

## Mémoire

Pour l'obtention du Diplôme de

### Magistère en Sciences Vétérinaires

Option : Elevage, Pathologies et industrie des animaux de basse cour

**Effet d'une complémentation alimentaire en acides organiques sur les performances de croissance, la flore coliforme et la qualité de la litière du poulet de chair élevé à différentes densités**

Présenté Par :

**Dr. GHAOUI Hicham**

Devant le Jury :

|                             |                         |             |           |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|-----------|
| <b>Pr. Hacina AIN BAZIZ</b> | Professeur              | ENSV, Alger | Président |
| <b>Pr. Soraya TEMIM</b>     | Professeur              | ENSV, Alger | Promoteur |
| <b>Dr. Nassima CHORFI</b>   | Maître de Conférences A | ENSV, Alger | Examineur |
| <b>Dr. Djamel KHELEF</b>    | Maître de Conférences A | ENSV, Alger | Examineur |
| <b>Dr. Omar ADJERAD</b>     | Maitre Assistant A      | ENSV, Alger | Examineur |

**Année Universitaire 2010/ 2011**



# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*A la mémoire de notre chère mère (**Mami**)*

*Qui m'a aimé plus que n'importe quelle personne dans cette existence.....je ne vous oublie  
jamais au grand jamais.....Paix à son âme.*

*A la mémoire de notre cher père (**Papi**)*

*Qui nous a quitté 24h après la soutenance de ce mémoire, il est parti en prenant avec lui tout  
le restant du bonheur que nous restait après le décès de notre chère mère.....I'll never  
forget you **Papi***

*A la mémoire de mes chers oncles : **Ahmad & Tahar**, des anges qui nous a quitté tôt*

*Que Dieu ait leurs âmes*

*A ceux qui ont fait de moi ce que je suis et ne cessent pas de me soutenir et de me faire  
confiance : ma mère et mon père pour tout l'amour et le soutien que vous m'avez offert, je  
vous dis merci ...*

*Un jet d'encre ne suffira jamais à vous remercier*

*Je dédie également ce travail ;*

*A Amou **HAFID D.** qui a toujours été là pour moi, un frère, un copain et même un père & à  
toute sa famille, surtout « **Mima** »*

*A toute ma famille : Ghaoui & Essedik*

*A la lumière de mes moments durs ; **Djamel**, mille merci pour tout ce que vous faites pour  
moi*

*A madame Temim-Kessaci S à tout ce que elle m'a donnée, sans avoir cessé à m'orienter vers  
la bonne voie et à me faire aimer le travail.....vous resterez notre bonne école à vie.*

*A M<sup>elle</sup> K. Ait oudia, pour tous ses conseils et ses encouragements & son soutien moral*

*A tous mes enseignants de l'ENSV*

*A tous mes amis & toutes mes amies, en témoignage de mon amitié sincère et profonde*

*Qu'ils trouvent ici, le témoignage de ma profonde affection*

*A toute personne qui a perdu sa couronne d'or : la santé*

*A toutes personnes qui me tiennent à cœur, merci*



*Cette expérimentation a été réalisée au sein de la Station des Monogastriques de l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba Ali, Alger. A cet effet, je tiens à remercier vivement son Directeur, Dr Ahmed BOUDJENAH, qui m'a généreusement ouvert les portes de l'institut, ainsi que tous les membres du Service Avicole, dirigé par Mr Hocine BOUDINA : Mme Fadela AZZOUNI, Mlle Mounira SAIS, Mr Fayçal TETAH, Mr Sid Ali ACHOURI et Mr Slimane ARABA qui ont participé au bon déroulement de l'essai.*

*Je remercie Pr. Hacina AINBAZIZ, d'avoir accepté de présider le jury de ce modeste travail. Je remercie également Dr Nassima CHORFI, Dr Djamel KHELEF, Dr Omar ADJERAD d'avoir accepté d'examiner cet ouvrage.*

*Mes vifs remerciements vont aussi à ma promotrice Pr. Soraya TEMIM pour m'avoir encadré et surtout secondé tout au long de ce travail.*

*Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à Mme Linda SAHRAOUI, pour sa précieuse contribution et ses importantes recommandations en microbiologie. Merci également à Mr Rachid KADDOUR pour l'aide fournie lors de des prélèvements des tissus.*

*A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et que j'ai omis involontairement de citer le nom, je vous dis merci.*



**Cette étude a pour objectif** d'évaluer l'effet de l'augmentation de la densité d'élevage associée à la supplémentation en acides organiques (mélange d'acides formique, propionique et lactique) dans l'eau de boisson, sur les performances zootechniques, la flore coliforme et la qualité de la litière du poulet de chair. Au total, 3000 poussins d'1 jour de souche ISA F15, ont été répartis en 6 lots expérimentaux (6 répétitions chacun) de poids homogène : 3 groupes Témoins (**T**) recevant une eau de boisson sans additifs et élevés à 3 densités différentes (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) et 3 groupes (**A**) recevant des Acides organiques dans l'eau de boisson et également soumis aux 3 mêmes densités d'élevage.

**Dans nos conditions expérimentales**, avec ou sans rajout d'acides organiques, augmenter la densité d'élevage de 12 à 15 s/m<sup>2</sup> n'a pas affecté la croissance, l'ingéré alimentaire ou l'indice de conversion mais a permis d'accroître significativement la charge en kg/m<sup>2</sup> (+20%,  $P < 0,0001$ ). Celle-ci est également améliorée avec une densité de 18 s/m<sup>2</sup> (+35%,  $P < 0,0001$ ) avec toutefois une réduction significative du gain de poids (-11%,  $p < 0,001$ ), de l'ingéré (-16%,  $P < 0,0001$ ), sans modification de l'indice de conversion (-5%,  $P = 0,2$ ). En outre, les deux traitements appliqués n'ont pas significativement modifié le rendement de la carcasse, mis à part une réduction significative de la proportion du gésier chez les poulets soumis à la densité de 15 s/m<sup>2</sup> (-7%,  $P < 0,001$ ). Par ailleurs, la densité d'élevage a réduit significativement la flore coliforme au niveau caecal (-19% ;  $P < 0,001$ ) mais pas au niveau iléal alors que l'apport d'acides organiques a augmenté le nombre d'*E. coli* au niveau des caeca. Enfin, le taux de matière sèche de la litière est légèrement affecté par l'élévation de la densité (-9%,  $P = 0,07$ ) mais aucun impact de la supplémentation en acides organiques.

En conclusion, l'association des acides organiques testés (acides formique, propionique et lactique) avec des densités élevées (12, 15 et 18 s/m<sup>2</sup>) n'a pas eu l'effet positif escompté en termes d'optimisation des gains de poids et des indices de conversion alimentaires. En revanche, elle s'avère intéressante si l'on considère le net accroissement de la charge en kg/m<sup>2</sup>.

**Mots clés :** poulet de chair, acides organiques, supplémentation, densité d'élevage, performances zootechniques, carcasse, flore coliforme, charge qualité de la litière.



**This study aims** to evaluate the effect of increasing the stocking density associated with the supplementation of organic acids (mixture of formic acid, propionic and lactic acid) in drinking water on animal performance, the coliform flora and litter quality of broilers. In total, 3000 1-day old chicks ISA strain F15, were divided into 6 experimental groups (6 replicates each) with homogeneous weight: 3 control groups (T) receiving drinking water without additives and reared at 3 different densities (12, 15 and 18 birds/m<sup>2</sup>) and 3 groups (A) receiving organic acids in drinking water and also subjected to the same 3 stocking densities.

**In our experimental conditions**, with or without addition of organic acids, increasing the stocking density from 12 to 15 birds / m<sup>2</sup>, did not affect growth rate, feed intake or feed conversion ratio but allowed to increase significantly the load in kg / m<sup>2</sup> (+20%, P <0.0001). This is also enhanced with a density of 18 birds / m<sup>2</sup> (+35%, P <0.0001) but with a significant reduction in weight gain (-11%, p <0.001), feed intake (- 16%, P <0.0001), and an unmodified conversion ratio (-5%, P = 0.2). In addition, both treatments applied did not significantly alter the yield of the carcass, except for a significant reduction in the proportion of gizzard in chickens subjected to the density of 15 birds / m<sup>2</sup> (-7%, P <0.001). Furthermore, the stocking density significantly reduced the coliform flora in caecum (-19%, P <0.001) but not in the ileum and the input of organic acids increased the number of E. coli at caeca. Finally, the dry matter content of litter was slightly affected by the increase in density (-9%, P = 0.07) but no effect of supplementation of organic acids was observed.

In conclusion, the association of the tested organic acids (formic, propionic and lactic acid) with high densities (12, 15 and 18 birds / m<sup>2</sup>) did not have the desired positive effect in terms of optimizing weight gains and feed conversion ratio. However, it is interesting considering the marked increase of the load in kg / m<sup>2</sup>.

**Key words:** broiler, organic acids, supplementation, stocking density, animal performance, carcass , coliform flora, load, litter quality.



## Etude bibliographique

|                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1.</b> Variations du poids vifs en fonction des densités d'élevage.....                                                                                                                  | 8  |
| <b>Figure 2.</b> Effet de la densité d'élevage sur le coût de la production.....                                                                                                                   | 8  |
| <b>Figure 3.</b> Influence de la densité d'élevage sur le pourcentage de poulets atteints de dermatites au niveau du coussinet plantaire (pododermatites) et des tarses à l'âge de 6 semaines..... | 12 |
| <b>Figure 4.</b> Activités, en % de temps consacré à chaque comportement, de poulets élevés à des densités de 2 poulets/m <sup>2</sup> et 15 poulets/m <sup>2</sup> .....                          | 13 |
| <b>Figure 5.</b> Conséquences pathologiques d'une mauvaise litière.....                                                                                                                            | 15 |
| <b>Figure 6.</b> Fonction carboxylique d'un acide organique.....                                                                                                                                   | 17 |
| <b>Figure 7.</b> Les alternatives aux antibiotiques.....                                                                                                                                           | 19 |

## Matériel et méthodes

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 8.</b> Répartition des lots expérimentaux (6 parquets pour chacun des 6 traitements) au sein du bâtiment d'élevage..... | 35 |
| <b>Figure 9.</b> Schéma récapitulatif du protocole expérimental.....                                                              | 37 |
| <b>Figure 10.</b> Vues (extérieure et intérieure) du bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai.....                                 | 39 |

## Résultats

|                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 11.</b> Taux de mortalité, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> )..... | 48 |
| <b>Figure 12.</b> Poids vif moyen par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....    | 50 |



|                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 13.</b> Gain de poids moyen, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....                | 50 |
| <b>Figure 14.</b> Charge calculée à j 49, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités.....                                                                                  | 52 |
| <b>Figure 15.</b> Ingéré alimentaire moyen, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....           | 54 |
| <b>Figure 16.</b> Indice de conversion par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....                | 56 |
| <b>Figure 17.</b> Caractéristiques de la carcasse mesurées à l'âge de 49 jours, chez des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> )..... | 58 |
| <b>Figure 18.</b> Nombre total de coliformes mesurés à l'âge de 49 jours, chez des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....       | 59 |
| <b>Figure 19.</b> Matière sèche de la litière mesurée à l'âge de 45 jours, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....           | 61 |



## Etude bibliographique

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 1.</b> Normes de densité selon le type de démarrage.....                                                                    | 5  |
| <b>Tableau 2.</b> Normes de densité dans un bâtiment à ventilation dynamique.....                                                      | 6  |
| <b>Tableau 3.</b> Effet de la densité d'élevage sur les performances zootechniques du poulet de chair.....                             | 7  |
| <b>Tableau 4.</b> Performances du poulet de chair, mâles et femelles, à 7 semaines d'âge, soumis à différentes densités d'élevage..... | 9  |
| <b>Tableau 5.</b> Effet de la densité (sujets/m <sup>2</sup> ) sur la population bactérienne.....                                      | 16 |
| <b>Tableau 6.</b> Nomenclature de quelques acides carboxyliques et leurs points de congélation Etd'ébullition.....                     | 18 |
| <b>Tableau 7 .</b> Hiérarchie de l'efficacité de certains acides organiques.....                                                       | 25 |
| <b>Tableau 8.</b> Effets des acides organiques les plus utilisés dans l'aliment de la volaille.....                                    | 29 |

## Matériel et méthodes

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 9.</b> Présentation des 6 groupes expérimentaux.....                              | 33 |
| <b>Tableau 10.</b> Composition et caractéristiques des aliments utilisés durant l'essai..... | 38 |
| <b>Tableau 11.</b> Les températures ambiantes appliquées selon l'âge des poulets.....        | 40 |
| <b>Tableau 12.</b> Programme de prophylaxie appliqué durant l'essai.....                     | 41 |

## Résultats

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 13.</b> Taux de mortalité, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> )..... | 47 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|



## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 14.</b> Poids vif moyen et gain de poids moyen, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> )..... | 49 |
| <b>Tableau 15.</b> Charge calculée à j 49, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....                                                | 51 |
| <b>Tableau 16.</b> Ingéré alimentaire moyen, par phase d'élevage et cumulé, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités.....                      | 53 |
| <b>Tableau 17.</b> Indice de conversion par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....                    | 55 |
| <b>Tableau 18.</b> Caractéristiques de la carcasse mesurées à l'âge de 49 jours, chez des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....     | 57 |
| <b>Tableau 19.</b> Nombre total de coliformes mesurés à l'âge de 49 jours, chez des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....           | 59 |
| <b>Tableau 20.</b> Matière sèche de la litière mesurée à l'âge de 45 jours, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m <sup>2</sup> ).....               | 60 |



|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>Introduction générale.....</b> | <b>1</b> |
|-----------------------------------|----------|

