on average, respectively).

These limited effects of AO may be related to the way (drinking water) or the mode of distribution (discontinuous) of the additives.

**Keywords:** Broiler, organic acids, intestinal morphometry, intestinal villi.

## ملخص :

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الاثر من اضافة الاحماض العضوية (خليط : حمض النمل, حمض البر وبنويك وحمض اللبن) في ماء الشرب على البنية النسيجية المعوية للدجاج اللحم.

720 صوص (كتكوت) عمره يوم واحد جنس مختلط فصيلة ISA F15 Hubbard موزعة على مجموعتين بمتوسط وزن  $44,6 \pm 0,2$  . تحتوي كل مجموعة على 60 صوص.

مجموعة الشاهد تلقت ماء خالي من اي مضاف على خلاف المجموعة الثانية التي تلقت ماء مضاف اليه احماض عضوية بتركيز 1,5 مل /ل ماء مقدمة بطريقة متقطعة (اربع مراحل تدوم كل مرحلة ثلاثة ايام وبين كل مرحلتين 10 ايام حسب ما وضحه الموزع).

في يوم 49, 6 دجاجات من كل مجموعة ذبحت , تم قياس طول ووزن الامعاء وابعاد الزغبات المعوية في كل من العفج الصائم والاعور.

في هذه التجربة , اضافة الاحماض العضوية في ماء الشرب لم يكن له تاثير معبر على الوزن وطول امعاء الدجاج . نفس الشيء بالنسبة للنسيج المعوي الاحماض العضوية المستعملة لم تغير ابعاد الزغبات المعوية ما عدا العفج السفلي والاعور العلوي اين نجد نقص معتبر في ارتفاع وحجم الزغبات المعوية ( 21% , 65% على التوالي).

هذا التأثير المحدود للاحماض العضوية يمكن ارجاعه الى طريقة (ماء الشرب) واسلوب التوزيع المتقطع للمضاف العضوي.

**الكلمات المفتاح :** الدجاج اللحم , الاحماض العضوية , البنية النسيجية المعوية , الزغبات المعوية .