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>Etude bibliographique.....</b> | <b>4</b> |
|-----------------------------------|----------|

|                                                                                                     |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>CHAPITRE 1. Densité d'élevage : effets sur la croissance et la santé du poulet de chair.....</b> | <b>4</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|

|                                                                           |   |
|---------------------------------------------------------------------------|---|
| I. Rappels sur la densité et les normes d'élevage du poulet de chair..... | 4 |
|---------------------------------------------------------------------------|---|

|                      |   |
|----------------------|---|
| I.1. Définition..... | 4 |
|----------------------|---|

|                                                          |   |
|----------------------------------------------------------|---|
| I.2. Densité optimale en élevage de poulet de chair..... | 5 |
|----------------------------------------------------------|---|

|                                                                            |   |
|----------------------------------------------------------------------------|---|
| II. Effets de la densité d'élevage sur les performances zootechniques..... | 6 |
|----------------------------------------------------------------------------|---|

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III. Effet de la densité d'élevage sur l'état sanitaire et le bien être du poulet..... | 11 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| IV. Influence de la densité d'élevage sur la qualité de la litière..... | 14 |
|-------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CHAPITRE 2. Acides organiques : Effets sur la croissance et la physiologie du poulet.....</b> | <b>17</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| I. Rappel sur les acides organiques et leurs fonctions..... | 17 |
|-------------------------------------------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| I.1. Définition..... | 17 |
|----------------------|----|

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| I.2. Nomenclature et propriétés chimiques des acides carboxyliques..... | 17 |
|-------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| I.3. Utilisation des acides organiques dans les aliments..... | 19 |
|---------------------------------------------------------------|----|

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| I.4. Fonctions et modes d'action des acides organiques..... | 20 |
|-------------------------------------------------------------|----|

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| I.4.1. Fonctions générales des acides organiques..... | 20 |
|-------------------------------------------------------|----|

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| I.4.2. Modes d'action des acides organiques..... | 21 |
|--------------------------------------------------|----|

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| I.4.3. Sites d'action des acides organiques..... | 22 |
|--------------------------------------------------|----|

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| I.5. Adaptations bactériennes aux acides organiques..... | 23 |
|----------------------------------------------------------|----|

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| II. Utilisation des acides organiques en nutrition animale..... | 24 |
|-----------------------------------------------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| II.1. Utilisation de l'acide citrique..... | 25 |
|--------------------------------------------|----|

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| II. 2. Utilisation de l'acide propionique..... | 26 |
|------------------------------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| II.3. Utilisation de l'acide lactique..... | 26 |
|--------------------------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| II.4. Utilisation de l'acide Formique..... | 26 |
|--------------------------------------------|----|

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III. Effets des acides organiques sur la santé et les performances du poulet de chair..... | 27 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|



## Matériel et méthodes

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| I. Lieu, durée et période de l'essai.....           | 33 |
| II. Animaux.....                                    | 33 |
| III. Traitements expérimentaux.....                 | 36 |
| IV. Aliment.....                                    | 37 |
| V. Bâtiment d'élevage et conditions d'ambiance..... | 38 |
| V.1. Bâtiment.....                                  | 38 |
| V.2. Programme de température et éclairage.....     | 39 |
| VI. Equipements d'élevage.....                      | 40 |
| VI.1. Le matériel d'alimentation.....               | 40 |
| VI.2. Matériels d'abreuvement.....                  | 40 |
| VI.3. La litière.....                               | 41 |
| VII. Programme de prophylaxie.....                  | 41 |
| VIII. Les paramètres mesurés.....                   | 41 |
| VIII.1. Les performances zootechniques.....         | 41 |
| VIII.1.1. Poids vif moyen.....                      | 41 |
| VIII.1.2. Gain de poids.....                        | 42 |
| VIII.1.3. Ingéré alimentaire moyen.....             | 42 |
| VIII.1.4. Indice de conversion.....                 | 42 |
| VIII.1.5. Taux de mortalité.....                    | 42 |
| VIII.1.6. La charge.....                            | 42 |
| VIII.2. Le rendement de la carcasse.....            | 43 |
| VIII.3. Etude de la flore coliforme digestive.....  | 43 |
| VIII.4. Matière sèche de la litière.....            | 45 |
| IX. Analyse statistique.....                        | 46 |



## Résultats

|      |                                           |    |
|------|-------------------------------------------|----|
| I.   | Performances zootechniques.....           | 47 |
| I.1. | Mortalité.....                            | 47 |
| I.2. | Poids vif, gain de poids et charge.....   | 48 |
| I.3. | Consommation alimentaire.....             | 52 |
| I.4. | Indice de conversion.....                 | 54 |
| II.  | Caractéristiques de la carcasse.....      | 56 |
| III. | Flore totale de coliformes.....           | 58 |
| IV.  | Taux de matière sèche de la litière ..... | 60 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Discussion générale..... | 62 |
|--------------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Conclusion et perspectives..... | 69 |
|---------------------------------|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Références bibliographiques..... | 70 |
|----------------------------------|----|

|              |    |
|--------------|----|
| Annexes..... | 78 |
|--------------|----|

# *Introduction Générale*



**E**n Algérie, l'aviculture est indéniablement la branche des productions animales qui a enregistré le développement le plus remarquable au cours de ces quinze dernières années. Cette expansion s'est accompagnée d'une intensification du système d'élevage dont la réussite est tributaire d'une très bonne maîtrise des conditions d'élevage : animaux, aliment, bâtiment, ambiance... En effet, le système d'élevage intensif n'est pas sans inconvénients puisqu'il fragilise sensiblement le poulet et peut se répercuter négativement sur le bien-être et l'état sanitaire.

Pour réaliser leur potentiel génétique de croissance, les poulets de chair doivent avoir des conditions environnementales optimales. Tout écart par rapport à ces conditions peut entraîner une baisse des performances (Shanawany, 1988). La densité (nombre de sujets/m<sup>2</sup>) est un des facteurs clé à prendre en compte pour la réussite d'un élevage avicole. Le but ultime étant de maximiser le rendement en viande de poulet (charge : poids/m<sup>2</sup>) tout en empêchant l'altération des performances dues à la surpopulation.

Dans nos conditions d'élevage, la densité la plus communément utilisée est de l'ordre de 12 sujets/m<sup>2</sup>. Or, pour augmenter la rentabilité économique par unité de surface d'élevage et réduire les coûts associés au travail, au logement, au combustible et aux équipements, il serait judicieux d'accroître la densité d'élevage jusqu'à un certain seuil qui d'après la littérature se situe aux alentours de 17,5 sujets/m<sup>2</sup> (Puron *et al*, 1995). D'après ces auteurs, au-delà de ce seuil, la rentabilité s'amointrit au regard de l'altération des performances et du nombre des carcasses déclassées.

En effet, les fortes densités ralentissent la croissance, mais une ventilation adéquate des bâtiments diminuent leur impact (Puron *et al*, 1995). Associées à d'autres facteurs de stress, tels que la chaleur, les densités élevées affectent la survie des sujets. En outre, dans ces conditions, l'incidence des maladies respiratoires peut augmenter par la présence d'agent infectieux. L'élévation de la densité peut également accroître les troubles locomoteurs et divers autres affections telles que les ampoules du bréchet et les dermatites de contact (Arnould et Leterrier, 2011).



Actuellement, il reste difficile de définir un seuil de densité/charge au-delà duquel ces facteurs sont affectés, car l'impact de la conduite d'élevage sur ce seuil, notamment la capacité à avoir une ventilation adéquate est considérable (Arnould et Leterrier, 2007).

Par ailleurs, durant plusieurs années, le recours aux antibiotiques facteurs de croissance a été une stratégie économiquement viable en élevage avicole. Cependant, cette pratique a induit une augmentation des antibiorésistances des pathogènes humains et animaux (Hernandez *et al*, 2006), d'où son interdiction, effective depuis janvier 2006 en Europe. Dés lors, les études des nutritionnistes se sont orientées vers la recherche d'autres alternatives pour prévenir et/ou contrôler l'état sanitaire et promouvoir la croissance et l'efficacité alimentaire des poulets de chair.

Parmi ces alternatives, les acides organiques, tels que l'acide citrique, propionique, fumarique, lactique et formique, semblent être des candidats intéressants et constituent un composant important des nouvelles formules alimentaires sans antibiotiques (Hernandez *et al*, 2006). En effet, ces molécules, qualifiées d'acidifiants, sont connues pour leur vertu bactéricide et ont été longtemps employées pour protéger les aliments des contaminations microbiennes et fongiques (Canibe *et al*, 2001). De plus, il a été rapporté que l'addition d'acides organiques dans l'aliment volaille réduit la concentration intraluminale des bactéries coliformes et des autres microorganismes sensibles au pH acide, tels que les *Campylobacter* et les *Salmonelles*, qui sont souvent impliqués dans les désordres digestifs (Byrd *et al*, 2001).

Si l'effet positif des acides organiques sur les performances de croissance est reconnu en élevage porcin, leur emploi en alimentation avicole en tant que promoteur de croissance a suscité moins d'attention (Canibe *et al*, 2001) en raison de la variabilité des résultats obtenus en termes d'amélioration de croissance et d'efficacité alimentaire. Néanmoins, de meilleurs indices de conversion alimentaire et gains de poids ont été signalés lors de supplémentation en acides fumarique, propionique et tartarique (Vogt *et al*, 1981 ; Vogt *et al*, 1982).



De par leurs vertus bactéricides et protectrices de la flore commensale, l'utilisation des acides organiques pourrait pallier l'effet négatif de l'augmentation de la densité d'élevage avec éventuellement une amélioration des performances de croissance. A notre connaissance, il n'y a pas d'études disponibles explorant, chez le poulet de chair, l'impact de la supplémentation en acides organiques lors d'élévation de la densité d'élevage.

Dans ce contexte, le présent travail a pour objectif d'étudier, l'intérêt d'associer une supplémentation en acides organique avec l'augmentation de la densité d'élevage. Plus précisément, nous explorons l'impact de l'addition d'acides organiques dans l'eau de boisson (mélange commercial d'acides propionique, lactique et formique), sur les performances zootechniques, la flore coliforme et la qualité de la litière du poulet de chair élevé à différentes densités.

**La première partie de ce mémoire** est consacrée à une étude bibliographique articulée sur deux chapitres traitant successivement de la **densité d'élevage** et des **acides organiques** et de leurs effets respectifs sur les performances et la physiologie du poulet de chair.

**La deuxième partie du manuscrit** présente notre étude expérimentale menée à la station d'élevage de l'ITELV de Baba Ali. Les méthodologies et protocoles utilisés seront d'abord détaillés, puis les principaux résultats seront décrits et discutés. Dans la conclusion générale, nous ferons le point des idées acquises au cours de cette étude et présenterons les perspectives qui en découlent.

# *Etude Bibliographique*



# CHAPITRE 1

## Densité d'élevage : effets sur la croissance et la santé du poulet de chair

### I. Rappels sur la densité et les normes d'élevage du poulet de chair

#### I.1. Définition

La densité qui se définit comme étant le nombre de sujets par unité de surface est un paramètre important que l'aviculteur doit contrôler durant les différentes phases d'élevage. Les normes d'équipement, la qualité du bâtiment et les facteurs climatiques sont des critères premiers pour déterminer la densité en élevage. Cependant, d'autres facteurs doivent également être pris en considération tels que le bien être des animaux, le type de produit (type de marché, poids à l'abattage) et la qualité de l'éleveur qui reste un facteur déterminant (source internet 1).

La densité d'élevage est considérée comme l'un des plus importants facteurs environnementaux pour l'impact établi sur l'indice de conversion. Mis à part cette influence directe, la densité d'élevage affecte indirectement le microclimat au sein du parquet du poulet et interagit avec d'autres facteurs (Škrbić *et al.* 2007).

Le poulet de chair moderne avec les modifications génétiques acquises suite aux programmes de sélections effectués, n'apparaît pas influencé par le stress de la même manière que celui élevé au passé. De façon générale, les études portant sur la densité d'élevage ont montré que le poulet moderne a de meilleures performances de croissance quand on lui attribue plus d'espace. Ainsi, un poulet de chair doit avoir un espace nécessaire afin qu'il exprime son potentiel génétique et faire ainsi le meilleur usage de son alimentation (Puron *et al.* 1995). N'importe quelle déviation des conditions optimales d'élevage peut engendrer une baisse des performances (Feddes *et al.* 2002).



## I.2. Densité optimale en élevage de poulet de chair

La densité idéale dans laquelle le poulet de chair doit être placé durant la période d'élevage reste un débat ouvert. De très nombreuses études ont été réalisées à ce sujet (Castello ,1990).

Les facteurs à prendre en considération lors du choix de la densité d'élevage, sont nombreux : taille du sujet, espace mangeoires - abreuvoirs, bien-être du poulet, performances et revenus économiques à atteindre... etc. (Brian et Fairchild. 2005). L'objectif final reste de maximiser les revenus du poulet produit par mètre carré en prévenant les pertes dues à des densités élevées.

Dans la plus part des cas, les éleveurs établissent une légère baisse des performances afin d'atteindre des revenus satisfaisants en termes de charges de production. Un autre point sensible de la densité, c'est le bien être du poulet de chair dont les activités biologiques demandent plus d'espace lors de la phase de croissance.

Les normes de densité à respecter diffèrent selon que le démarrage est de type localisé ou semi-localisé (Tableau 1).

**Tableau 1.** Normes de densité selon le type de démarrage (Source internet 1).

| Age (jours) | Démarrage localisé                                                | Démarrage semi-localisé                                                                                                                                                                                            |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 à 3       | 40 sujets/m <sup>2</sup>                                          | <b>Exemple:</b><br><br>Démarrage sur la moitié du bâtiment avec 15 sujets/m <sup>2</sup><br><br><b>Conditions de succès :</b><br>Bâtiment étanche et correctement isolé.<br>Gardes enlevées à l'âge de 10-12 jours |
| 4 à 6       | 35 sujets/m <sup>2</sup>                                          |                                                                                                                                                                                                                    |
| 7 à 9       | 30 sujets/m <sup>2</sup><br>(la moitié de la surface du bâtiment) |                                                                                                                                                                                                                    |
| 10 à 12     | Toute la surface du bâtiment                                      |                                                                                                                                                                                                                    |



Dans le cas d'un bâtiment à ventilation dynamique, les normes de densité préconisées sont à adapter selon les conditions climatiques (tempérées ou chaudes) et le poids à l'abattage à atteindre (Tableau 2).

**Tableau 2.** Normes de densité dans un bâtiment à ventilation dynamique (Source internet 1)

| Poids à l'abattage (kg) | Climat tempéré                 |                              | Climat chaud                   |                              |
|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|                         | Nombre (sujet/m <sup>2</sup> ) | Charge (kg /m <sup>2</sup> ) | Nombre (sujet/m <sup>2</sup> ) | Charge (kg /m <sup>2</sup> ) |
| 1,2                     | 26-28                          | 31,2-33,6                    | 22-24                          | 26,4-28,8                    |
| 1,4                     | 23-25                          | 32,2-35,0                    | 18-20                          | 25,2-28,0                    |
| 1,8                     | 19-21                          | 34,2-37,8                    | 14-16                          | 25,2-28,0                    |
| 2,2                     | 14-16                          | 30,8-35,2                    | 11-13                          | 24,2-28,6                    |
| 2,7                     | 12-14                          | 32,4-37,8                    | 9-10                           | 24,3-27,0                    |
| 3,2                     | 10-12                          | 32,0-38,4                    | 8-9                            | 25,6-28,8                    |

## II. Effets de la densité d'élevage sur les performances zootechniques

L'effet de la densité d'élevage sur la croissance, la mortalité et le rendement de carcasse a fait l'objet de nombreuses études (Tableau 3). D'après Estevez (1999), un espace de vie inférieur à un certain seuil (généralement fixé aux environs de 14-16 sujets/m<sup>2</sup>) compromet considérablement la productivité et le bien être du poulet. Plusieurs études ont également démontré que des densités excessives entraînent des baisses des performances avec une réduction de la croissance en fin d'élevage et une dégradation de l'homogénéité des poids vif des sujets. Ces densités élevées sont également associées à une augmentation de l'indice de consommation, de la mortalité, du nombre de saisies et du taux de carcasses déclassées (Cravener *et al.* 1992 ; Eckert *et al.* 2002 ; Skrbic *et al.* 2009 ; Tayeb *et al.* 2011).



**Tableau 3.** Effet de la densité d'élevage sur les performances zootechniques du poulet de chair (synthèse de plusieurs auteurs).

| Densités (sujets/m <sup>2</sup> )<br>(durée du cycle d'élevage)<br>(sexe des poulets) | Effets observés par rapport aux témoins <sup>#</sup>                                                                                                                                                                                                                               | Auteurs                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 10, 12, 14, 15, 16, 17 & 18<br>(49 jours d'élevage)<br>(mâles)                        | ↘ Poids vif (≈ -3% pour 18 s/m <sup>2</sup> vs. 10 s/m <sup>2</sup> )<br>↘ Ingéré alimentaire (≈ -3,7% pour 18 s/m <sup>2</sup> vs 10 s/m <sup>2</sup> )<br>➔ Indice de Conversion<br>➔ Mortalité<br>↗ Charge en kg/m <sup>2</sup> et la MB jusqu'à 17 mâles/m <sup>2</sup> )      | Puron <i>et al.</i> , 1995 |
| 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19 & 20<br>(49 jours d'élevage)<br>(femelles)                 | ↘ Poids vif (≈ -1,5% pour 20 s/m <sup>2</sup> vs. 11 s/m <sup>2</sup> )<br>↘ Ingéré alimentaire (≈ -3,9% pour 20 s/m <sup>2</sup> vs 11 s/m <sup>2</sup> )<br>➔ Indice de Conversion<br>➔ Mortalité<br>↗ Charge en kg/m <sup>2</sup> et la MB jusqu'à 19 femelles/m <sup>2</sup> ) | Puron <i>et al.</i> , 1995 |
| 21, 20 & 18 cm <sup>2</sup> /sujet<br>(49 jours d'élevage)<br>(mâles)                 | ↘ Poids vif<br>↗ Indice de Conversion<br>↗ Mortalité<br>↘ Rendement de carcasse                                                                                                                                                                                                    | Bilgili & Hess, 1995       |
| 21, 16,5 & 14,7 cm <sup>2</sup> /sujet<br>(42 jours d'élevage)<br>(femelles)          | ↘ NS du Poids vif<br>➔ Indice de Conversion<br>↗ NS Mortalité<br>➔ Rendement de carcasse                                                                                                                                                                                           | Bilgili & Hess, 1995       |
| 8,7, 10,4 & 13,4<br>(49 jours d'élevage)<br>(mâles)                                   | ➔ Poids vif<br>➔ Indice de Conversion<br>↘ Ingéré alimentaire<br>↗ Mortalité<br>➔ Rendement de carcasse                                                                                                                                                                            | Tayeb <i>et al.</i> , 2011 |

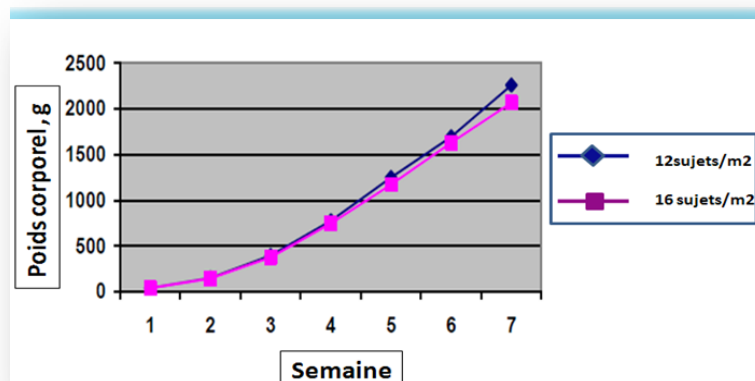
<sup>#</sup> ↗ : augmentation, ↘ : diminution, ➔ : pas de variation, MB : marge bénéficiaire, NS : non significatif.

En revanche d'autres auteurs n'ont mentionné aucun changement significatif des performances du poulet de chair soumis à des densités élevées (PARKHURST *et al.*, 1977 ; BEREMSKI, 1987; MIZUBUTI *et al.*, 1994).



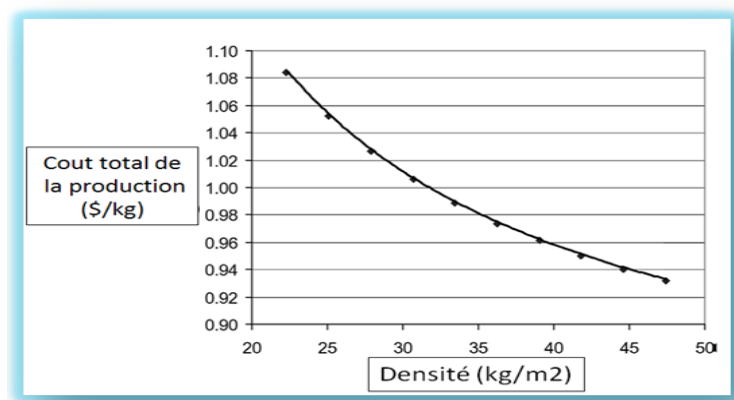
Le poids corporel reste néanmoins le principal paramètre visible affecté par les variations des densités d'élevage. En effet, plusieurs auteurs ont montré une diminution du poids vif du poulet lors de densités d'élevage élevées (Lewis *et al.* 1997 ; Edriss *et al.* 2003 ; Çiçek *et al.* 2004 ; Mendes *et al.* 2004 ; Mortari *et al.* 2004).

Selon l'étude de Škrbić *et al.* (2007) (Figure 1), à une densité de 16 sujets/m<sup>2</sup>, le poids corporel des sujets à 7 semaines d'âge est nettement plus faible que celui des sujets élevés sous une densité de 12 sujets/m<sup>2</sup>. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Cravener *et al.* (1992) et ceux de Edriss *et al.* (2003).



**Figure 1.** Variations du poids vifs en fonction des densités d'élevage (Škrbić *et al.* 2007)

Feddes *et al.* (2002) a démontré que pour une densité élevée ( 12-14-17-23 sujet/m<sup>2</sup> ), le poids corporel et le poids de la carcasse étaient réduits. Cependant l'uniformité du poulet (apprécié par le rapport entre l'indice de consommation et le poids vif, en %) a été meilleure et le taux de mortalité inchangé. Selon ces auteurs, le coût total de la production (en dollars/kg) est réduit lors de densités supérieures à 30 45 Kg/m<sup>2</sup> (Figure 2).



**Figure 2.** Effet de la densité d'élevage sur le coût de la production (Feddes *et al.* 2002)



D'après les résultats de l'étude menée par Puron *et al* (1995) (Tableau 4), il semble, d'une part, que les meilleures densités pour mâle et femelle du poulet de chair sous un environnement contrôlé sont de 17 et 19 sujet/m<sup>2</sup> respectivement. La charge (en kg/m<sup>2</sup>) et les marges de profit ont augmenté et l'élévation de la densité jusqu'à 17 mâles et 19 femelles /m<sup>2</sup>. D'autre part, le poids vif et la consommation alimentaire déclinent quand les densités augmentent alors que l'indice de conversion et la mortalité restent similaires à toute densité.

**Tableau 4.** Performances du poulet de chair, mâles et femelles, à 7 semaines d'âge, soumis à différentes densités d'élevage (Puron *et al* 1995).

| Densité (Sujets/m <sup>2</sup> ) | Sexe | Poids corporel (g) | Aliment Ingré (g)  | Indice de Conversion | Mortalité (%) | Charge (kg/ m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------|------------------------------|
| <b>Essai 01</b>                  |      |                    |                    |                      |               |                              |
| 10                               | M    | 2604 <sup>b</sup>  | 5200 <sup>b</sup>  | 2,02                 | 6,74          | 24,2 <sup>a</sup>            |
| 12                               | M    | 2544 <sup>ab</sup> | 5016 <sup>b</sup>  | 2,00                 | 7,68          | 28,0 <sup>b</sup>            |
| 14                               | M    | 2453 <sup>a</sup>  | 4933 <sup>a</sup>  | 2,02                 | 8,21          | 31,6                         |
| 11                               | F    | 2193               | 4522               | 2,02                 | 4,89          | 22,8 <sup>a</sup>            |
| 13                               | F    | 2119               | 4336               | 2,01                 | 4,61          | 26,3 <sup>b</sup>            |
| 15                               | F    | 2096               | 4308               | 2,02                 | 4,74          | 30,0                         |
| <b>Essai 02</b>                  |      |                    |                    |                      |               |                              |
| 14                               | M    | 2509               | 5260               | 2,11                 | 4,73          | 33,5 <sup>a</sup>            |
| 15                               | M    | 2517               | 5264               | 2,12                 | 4,67          | 36,0 <sup>ab</sup>           |
| 16                               | M    | 2486               | 5167               | 2,08                 | 5,40          | 37,6 <sup>b</sup>            |
| 15                               | F    | 2132               | 4625               | 2,14                 | 4,00          | 30,3 <sup>a</sup>            |
| 16                               | F    | 2102               | 4584               | 2,10                 | 4,69          | 32,5 <sup>ab</sup>           |
| 17                               | F    | 2102               | 4585               | 2,13                 | 3,53          | 34,5 <sup>b</sup>            |
| <b>Essai 03</b>                  |      |                    |                    |                      |               |                              |
| 17                               | M    | 2684               | 5229 <sup>b</sup>  | 1,94                 | 7,64          | 42,1                         |
| 17,5                             | M    | 2588               | 5172 <sup>ab</sup> | 2,00                 | 8,28          | 41,5                         |
| 18                               | M    | 2528               | 5014 <sup>a</sup>  | 1,99                 | 6,67          | 42,5                         |
| 18                               | F    | 2183               | 4369               | 1,98                 | 5,68          | 37,1 <sup>a</sup>            |
| 19                               | F    | 2238               | 4525               | 1,98                 | 5,77          | 40,1 <sup>b</sup>            |
| 20                               | F    | 2164               | 4351               | 1,97                 | 7,15          | 40,2 <sup>b</sup>            |

<sup>a-b</sup> Par colonne, les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)



A des densités allant de 10 à 20 sujet/m<sup>2</sup>, Puron *et al* (1995), ont observé une réduction linéaire du poids corporel et de la consommation d'aliment, mais aucune différence de l'indice de conversion et de la mortalité, n'a été mentionnée à sept semaines d'âge. Afin de maximiser le rendement, ces auteurs ont recommandé une densité de 17 et 19 sujet/m<sup>2</sup> pour les poulets de chair mâles et femelles, respectivement.

Selon Puron *et al.* (1995), les densités élevées induisent la baisse des performances en relation avec de nombreux autres facteurs. Un des facteurs clés impliqués est la **température ambiante élevée** au sein du microclimat du poulet. En cas de densités élevées, le courant d'air au niveau de l'animal circule moins induisant une diminution de la dissipation de la chaleur corporelle dans l'air. Un autre facteur associé aux densités élevées et contribuant à la baisse des performances en affectant la qualité de l'air pur est le **renouvellement inadéquat de l'air**. Ceci augmente le taux d'ammoniac et minimise l'accès aux mangeoires et aux abreuvoirs. Enfin, la quantité d'aliment ingérée, l'efficacité alimentaire, la viabilité et dans quelques cas la qualité de la carcasse sont affectées par la diminution de l'espace de vie.

Par ailleurs, Castello (1990) a pu établir les critères suivants :

- Dans le cas d'une ventilation naturelle, le passage d'une densité d'élevage de 10 poulets/m<sup>2</sup> à celle de 12 poulets/m<sup>2</sup>, n'affecte aucun des paramètres de croissance.
- Dans les mêmes conditions de ventilation naturelle, l'élévation de la densité à 14 ou 15 poulets/m<sup>2</sup> peut déjà induire une certaine réduction de la croissance (variant de 1 à 3% selon les expériences) sans modification de l'indice de consommation. Ce dernier paramètre est même amélioré au cours de certains essais car la liberté de mouvement des volailles étant restreinte, leur dépense énergétique s'en trouve limitée.
- Dans un local à ventilation naturelle, il n'est absolument pas souhaitable d'atteindre 15 poulets/m<sup>2</sup>. En effet, bien que l'efficacité alimentaire n'en soit pas affectée, pour les raisons ci-dessus mentionnées, la croissance diminue de 2 à 5% par rapport à celle obtenue avec des densités plus faibles de 10 à 12 poulets/m<sup>2</sup>. Ceci est principalement lié à l'état de la litière qui se dégrade nettement dans ces conditions.
- Dans le cas de ventilation naturelle, avant même que ne soit atteinte la densité de 15 poulets/m<sup>2</sup>, certains facteurs subissent en effet des variations : L'état de la litière se dégrade, les possibilités de coups de bec et/ou l'arrachage des plumes augmentent, la formation d'ampoules au bréchet augmente en raison du mauvais état de la litière et les volailles refusées à l'abattoir sont plus nombreuses.



- En revanche, parmi les aspects favorables à considérer, il faut citer : la diminution des frais de chauffage par poulet, car une plus grande quantité de chaleur est produite par unité de surface du local et éventuellement une augmentation du rendement économique de l'exploitation tant en raison de ce qui précède que par une meilleure répartition des charges d'amortissement.
- Dans un local à ventilation forcée situé en zone méditerranéenne, on essaie d'atteindre des densités de 18 à 20 poulets/m<sup>2</sup> qui sont celles couramment adoptées dans les exploitations commerciales de poulets de chair de Grande Bretagne et des pays du Nord de l'Europe (Castello 1990).
- Lorsque, dans ces locaux, on essaie d'atteindre des densités beaucoup plus élevées, jusqu'à 27 poulets/m<sup>2</sup>, la croissance diminue davantage mais pas de façon excessive, en général jusqu'à 4 - 6%, alors que l'efficacité alimentaire ne subit pas de modification ou même s'améliore légèrement.

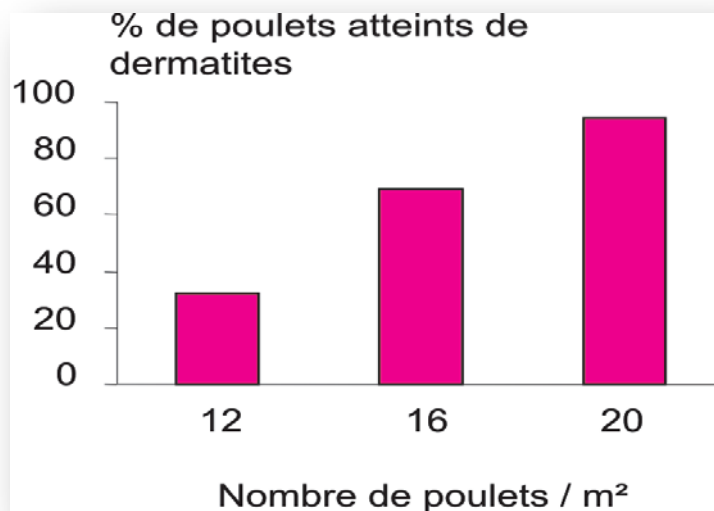
**Enfin, il convient également de tenir compte des points complémentaires ci-dessous :**

- La zone dans laquelle est située l'exploitation : sur les côtes, et en raison de leur climat, on peut atteindre des densités plus élevées que dans les zones montagneuses de l'intérieur du pays.
- Les conditions du local : toujours à l'intérieur de chaque type, plus les conditions d'isolation et de ventilation sont parfaites plus les densités peuvent être élevées.
- Toute augmentation de densité implique une augmentation proportionnelle d'équipement du local, mangeoires et abreuvoirs, de la ventilation et de la quantité de litière.

### **III. Effet de la densité d'élevage sur l'état sanitaire et le bien être du poulet**

Les essais relatifs à l'étude de l'impact de la densité d'élevage sur le comportement et la santé du poulet sont nombreux mais les résultats obtenus varient selon les auteurs (Arnould et Leterrier, 2011).

Les fortes densités combinées à la présence d'agents infectieux augmentent l'incidence des maladies respiratoires. Elles provoquent aussi des ampoules au bréchet, des dermatites de contact (Figure 3), notamment aux articulations tarsiennes, ainsi que davantage de problèmes locomoteurs (Arnould et Leterrier, 2011).



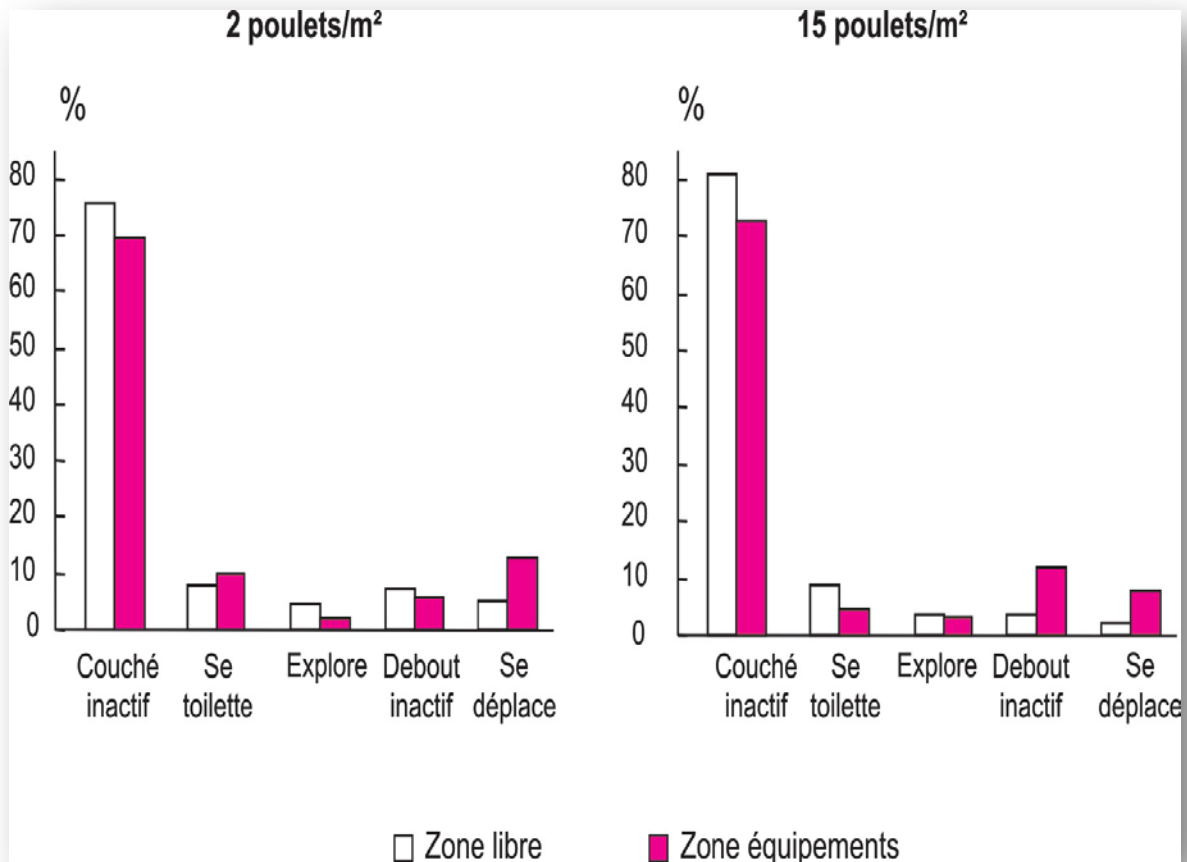
**Figure 3.** Influence de la densité d'élevage sur le pourcentage de poulets atteints de dermatites au niveau du coussinet plantaire (pododermatites) et des tarsi à l'âge de 6 semaines (Arnould et Leterrier, 2011).

L'impact que l'environnement propre du bâtiment a sur le rendement des poulets de chair à des densités élevées, ne peut pas être directement ressorti. Une étude récente conduite par Dawkins *et al.* (2004) a examiné l'effet de la densité d'élevage sur le bien être du poulet, des densités de 30, 34, 38, 42, 46 kg/m<sup>2</sup> ont été comparées. Mis à part l'enregistrement des conditions d'ambiance à l'intérieur du bâtiment (température, humidité relative, taux d'ammoniaque, intensité lumineuse et moisissure de la litière), le bien être du poulet a été estimé selon la mortalité, le niveau de corticostérone (hormone des stress), l'accentuation « Force/Structure » osseuse des pattes et l'aptitude à la marche. D'après cette expérimentation, à des densités élevées, le poulet a évolué lentement, a été plus bousculé et son aptitude à la marche était très réduite. Il a été conclu que les densités élevées affectent le bien être du poulet.

Quand la densité d'élevage augmente, les poulets diminuent le temps qu'ils consacrent à la marche. Ce temps est sévèrement affecté pour un chargement de 42 kg/m<sup>2</sup> comparé à des chargements plus faibles (variant de 4 à 30 kg/m<sup>2</sup>). Une comparaison entre des chargements de 24 et 32 kg/m<sup>2</sup> ou de 30 et 36 kg/m<sup>2</sup>, en élevage commercial, montre que le



temps dévolu à la marche est faible aux chargements les plus forts (Arnould et Leterrier, 2011) (Figure 4).



**Figure 4.** Activités, en % de temps consacré à chaque comportement, de poulets élevés à des densités de 2 poulets/m² et 15 poulets/m² (Arnould et Leterrier, 2011).

Finalement, les densités les plus fortes ont toujours un effet délétère sur le comportement des poulets, même si les chargements comparés varie selon les auteurs (par exemple : 25 kg/m² comparé à 30 kg/m² ou 30 kg/m² comparé à 36 kg/m²). Aux densités les plus fortes l'activité locomotrice, l'activité générale et le temps consacré au toilettage (fonction d'entretien du plumage) sont toujours diminués, alors que la fréquence des dérangements observés (le mal-être du poulet) sur les poulets au repos est augmentée (Arnould et Leterrier, 2011).

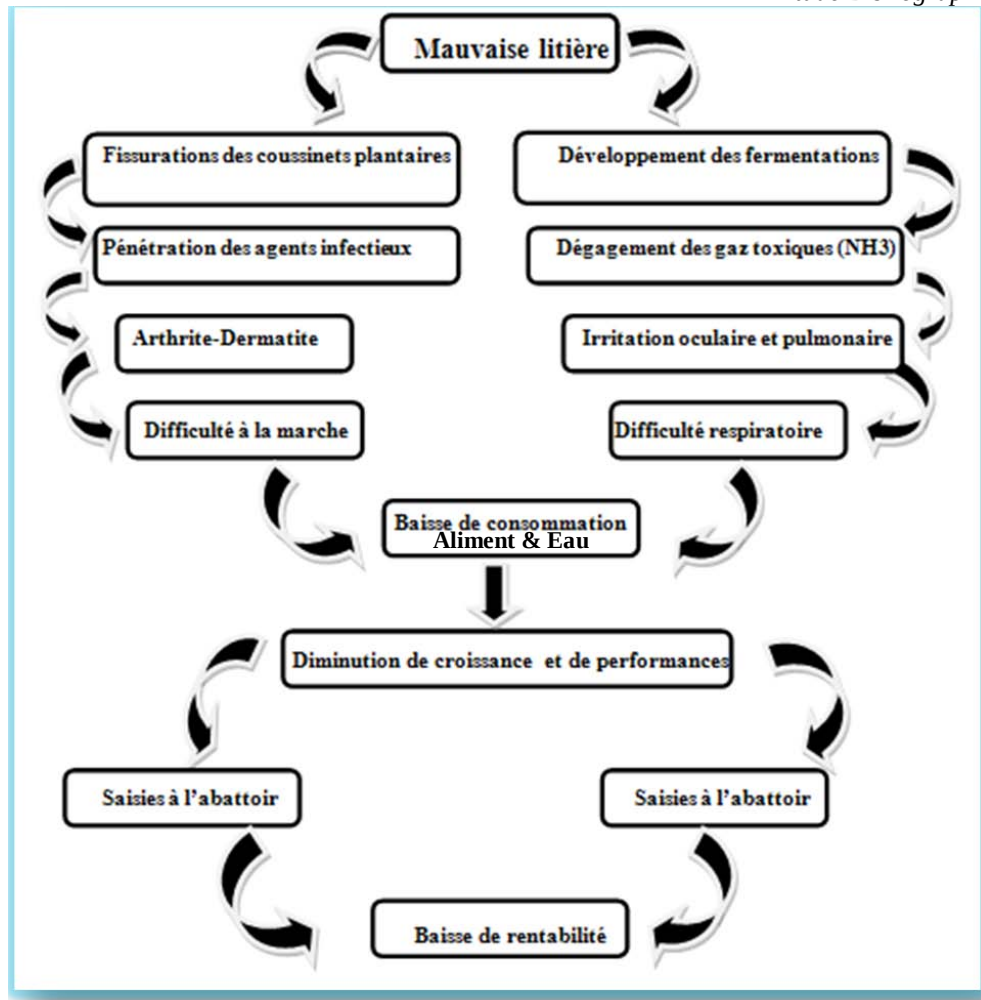


Bien que tous ces effets aient été démontrés, il est difficile de définir précisément un seuil au-delà duquel tous ces facteurs sont affectés. En effet, l'impact de la conduite d'élevage sur ce seuil est considérable. Par exemple, pour une densité d'élevage identique, les résultats obtenus sur la croissance ou sur les lésions cutanées dépendront en particulier de la capacité à avoir une ventilation adéquate (Dawkins *et al.* 2004).

#### **IV. Influence de la densité d'élevage sur la qualité de la litière**

De façon générale, la litière sert à isoler les poussins du contact avec le sol (microorganismes et froid) et à absorber l'humidité des déjections. Il est recommandé que la litière doive être saine, sèche, propre, absorbante, souple et constituée d'un matériel volumineux et non poussiéreux (exemple paille hachée et copeaux de bois). En effet, la qualité de la litière est le témoin des conditions d'élevage et de santé des poulets.

Les causes de la mauvaise litière sont : sol humide ou froid, litière insuffisante, non absorbante, trop tassée, forte densité par rapport à l'âge des poulets, mauvaise qualité de l'eau, microbisme, matériel d'abreuvement non réglé ou mal réparti, ventilation insuffisante ou mauvais circuit d'air, ambiance froide, problème pathologique, aliment (Source internet 1). Les conséquences d'une mauvaise litière sont illustrées dans le schéma suivant (Figure 5) :



**Figure 5.** Conséquences pathologiques d’une mauvaise litière (Schéma personnel)

Le poulet de chair n’exprime pas son potentiel génétique dans un environnement pauvre. La qualité de l’environnement intérieur du bâtiment est amplement dépendante de la qualité de la litière. La litière est un biotope idéal pour la prolifération bactérienne et la production de l’ammoniac. Les deux facteurs influençant la qualité de la litière sont le fumier et l’humidité (Ritz *et al* 2005). La présence des bactéries dans la litière contribue largement à la contamination des carcasses par l’augmentation de la charge bactérienne de la peau et des plumes (Bennett *et al*, 2003).

L’une des conséquences les plus importantes lors d’une élévation de la densité, c’est le changement de l’ambiance à l’intérieur du bâtiment. Comme décrit précédemment, une densité élevée s’accompagne habituellement par une augmentation de la température, de l’humidité, et aussi de CO<sup>2</sup> et du taux d’ammoniac. Un taux élevé de l’ammoniac (25 à 50 ppm) augmente l’incidence de l’inflammation des sacs aériens.



Une humidité élevée et une litière moisie augmentent également l'incidence des ampoules du bréchet, les brûlures du jarret et les dermatites des pattes. Néanmoins l'importance des effets de la densité dépend des facteurs techniques (qualité de la ventilation et le système de refroidissement) ainsi que des facteurs du management (condition de la litière et le programme lumineux). Cela veut dire que l'augmentation du nombre des sujets dans un bâtiment bien équipé pourrait avoir un minimum d'effets négatifs en les comparants avec un bâtiment défectueux (Estevez, 1999).

L'effet de la densité d'élevage sur la charge microbienne de la litière du poulet de chair a été examiné par Yardimci et Kenar (2008) (Tableau 6). D'après ces auteurs, il n'y a pas une différence significative entre les deux groupes élevés à des densités différentes (10 - 13 sujet/m<sup>2</sup> et 14-17 sujet/m<sup>2</sup>).

**Tableau 5.** Effet de la densité (sujets/m<sup>2</sup>) sur la population bactérienne (Yardimci et Kenar 2008)

|                                           | Groupe 1<br>(10-13 s/m <sup>2</sup> ), n=20 |      | Groupe 2<br>(14-17 s/m <sup>2</sup> ), n=20 |      | Test de<br>Student (p=) |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|------|---------------------------------------------|------|-------------------------|
|                                           | X                                           | ES   | X                                           | ES   |                         |
| Coliformes (10 <sup>6</sup> )             | 3,1                                         | 0,70 | 2,4                                         | 1,64 | 0,51                    |
| Salmonelles (10 <sup>4</sup> )            | 3,1                                         | 0,57 | 3,3                                         | 0,63 | 1,00                    |
| Moisissures<br>Levures (10 <sup>5</sup> ) | 0,9                                         | 0,16 | 1,3                                         | 0,35 | 0,41                    |
| Staphylocoques (10 <sup>5</sup> )         | 7,5                                         | 1,27 | 7,1                                         | 1,66 | 0,85                    |
| Clostridies (10 <sup>6</sup> )            | 3,1                                         | 1,01 | 3,2                                         | 0,89 | 0,95                    |
| <i>E. coli</i> (10 <sup>4</sup> )         |                                             |      |                                             |      |                         |

Thaxon *et al* (2003), ont rapporté que le nombre des bandes d'élevage utilisant la même litière n'a pas altéré significativement la population microbienne de la litière ce qui veut dire que pour les bactéries aérobies et anaérobies coliformes, staphylocoques, levures ; il n'y a pas de corrélation entre le nombre des bandes d'élevage et la population bactérienne de la litière. D'après cette étude, la variation de la densité d'élevage de 10 à 17 sujet/m<sup>2</sup> n'a pas affecté la charge bactérienne de la litière.



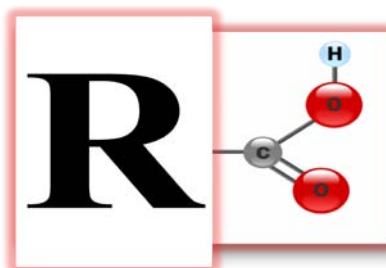
## CHAPITRE 2

# Acides organiques : Effets sur la croissance et la physiologie du poulet

### I. Rappel sur les acides organiques et leurs fonctions

#### I.1. Définition

Les acides organiques, appelés « acides carboxyliques » forment une classe de composés, comprenant les acides aminés et les acides gras, caractérisés par la présence du groupe fonctionnel carboxyle (COOH), auquel se rattache une chaîne présentant un nombre variable d'atomes de carbone, désignée par le radical (R) (Figure 6).



**Figure 6.** Fonction carboxylique d'un acide organique (R : radical, Schéma personnel).

#### I.2. Nomenclature et propriétés chimiques des acides carboxyliques

Au système de la nomenclature IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry : union internationale de chimie pure et appliquée), le carbone carboxylique est désigné #1. Le suffixe IUPAC caractéristique du groupe carboxylique est "acide oïque", une attention particulière doit être prise afin de ne pas confondre la nomenclature usuelle avec celle du système commun similaire. Ces deux nomenclatures sont illustrées dans le tableau 6 (Source internet 2) :



**Tableau 6.** Nomenclature de quelques acides carboxyliques et leurs points de congélation et d'ébullition (Source internet 2)

| 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              | 118°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 enanthique   | 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             |

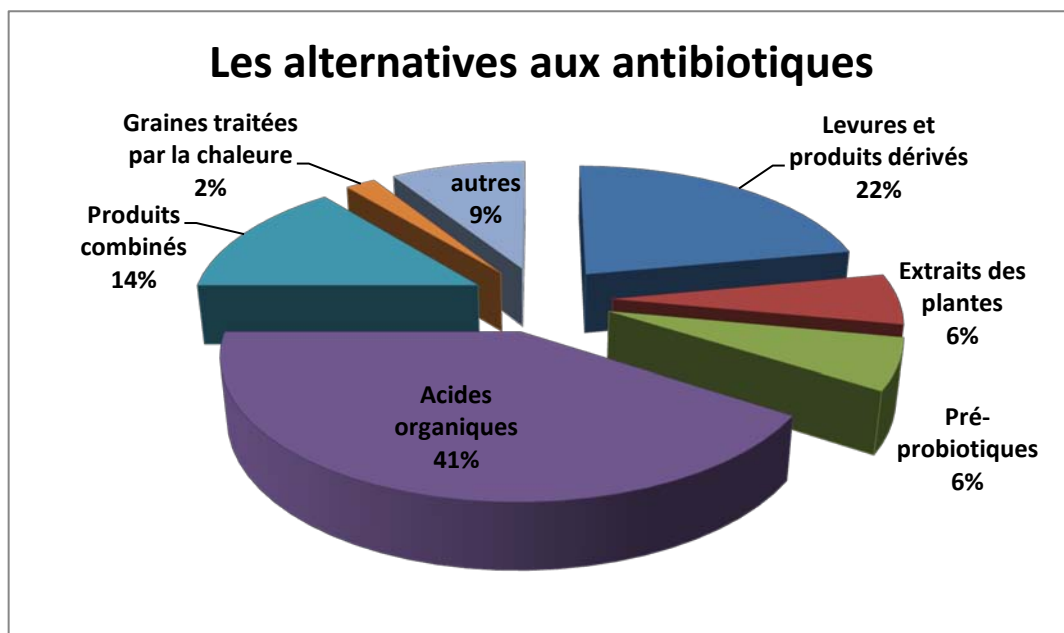
En général, les acides organiques sont des acides faibles qui ne se dissocient pas complètement dans l'eau, tandis que les plus forts acides minéraux le font. Le faible poids moléculaire des acides organiques tels que l'acide formique et l'acide lactique les rend miscibles dans l'eau, mais le poids moléculaire élevé des acides organiques tels que l'acide benzoïque les rend insolubles dans leur forme moléculaire (neutre) (Patanen *et al*, 1999). D'autre part, la plupart des acides organiques sont très solubles dans les solvants organiques. L'acide P-toluène-sulfonique est un acide fort relativement utilisé en chimie organique parce qu'il est capable de se dissoudre dans les solvants organiques (Dibner *et al*, 2002).

Au laboratoire, les acides organiques sont préparés grâce à des réactions chimiques équilibrées afin d'obtenir une molécule stable et homogène (cf. Annexe 1).



### I.3. Utilisation des acides organiques dans les aliments

L'utilisation des acides organiques est recommandée pour abaisser le pH d'un aliment, en vue de sa conservation, et protéger la santé des animaux. En effet, plusieurs recherches montrent les avantages que procure l'utilisation des acides organiques dans le contrôle des affections provoquées par les bactéries entéropathogènes. Cependant l'utilisation des acides organiques connaît aussi des limites. La limite majeure est qu'ils sont également utilisés par l'animal comme une source d'énergie. Par ailleurs, la supplémentation de l'animal de façon concomitante par des acides organiques et des probiotiques pourraient avoir un effet direct contre les *E. coli* ou d'autres bactéries entéropathogènes (Murray *et al*, 2008).



**Figure 7.** Les alternatives aux antibiotiques dans la nutrition animale (Murray *et al*, 2008).

Effet la partie non dissociée (non ionisée) des acides organiques peut traverser la paroi cellulaire des bactéries, et perturber la physiologie de certains types de bactéries que qualifiées 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.*, *C. perfringens*, *Listeria monocytogenes*, et *Campylobacter* (Patanen *et al*, 1999).

Lors de la diffusion passive des acides organiques à l'intérieur de la bactérie, où le pH est proche de la neutralité ou légèrement au-dessus, les acides se dissocient et abaissent le pH interne des cellules bactériennes, conduisant à des situations qui compromettent ou arrêtent la



croissance des bactéries. D'autre part, la partie anionique des acides organiques qui ne peuvent pas échapper à la bactérie parce que non dissociée s'accumule dans les bactéries et perturbe de nombreuses fonctions métaboliques, ce qui conduit à une augmentation de la pression osmotique, incompatibles avec la survie de la bactérie (Dibner *et al*, 2002).

Il a été ainsi démontré que l'état des acides organiques (non dissocié ou dissocié) détermine sa capacité à inhiber la croissance des bactéries. L'acide lactique et ses sels (lactate de sodium et de lactate de potassium) sont largement utilisés comme antimicrobiens dans les produits alimentaires, en particulier, la viande, la volaille, le jambon et les saucisses (Brul *et al*. 1999).

## **I.4. Fonctions et modes d'action des acides organiques**

### **I.4.1. Fonctions générales des acides organiques**

De façon générale, les acides organiques sont connus pour avoir les fonctions suivantes :

- Maintenir d'un pH optimum au niveau stomacal ; assurant ainsi l'activation correcte et le bon fonctionnement des enzymes protéolytiques.
- Optimiser la digestion protéique dans l'estomac.
- Stimuler la consommation alimentaire par l'amélioration du goût de l'aliment.
- Inhiber la croissance des bactéries pathogènes ; levures.
- Améliorer la digestibilité protéique et énergétique par la diminution de la compétition microbienne avec l'hôte pour les nutriments.
- Diminuer l'incidence des infections sub-cliniques.
- Réduire la production d'ammoniaque et les autres métabolites dépresseurs de la croissance.
- Augmenter les sécrétions pancréatiques et aussi du mucus gastro-intestinal.
- Favoriser l'absorption minérale par la création d'un pH idéal à l'intérieur de l'intestin (Avinash, 2005).



### I.4.2. Modes d'action des acides organiques

Différents aspects du fonctionnement des acides organiques au regard de leurs activités antibactériennes, ont été illustrés dans la revue de Cherrington *et al.* (1991) et celle de Russell (1992).

L'activité antibactérienne des acides organiques, est liée à leur capacité à réduire le pH dans la cellule bactérienne, donc à sa capacité à se dissocier, qui est déterminée par la valeur de son pKa, et à la valeur du pH du milieu environnant. Cette activité antibactérienne augmente lorsque la valeur du pH intracellulaire baisse.

Les acides organiques sont plus ou moins liposolubles dans leur forme indissociée, forme qui leur permet de traverser la paroi des cellules bactériennes, des mécanismes de transport intermédiaires semblent aussi être impliqués. Une fois à l'intérieur de la cellule, l'acide libère d'autant plus de protons que le milieu est basique, il en résulte une diminution du pH intracellulaire. Ce qui inhibe l'action des enzymes bactériennes, et qui conduit la cellule bactérienne à épuiser son énergie afin de libérer les protons, induisant une accumulation intracellulaire des anions acides. Cette accumulation dépend du gradient du pH et de la différence de protons à travers la membrane. Les anions acides possèdent un important effet antibactérien. Plusieurs recherches ont prouvé l'effet bactéricide des acides organiques, qui exercent leur effet par la diminution du pH dans le tractus gastro-intestinal (Cherrington *et al.*, 1991).

L'action antibactérienne des acides organiques dépend de la sensibilité de la bactérie au pH (*E. coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*), ou de la non sensibilité de la bactérie au pH (*Bifidobacteria*, *Lactobacillus* spp).

L'acide organique en son état indissocié ; non ionisée 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  $H^+-ATPase$  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 décarboxylase 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 aniono-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.
- Accumulation des anions toxiques.

Généralement, les bactéries acido-lactiques sont capables de pousser dans un milieu relativement acide ce qui signifie qu'elles sont plus résistantes aux acides organiques que les autres espèces bactériennes, comme par exemple *E. coli*. Cela est dû au fait que les gram-positives, ont une concentration intracellulaire élevée en potassium ce qui permet de neutraliser les anions acides (Russell et Diez-Gonzalez, 1998). En général, l'effet antimicrobien augmente avec l'élévation de la concentration des anions acides et aussi à la longueur de la chaîne carbonique. Les bactéries gram-négatives sont capables de métaboliser les acides organiques à moyenne ou longue chaînes. Par conséquent les cellules végétatives sont plus sensibles que les autres formes (spores) (Cherrington *et al*, 1991).

### **I.4.3. Sites d'action des acides organiques**

Les acides organiques expriment leur action antimicrobienne à la fois dans l'aliment et dans le tractus gastro-intestinal de l'animal, selon une diète en acides organiques, qui couvre uniquement la partie proximale du tractus gastro-intestinal. Cela concorde avec les observations sur les effets des acides organiques en relation avec le pH digestif et l'activité antimicrobienne obtenus au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle.



En aviculture, les bactéries pathogènes, comme les *Salmonelles* gagnent le tractus gastro-intestinal à travers le jabot. L'environnement du jabot (composition bactérienne et pH) n'est pas propice au développement des bactéries pathogènes. En effet le taux élevé de Lactobacille et le pH bas du jabot minimisent le développement des *Salmonelles* (Hinton *et al*, 2000). Aussi, une diète en acides organiques du poulet de chair peut avoir un rôle bénéfique dans la partie supérieure du tractus digestif (jabot et gésier).

Une supplémentation d'une combinaison d'acide formique et propionique (bio-add), permet l'enregistrement de concentrations élevées de ces acides au niveau du jabot et du gésier (Thompson et Hinton, 1997). Une étude effectuée sur le métabolisme en utilisant une diète en acide propionique, a révélée que seule une légère quantité de d'acide propionique gagne les parties basses du tractus digestif et le caecum (Hume *et al*. 1993).

### **I.5. Adaptations bactériennes aux acides organiques**

Une tolérance (adaptation) aux environnements acides est reconnu comme une stratégie importante de survie des plusieurs micro-organismes eucaryotes et procaryotes. Un développement récent de la compréhension de ce phénomène, implique l'identification des gènes structurels impliqués dans le mécanisme spécifique de la tolérance. La tolérance induite aux acides, a été révélée dans plusieurs micro-organismes gram,-positifs et gram-négatifs. (Bearson *et al*, 1997).

Par conséquent, différents micro-organismes, développent des stratégies de survie aux acides (Lin *et al*, 1995). En se basant sur les résultats de Bearson *et al*. (1997), il ya une corrélation entre la réponse des entérobactéries à un stress acide et leur pathogénécité. Kwon et Ricke (1998), ont suggéré qu'un AGCC (Acide Gras à Chaine Courte), qui se trouve dans le tractus gastro-intestinal des animaux supérieurs ou dans l'aliment, peut contribuer au rehaussement de la virulence de *S. Typhimurium* par une acido-tolérance croissante.

Saklani-Jusforgues *et al*. (2000), ont étudié l'effet de l'acido-adaptation de *Listeria Monocytogenes* par un processus de translocation après inoculation intragastrique à des souris, ils ont observé une survie élevée de *L. Monocytogenes* acido-adaptée (jusqu'à un pH=5.5) dans la lamina propria du caecum et du colon des souris comparés à la *L. Monocytogenes* non acido-adaptée (à un pH=5.5). En plus, le taux de translocation des bactéries acido-adaptées dans les nœuds lymphatiques mésentériques est élevé comparé à celui bactéries non « acido-adaptées ». Les bactéries *in vitro* sont connues pour s'adapter aux



acides. Cependant ce phénomène n'est pas observé dans le tractus gastro-intestinal, lors de supplémentation en acides organiques de porcelets ou même poulets de chair.

En conclusion :

- 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.
- Il est bien noté que 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'adaptation bactérienne est reliée à l'usage extensif des acides organiques et pourrait être considérée comme étant un problème et challenge au futur.

## II. Utilisation des acides organiques en nutrition animale

Les acides organiques ont été utilisés avec succès dans la production porcine depuis plus de 25 ans. 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 de 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 similaires ou supérieures à celle des antibiotiques facteurs de croissance, sans problème de santé publique. En effet ils peuvent être utilisés à titre préventif dans les problèmes intestinaux comme l'entérite nécrotique chez les poulets et lors d'infection à *Escherichia coli* chez les jeunes porcs. Ils peuvent également réduire le nombre de porteurs pour les espèces *Salmonella* et *Campylobacter* (Dibner *et al*, 2002). Néanmoins, les résultats obtenus différent selon les additifs utilisés (Tableau 7).

**Tableau 7 .** Hiérarchie de l'efficacité de certains acides organiques (Source internet 3)

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

## II.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*, *Clostridies*, *E. coli*) dans le contenu de l'estomac, jéjunum, caecum, 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 des coliformes dans l'intestin grêle (Vogt *et al.* 1981). Waldroup *et al.* (1995) ont étudié l'utilisation de l'acide citrique à des concentrations supérieures à 1% et sa relation avec la colonisation caecale par *Salmonella typhimurium* et la contamination de la carcasse



utilisant un challenge oral. Le nombre des poulets colonisés par *Salmonella typhimurium* 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 du caecum.

## **II. 2. Utilisation de l'acide propionique**

Une étude menée par Mathew *et al.* (1991) sur des porcelet 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% de ce même produit a diminué le nombre de coliformes et d'*E. Coli* dans l'intestin grêle sans aucun effet sur le pH intestinal (Izat *et al.* 1990).

## **II.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 d'*E. Coli* entérotoxique et a réduit le taux de mortalité des animaux.

Des porcelets nourris par une diète supplémentée par 0,7, 1.4 ou 2,8% d'acide lactique ont montré un changement des caractéristiques gastro-intestinales (Maribo *et al.*, 2000). En effet le pH du tractus gastro-intestinal a diminué et la densité des lactobacilles dans l'intestin grêle a diminuée également (1.4% d'acide lactique), elle a par contre augmenté au niveau du caecum et du colon (0.7 % d'acide lactique). En plus l'acide lactique a réduit le taux des coliformes et augmenté le taux des 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 caecales ou contre la contamination des carcasses par les Salmonelles (Izat *et al.* 1990).

## **II.4. Utilisation de l'acide Formique**

L'addition du potassium diformate (Formi) à 0.9 et 1.8% a fait baisser le pH duodénal 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 observé 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 facteurs de croissance. Ce qui conduit récemment l'EU à reconnaître ce produit comme facteur de croissance.

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% de formate de calcium et de 0.25% d'acide formique, a significativement réduit les taux de Salmonelles sur les carcasses, au niveau caecal le nombre de Salmonelles a été lors d'une supplémentation par 0.36% du formate du calcium ou 0.25% d'acide formique (Izat *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*.

### III. Effets des acides organiques sur la santé et les performances du poulet de chair

Globalement, la santé du tube digestif est l'un des facteurs majeurs qui permettent d'assurer les performances des oiseaux et ainsi l'économie de la production avicole. Le profil de la microflore intestinale joue un rôle capital dans la santé du tube digestif. La composition de la microflore intestinale est le résultat de la compétition qui s'opère entre la flore commensale (Gram positives) et entéropathogène (Gram négative).

A l'état physiologique, il y a un équilibre entre la population Gram positive et Gram négatif avec un pH physiologique. Dans les conditions physiologiques, on observe une prédominance des bactéries Gram positives. La balance se déséquilibre, quand il ya un changement de pH du à l'ingestion de toxiques chimiques ou d'agents chimio thérapeutiques, ou même lors d'un changement dans la composition alimentaire.



Les conditions sanitaires sont altérées lorsqu'un changement marqué s'opère en faveur de la population entéropathogène. La multiplication des bactéries nocives, pourrait commencer au niveau du jabot lui-même : si le séjour de l'aliment à ce niveau est long et s'il y a présence des moisissures ; en plus de la température corporelle, cela favorise la multiplication de cette microflore nocive. Pour cette raison, le maintien du pH idéal pour la balance microbienne est capital pour les conditions sanitaires du tractus digestif.

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'alimentation, le tractus digestif et le cytoplasme inhibant ainsi la croissance des bactéries pathogènes intestinales.

Cette inhibition réduit la compétition de la microflore pour les nutriments de l'animal hôte, il 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 8).

Les poulets qui ont reçu une combinaison d'acides organiques (Tableau de PKa des acides organiques, annexes), ont montré une baisse de l'ingéré alimentaire avec un poids corporel et un gain de poids après 6 semaines d'âge, comparables à celui des poulets traités par des antibiotiques. Le traitement par les acidificateurs, a réduit la charge bactérienne et la charge fongique, a amélioré la hauteur des microvillosités intestinales. (Paul et Samanta. 2007).

Une expérimentation menée sur 120 males de poulet de chair a été réalisé de J1 à J42 d'âge par Hernandez *et al.* (2005). Ils ont utilisé 4 traitements : T1.Témoin/T2 ; Avilamycine 10 mg/Kg /T3 ; FA5 : 5mg/g d'acide formique/T4 ; FA10: 10mg/g d'acide formique. Aucune différence de poids vif, de l'ingéré alimentaire, ou de l'Indice de conversion n'a été observée avec les 4 traitements. Il y avait un effet significatif sur la digestibilité des matières sèches au niveau de l'iléum à J42. Le pH du jéjunum n'est pas affecté par l'acide formique avec les deux doses, les résultats n'ont pas montré de façon précise, l'effet positif de l'acide formique sur l'histomorphologie intestinale. D'autre part, aucune différence n'est notée sur les métabolites sanguins avec les quatre traitements et le taux du calcium et du phosphore ne sont modifiés par la supplémentation de l'acide formique. On conclue, que lors de la supplémentation de l'acide formique, en tenant en compte des bonnes conditions d'hygiène, il n'y a pas clairement un effet positif sur les performances zootechniques du poulet de chair, sur la morphométrie intestinale, ou les niveaux des métabolites plasmatiques. Néanmoins, il y a eu un effet marqué sur la digestibilité des nutriments au niveau de l'ileum.



**Tableau 8.** Effets des acides organiques les plus utilisés dans l'aliment de la volaille  
(synthèse de plusieurs auteurs)

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

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



Sheikh Adil et Tufail Banday (2010), ont conduit une étude pour montrer l'effet de la supplémentation des acides organiques sur les performances, morphométrie intestinale, et la biochimie du sérum du poulet de chair. Le traitement a consisté en la supplémentation des acides organiques à l'échelle suivante : 2% acide butyrique (T<sub>2</sub>), 3% acide butyrique (T<sub>4</sub>), 2% acide fumarique (T<sub>4</sub>), 3% acide fumarique (T<sub>5</sub>), 2% acide lactique (T<sub>6</sub>), and 3% acide lactique.

La consommation alimentaire ne montre pas de différence significative avec tous les traitements. Les poulets ayant fait l'objet d'une diète supplémentée par des acides organiques, ont enregistré une amélioration significative de l'Indice de Conversion, cela pourrait être dû à la meilleure utilisation des nutriments donnant une amélioration du gain du poids corporel. Les poulets ayant reçu des acides organiques, n'ont montré aucune différence significative de la qualité de la carcasse entre les différents traitements.

Une étude menée par Talibi *et al* (2010), menée sur 308 poulet de chair, ayant reçu une diète supplémentée de trois acides organiques : acides citrique, benzoïque, tartarique à raison 0.5 et 1%. A J49, aucun effet significatif de l'acide citrique à 0.5% n'a été observé sur tous les paramètres. A 1% l'acide benzoïque a entraîné une baisse significative de l'ingéré alimentaire entre j 21 et j 42. La moyenne du gain de poids de j 21 et j 42 a montré une baisse significative.

Gheisari et Heidari en 2006, ont mené une étude expérimentale afin d'investiguer les effets de trois diètes contenant des niveaux différents d'acides organiques (Acide formique, acide propionique à 0, 0.2 et 0.4%), sur la microflore digestive et la digestibilité protéique de l'iléon du poulet de chair (156 sujets).

Les résultats montrent qu'aucune différence significative n'a été enregistrée sur la digestibilité protéique par les trois niveaux d'acides organiques. Cependant, le dénombrement des colonies de lactobacilles et de coliformes a été affecté et montre une baisse en fonction des niveaux d'incorporation en acides organiques. En effet, on note une augmentation des lactobacilles et une diminution des coliformes au niveau de l'iléon à 24 et 42 j d'âge. Il faut bien noter également que le nombre de colonies de coliformes et de lactobacilles est plus élevé à j 42 qu'à j 24. On peut en conclure que la supplémentation des acides organiques à



raison de 0.2% a pu améliorer la prolifération de la microflore commensale d'une part, et d'autre part inhiber la prolifération de la microflore pathogène.

Ayant un effet antibiotique, les acides organiques à chaîne courte à leur tour 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 5.8 à 6.2 de pH (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* en 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 BIOTRONIC SE ; (17,4% d'acide formique, formate d'ammonium 14,1%, acide propionique 12,4%, Propionate d'ammonium 8.4%). L'utilisation des acides organiques a donné un gain de poids nettement supérieur significativement ( $P < 0,001$ ). par rapport aux témoins. Concernant le poids des organes digestifs, aucune différence significative ( $P < 0,001$ ). n'a été enregistrée par la supplémentation des acides organiques. Le taux de *E. coli* a été réduit significativement ( $P < 0,001$ ). par la supplémentation des acides organiques par rapport aux témoins.

Une étude similaire, menée par Çelik *et al* (2007), l'expérimental était basée sur la supplémentation d'une mixture d'acides organiques à base d'Acide Formique 17.4 Format d'ammonium 14,1 Acide propionique 12.4 Propionate Ammonium 8,4, l'étude a été réalisée afin d'examiner l'effet des acides organiques sur les paramètres zootechniques du poulet de chair. Le poids corporel des lots supplémentés par des acides organiques est significativement supérieur à celui des lots témoins. ( $P < 0.001$ ). On en déduit que les acides organiques ont eu un effet positif sur le poids corporel à l'abattage. L'ingéré alimentaire est affecté par la supplémentation des acides organiques, les résultats obtenus sont plus élevés comparativement aux témoins mais pas de façon significative.



Une étude récente d'AL-Kassi (2009), portée sur l'effet des acides organiques seuls ou associés sur les performances du poulet de chair. Trois cent (300) poussins (Arbor-Acres) d'1 jour d'âge ont été utilisés. Les lots traités ont reçu une diète supplémentée par des acides organiques, ces derniers sont utilisés comme suit : 0,1% d'acide formique, 0,2% d'acide propionique, 0.3% synergie d'acide formique/propionique, le dernier était un produit BIOTRONIC était testé. D'après cette étude, à 6 semaines d'âge, le poids vif le plus élevé (2445,5 g) a été obtenu avec le traitement T3 qui implique 0,2% d'acide propionique, suivi par le T2 (2424,9 g), T5 (2378,6 g), T4 (2375,8). Le groupe témoin T1 a donné un poids vif de 2186,8 g. De même, les résultats obtenus par ces auteurs montrent les effets de l'addition des acides organiques (formique et propionique) sur la balance microbienne du tractus digestif avec une réduction des taux bactériens aux différentes parties du tractus digestif.

# *Matériels & Méthodes*



**N**otre essai a pour objectif d'évaluer, dans nos conditions locales, l'effet de l'addition d'acides organiques dans l'eau de boisson (mélange commercial d'acides formique, propionique et lactique), sur les paramètres zootechniques et la flore coliforme intestinale du poulet de chair, soumis à différentes densités d'élevage. Nous avons également examiné l'impact de ces traitements sur la qualité de la litière.

## 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.

La période expérimentale s'étalait du 14 mars au 04 mai 2010 soit une durée d'élevage complet de 49 jours, puis les différentes analyses (Flore coliforme, litière), ont été effectuées au niveau des laboratoires de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, (ENSV).

## II. Animaux

Trois milles (**3000**) poussins chair **d'1 jour** (sexes mélangés), de souche **ISA F15 Hubbard**, provenant d'un même couvoir (Dar El Beida, SIFAAC Sarl : Société Industrielle Fabricant d'Aliments et Accoureur), ont été triés, pesés et divisés en 6 groupes de poids homogène ( $44,6 \pm 0,2$  g), désignés comme suit (Tableau 9) :

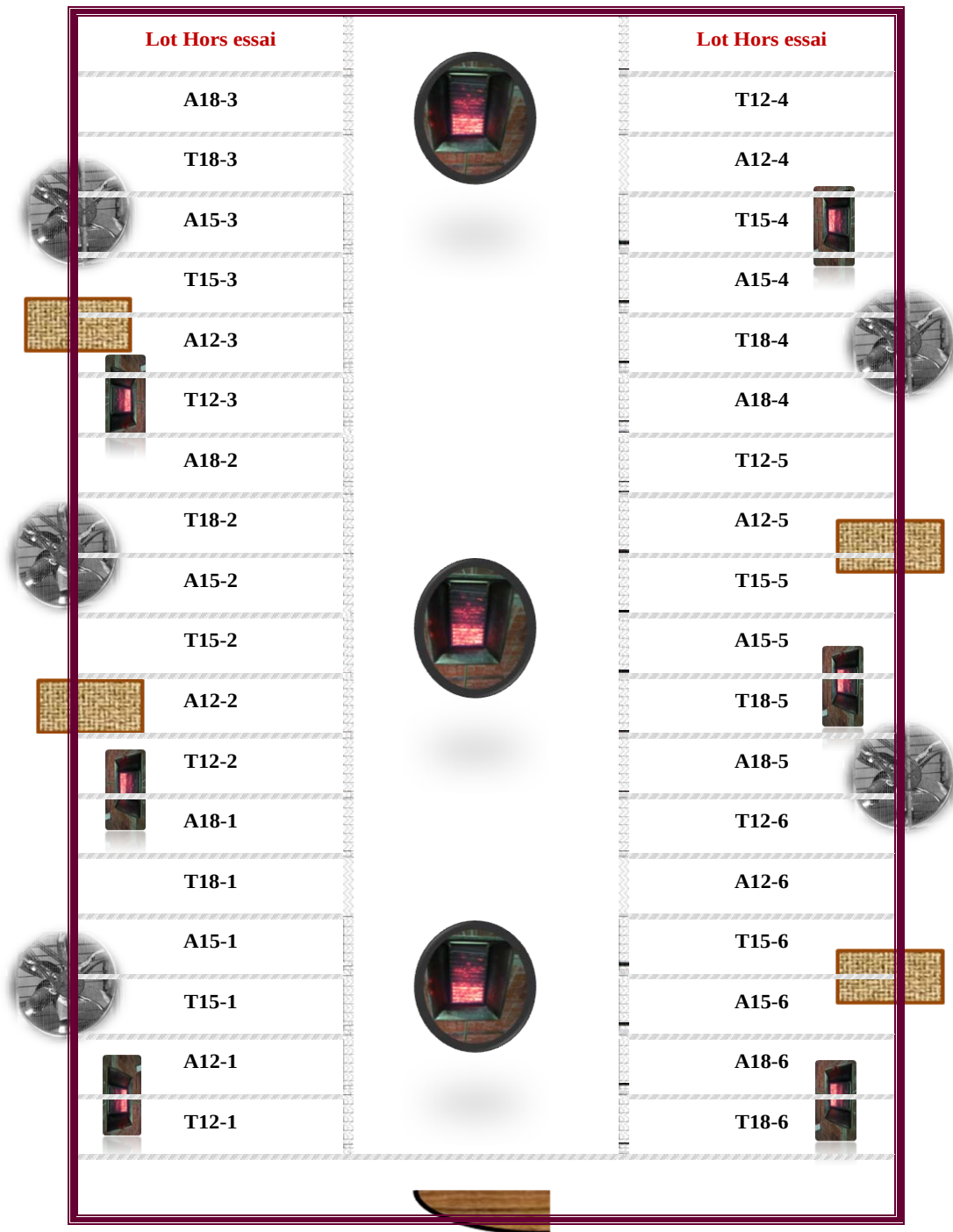
**Tableau 9.** Présentation des 6 groupes expérimentaux.

| Groupes  | Désignation | Densité d'élevage        | Additifs dans l'eau de boisson | Nombre de sujets (n=) | Nombre de répétitions |
|----------|-------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Groupe 1 | T12         | 12 sujets/m <sup>2</sup> | Témoin                         | 360                   | 6 x 60 sujets         |
| Groupe 2 | A12         | 12 sujets/m <sup>2</sup> | Acides organiques              | 360                   | 6 x 60 sujets         |
| Groupe 3 | T15         | 15 sujets/m <sup>2</sup> | Témoin                         | 450                   | 6 x 75 sujets         |
| Groupe 4 | A15         | 15 sujets/m <sup>2</sup> | Acides organiques              | 450                   | 6 x 75 sujets         |
| Groupe 5 | T18         | 18 sujets/m <sup>2</sup> | Témoins                        | 540                   | 6 x 90 sujets         |
| Groupe 6 | A18         | 18 sujets/m <sup>2</sup> | Acides organiques              | 540                   | 6 x 90 sujets         |



**Deux lots hors essai (HS)** comportant **150 sujets chacun**, ont été également constitués pour remplacer la mortalité quotidienne durant la période d'élevage. Le **1<sup>er</sup> lot HE** était abreuvé avec une eau supplémentée en acides organiques alors que le **2<sup>ème</sup> lot HE** recevait une eau témoin sans additifs. En pratique, au cours de tout l'essai, les sujets morts sont pesés et remplacés par un sujet de même poids provenant des lots hors essai correspondant. Ceci permet d'assurer les mêmes densités que celles initiales tout le long de la période d'élevage.

Enfin, la répartition des lots expérimentaux au sein du bâtiment a été réalisée de manière à avoir une disposition homogène des sujets selon les traitements étudiés ([Figure 8](#)).



**Figure 8.** Répartition des lots expérimentaux (6 parquets pour chacun des 6 traitements) au sein du bâtiment d'élevage.



### III. Traitements expérimentaux

Dans cet essai, nous comparons **6 traitements expérimentaux**, décrits précédemment (Tableau 9) : les groupes (**T**) Témoins recevant une eau de boisson sans additifs et élevés à 3 densités différentes (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) et les groupes (**A**) recevant des Acides organiques dans l'eau de boisson et soumis également à 3 densités d'élevage différentes (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>).

**Les acides organiques utilisés dans cet essai** correspondent à 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). Il s'agit d'un mélange composé principalement **d'acide formique et de ses sels, d'acide propionique et d'acide lactique**. La 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.

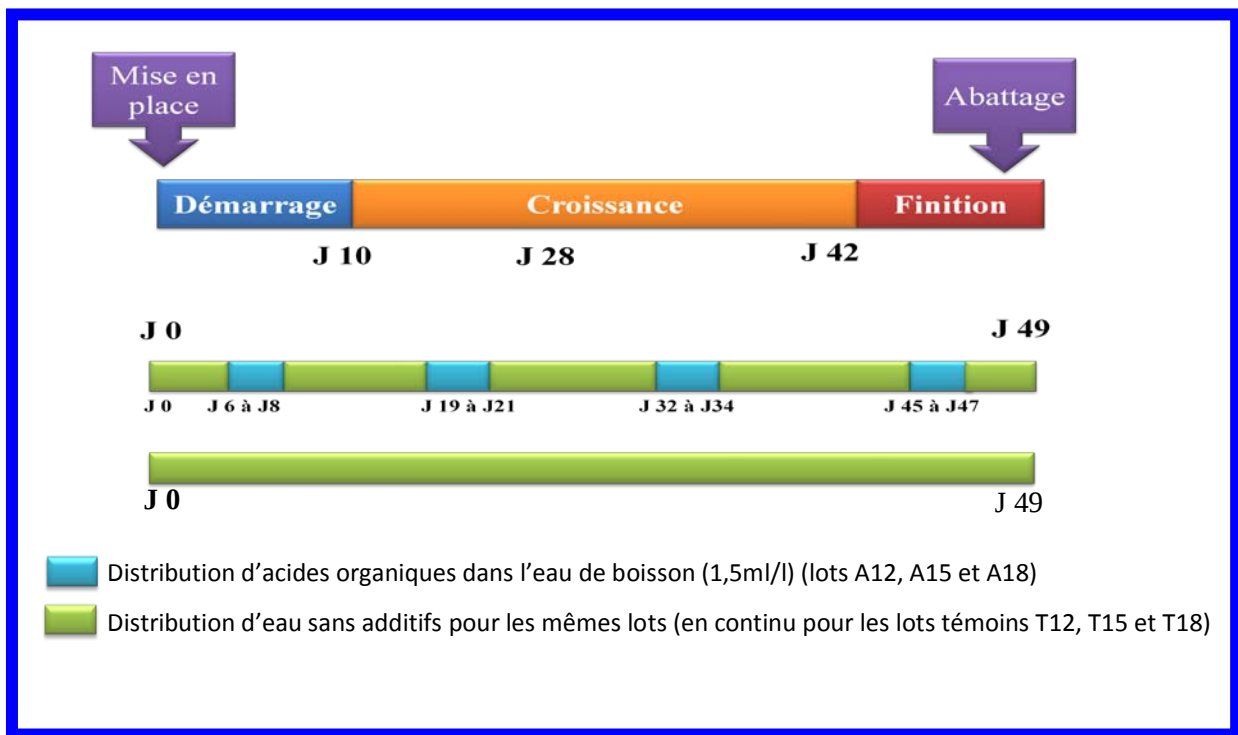
**La distribution des acides organiques dans l'eau de boisson**, pour les lots concernés (A12, A14 et A18), a été réalisée, selon les recommandations du fournisseur, tout au long de l'essai mais sur un **mode discontinu** c.à.d. sous forme de **4 phases** d'une durée de 3 jours chacune et espacées entre 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, les lots A12, A15 et A18, ainsi que les lots témoins (T12, T15 et T18) ont été abreuvés à volonté avec une eau courante sans additifs (voir figure 8).

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 groupes concernés (A12, A15 et A18).

L'impact des traitements étudiés est évalué sur l'évolution des paramètres de croissance et de la mortalité. A la fin de l'essai (J49), une analyse de la flore bactérienne coliforme au niveau digestif et des caractéristiques de la carcasse à l'abattage a été réalisée sur un échantillon de sujets représentatifs de chaque traitement. Le dispositif expérimental et les mesures effectuées sont récapitulés ci-après (Figure 9):



| Mesures effectuées                                        | n= | J0                                   | J10 | J28 | J42 | J49 |
|-----------------------------------------------------------|----|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Poids vif <sup>§</sup>                                    | 6  | +                                    | +   | +   | +   | +   |
| Refus d'aliment <sup>§</sup>                              | 6  | +                                    | +   | +   | +   | +   |
| Mortalité                                                 | 6  | Relevé quotidien durant tout l'essai |     |     |     |     |
| Rendement de la carcasse <sup>#</sup>                     | 12 |                                      |     |     |     | +   |
| Dénombrement de la flore coliforme digestive <sup>#</sup> | 6  |                                      |     |     |     | +   |

**Figure 9.** Schéma récapitulatif du protocole expérimental

(<sup>§</sup> Mesures collectives ; <sup>#</sup> Mesures individuelles ; n= nombre de répétitions pour chaque mesure).

## IV. Aliment

Durant tout l'essai, l'ensemble des poulets a été nourri, *ad libitum*, avec 3 types d'aliments standards successifs, correspondant à chaque phase d'élevage, à savoir :



- Aliment «Démarrage» distribué entre J1 et J10
- Aliment «Croissance» distribué de J11 à J42
- Aliment «Finition» distribué entre J43 et J49

Ces aliments ont été fabriqués par l'Unité d'Aliment Bétail (UAB) de Baba Ali d'Alger et ont été fournis sous forme de farine ; leurs composition et caractéristiques (calculées) sont présentées ci-dessous (Tableau 10).

**Tableau 10.** Composition et caractéristiques des aliments utilisés durant l'essai (%).

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

<sup>§</sup> CMV D-C : complément minéral et vitaminique pour les phases de démarrage et de croissance,  
CMV F : complément minéral et vitaminique pour la phase de finition.

## V. Bâtiment d'élevage et conditions d'ambiance

### V.1. Bâtiment

Tous les poulets ont été élevés dans un même bâtiment afin de s'assurer de conditions environnementales similaires (programme lumineux, température, hygrométrie, ...).

Le bâtiment d'élevage utilisé (Figure 10) est de type obscur à ambiance contrôlée ayant une superficie de 296,1 m<sup>2</sup>. Il est divisé en 2 blocs de 36 parquets de 5,72m<sup>2</sup>, disposés de part et d'autre d'un couloir de 2,2m de large et d'un SAS comprenant un lieu de dépôt d'aliments, une citerne d'eau et une armoire de contrôle des facteurs d'ambiance (température et ventilation) et des humidificateurs.

La ventilation est dynamique, assurée par des clapets pour l'entrée d'air et l'extraction des gaz est réalisée par cinq extracteurs (3 petits et 2 grands).

Le chauffage du bâtiment est réalisé par des radiants. L'éclairage est assuré par 8 néons (1 pour 2 parquets) et 1 lampe par parquet.



**Figure 10.** Vues (extérieure et intérieure) du bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai.

## **V.2. Programme de température et éclairage**

Le programme de température appliqué est celui préconisé pour la souche de poulet utilisée (Tableau 11). Durant tout l'essai, la température d'élevage a été contrôlée.



**Tableau 11.** Les températures ambiantes appliquées selon l'âge des poulets.

| Age des sujets (en semaines) | Température ambiante (°C) |
|------------------------------|---------------------------|
| 1                            | 32-34                     |
| 2                            | 30-32                     |
| 3                            | 26-29                     |
| 4 – 5                        | 24-25                     |
| 6 – 7                        | 20-22                     |

Durant tout l'essai, l'éclairage était de 24 heures avec une intensité maximale à 100% de son potentiel ( $3\text{watt/m}^2$ ).

## VI. Equipements d'élevage

### VI.1. Le matériel d'alimentation

Trois types de mangeoires, adaptés à l'âge des animaux ont été utilisés dans cet essai : des assiettes circulaires en plastique pendant les 6 premiers jours ; des mangeoires linéaires du 7<sup>ème</sup> au 11<sup>ème</sup> jour d'âge et des trémies suspendues au plafond dont la hauteur est réglée selon la taille des poulets, du 11<sup>ème</sup> jour jusqu'à l'abattage.

### VI.2. Matériels d'abreuvement

Au départ de l'élevage, des abreuvoirs siphoniques sont utilisés, à raison d'un abreuvoir par parquet du 1<sup>er</sup> au 11<sup>ème</sup> puis de deux abreuvoirs par parquet du 12<sup>ème</sup> au 24<sup>ème</sup> jour. Leur remplissage se fait manuellement.

A partir du 24<sup>ème</sup> jour d'âge et jusqu'à la fin de l'élevage (J49), des abreuvoirs sur pied à niveau constant sont utilisés et dont la capacité est de 25 litres. Leur remplissage se fait manuellement à l'aide d'entonnoirs.

Concernant les abreuvoirs utilisés pendant les périodes de distribution des acides organiques, ils étaient adaptés aux phases d'élevage : abreuvoirs siphoniques au démarrage puis des abreuvoirs à pieds en croissance et finition.



### VI.3. La litière

Elle est composée de paille d'une épaisseur de 15 cm, répartie sur sol cimenté et recouvert d'un peu de chaux. Durant toute la période d'élevage, la litière n'a pas été changée.

## VII. Programme de prophylaxie

Les différents actes de prévention prophylactique sont enregistrés dans le tableau 12:

**Tableau 12.** Programme de prophylaxie appliqué durant l'essai.

| Age en jour | Vaccination et traitement                                                 | Mode d'administration |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1           | Anti-stress pendant 05 jours                                              | Eau de boisson        |
| 4           | Vaccination contre la maladie de Newcastle et bronchite infectieuse (HB1) | Eau de boisson        |
| 7           | Vitamines (AD3E+C)                                                        | Eau de boisson        |
| 14          | Vaccination contre la maladie de Gumboro (D78)                            | Eau de boisson        |
| 17          | Traitement anticoccidien pendant 05 jours (COCCIDIOPAN)                   | Eau de boisson        |
| 21          | Rappel de vaccination contre la maladie de Newcastle (LA Sota)            | Eau de boisson        |
| 32          | Rappel de vaccination contre la Maladie de Gumboro                        | Eau de boisson        |
| 33          | Rappel de traitement anticoccidien pendant 5 jours                        | Eau de boisson        |

## VIII. Les paramètres mesurés

### VIII.1. Les performances zootechniques

#### VIII.1.1. Poids vif moyen

Tous les poulets ont été pesés à J1, J10, J28, J42 et J49 (pesées collectives par parquet). Pour chaque âge, le poids moyen individuel est obtenu en divisant le poids total des animaux de chaque parquet sur l'effectif des poulets pesés.

$$\text{Poids vif moyen (g)} = \text{Poids total des sujets (g)} / \text{Nombre des sujets}$$



### VIII.1.2. Gain de poids

Le gain de poids est estimé par différence entre le poids vif moyen final et initial de la période considérée.

$$\text{Gain de poids (g)} = \text{Poids Vif Moyen Final (g)} - \text{Poids Vif Moyen Initial (g)}$$

### VIII.1.3. Ingéré alimentaire moyen

La quantité d'aliment consommé est calculée, pour chaque phase d'élevage (démarrage, croissance et finition), par différence entre la quantité d'aliment distribuée en début et le refus mesuré à la fin de chaque phase. L'ingéré alimentaire moyen par sujet est obtenu en divisant la quantité moyenne d'aliment consommé sur le nombre de sujets présents.

$$\text{Quantité moyenne d'aliment consommé (g/s)} = \frac{(\text{Quantité d'aliment distribué} - \text{refus})}{\text{Nombre de poussins présents}}$$

### VIII.1.4. Indice de conversion

Les indices de conversion sont calculés pour chaque phase d'élevage, comme suit :

$$\text{Indice de Conversion} = \frac{\text{Ingéré alimentaire (g)}}{\text{gain de poids (g)}}$$

### VIII.1.5. Taux de mortalité

La mortalité a été enregistrée chaque jour (en matinée) durant toute la période de l'essai. Le taux de mortalité est calculé comme suit :

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



### VIII.1.6. La charge

La charge, exprimée en kilogramme par m<sup>2</sup>, est calculée à la fin de l'essai (j 49), par le rapport entre le poids vif global des sujets présents (kg) et la surface qui leur est allouée (m<sup>2</sup>).

$$\text{La charge (kg/m}^2\text{)} = \text{Poids global des sujets présents à j49 (kg)} / \text{la surface du parquet (m}^2\text{)}$$

### VIII.2. Le rendement de la carcasse

La mesure des caractéristiques de la carcasse a été effectuée à l'âge de 49 jours sur un échantillon de **12 sujets par traitement** expérimental (6 mâles et 6 femelles).

Ces poulets, de poids représentatif de leur groupe, ont été pesés individuellement puis abattus par saignée. Leurs carcasses ont été plumées, effilées et conservées durant 24 heures à + 4°C ; puis, le gras abdominal, le foie, le cœur et le gésier (vidé) ont été prélevés et pesés. Le poids de la carcasse prête à cuire (PAC), a été également enregistré. Ces opérations ont été réalisées au niveau de la tuerie de l'ITELV de Baba-Ali.

### VIII.3. Etude de la flore coliforme digestive

Cette étude a porté sur la recherche et le dénombrement des coliformes, spécifiquement *Escherichia Coli*, et ce à la fin de l'essai (à l'âge de 49 jours), au niveau de la flore iléale et caecale de 36 poulets: 1 poulet par parquet, soit **6 poulets par traitement** expérimental. Les sujets sélectionnés présentaient un poids représentatif de celui de leurs groupes respectifs. Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de Microbiologie de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.

#### - Prélèvements chez les sujets sacrifiés

A partir des poulets sacrifiés par saignée, le tube digestif a été rapidement prélevé et l'intestin coupé en portions de 4cm. Ces dernières ont été prélevées aseptiquement, pesées et mis dans des sachets de type Stomacher.



### - Préparation des suspensions mères et des dilutions

Les prélèvements ainsi obtenus ont été additionnés d'eau salée tryptone (TSE) à raison d'un dixième (1/10). Ces solutions constituent les suspensions mères. A partir de ces dernières des dilutions successives ont été réalisées dans des tubes à essai jusqu'à la dilution  $10^{-6}$ .

### - Recherche et dénombrement d'*Escherichia Coli*

Cette recherche a été réalisée suivant les directives générales pour le dénombrement *Escherichia Coli* selon la norme V08-017 dont le protocole est le suivant :

- ✓ Un ml des 2 dernières dilutions a été prélevé etensemencé en double couche et en profondeur dans des boites de Pétri avec la gélose VRBL (autoclavée à 120°C pendant 10 min, puis refroidi à 47°C). Les boites de pétri ont été ensuite incubées à 44°C pendant 24 à 48 heures. Seules les boites ayant des colonies bien développées, bien séparées et non contaminées par des levures ou moisissures ont été retenues en vue d'en apprécier l'aspect, la forme, la taille, la couleur (colonies violées à rouges) ainsi que le nombre. Une coloration de Gram a été effectuée afin de déterminer la forme bactérienne et l'aspect pariétal. Les cellules en forme de bacille et à Gram négatif ont été retenues pour la confirmation *Escherichia Coli*.
- ✓ A partir d'un nombre déterminé de colonies caractéristiques prélevées pour chaque boite retenue, un isolement sur milieu gélosé lactosé au bromocrésol pourpre (BCP) coulé en boite de Pétri a été réalisé (incubation à 37°C pendant 24h à 48h).
- ✓ Les colonies ayant fait virer l'indicateur coloré du milieu BCP ont été repiquées sur gélose nutritive puis incubé 24h à 37°C puis soumises à une confirmation avec les tests IMVIC (Indole, Rouge Méthyle, Voges Prauskauer, Citrate).
- ✓ Le calcul du nombre de bactéries *Escherichia Coli* se fait en appliquant la formule suivante:



$$A = (Ne \times Nd / Np) \times 10^x$$

Où :

**10<sup>x</sup>**: est l'inverse du taux de dilution correspondant de la solution utilisée.

**Ne** : est le nombre de colonies d'*E. coli* identifiées.

**Nd** : est le nombre de colonies caractéristiques des coliformes dénombrés.

**Np** : est le nombre de colonies totales présentes sur la boîte de Pétri.

Dans le cas où plusieurs boîtes ont été retenues, la moyenne des résultats enregistrés est considérée.

#### VIII.4.Matière sèche de la litière

La qualité de la litière a été analysée au 45<sup>ème</sup> jour d'élevage sur des échantillons prélevés à partir de la litière des 36 parquets, et ce en vue de mesurer leur teneur en matières sèches.

En pratique, pour chaque parquet, nous avons prélevé 3 échantillons de litière correspondant à 3 endroits différents du parquet (Abreuvoir, mangeoire et aire de vie). Chaque prélèvement a été placé dans un sac plastique identifié puis environ 100g de litière ont été pesés (ces valeurs correspondant au poids humide de la litière prélevée), mis dans un étuve (Memmert® ; 103°C durant 24 heures), puis placés dans un dessiccateur pendant 1 heure (Memmert®) pour absorber l'humidité de l'échantillon. Ces derniers ont été par la suite repesés afin d'obtenir le poids sec du prélèvement. Le taux de la matière sèche (MS) d'un échantillon donné est alors calculé selon la formule suivante :

$$MS (\%) = (\text{poids sec} / \text{poids humide}) \times 100$$



## IX. 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, selon les cas le nombre de répétition pour les mesures collectives (performances zootechniques) ou le nombre d'animaux pour les mesures individuelles (rendement de carcasse, dénombrement de la flore coliforme, MS de la litière).

L'homogénéité de la variance entre traitements a été vérifiée par le test de Bartlett qui s'est avéré non significatif. Les résultats ont alors été soumis à une analyse de variance à 2 facteurs (**ANOVA 2**) afin de déterminer l'effet de la **supplémentation en acides organiques dans l'eau de boisson** et l'effet de la **densité d'élevage** sur les paramètres considérés. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5%. Les différences entre traitements ont été ensuite comparées avec le test de Bonferroni. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5%.

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

# Résultats



Dans cet essai, nous examinons l'effet de l'ajout d'acides organiques (mélange d'acides propionique, formique et lactique) dans l'eau de boisson du poulet de chair, élevé à différentes densités (12, 15 ou 18 sujets/m<sup>2</sup>), sur les paramètres zootechniques, le rendement de carcasse, la flore coliforme intestinale et la qualité de la litière, au cours d'un cycle complet d'élevage (49 jours).

## I. Performances zootechniques

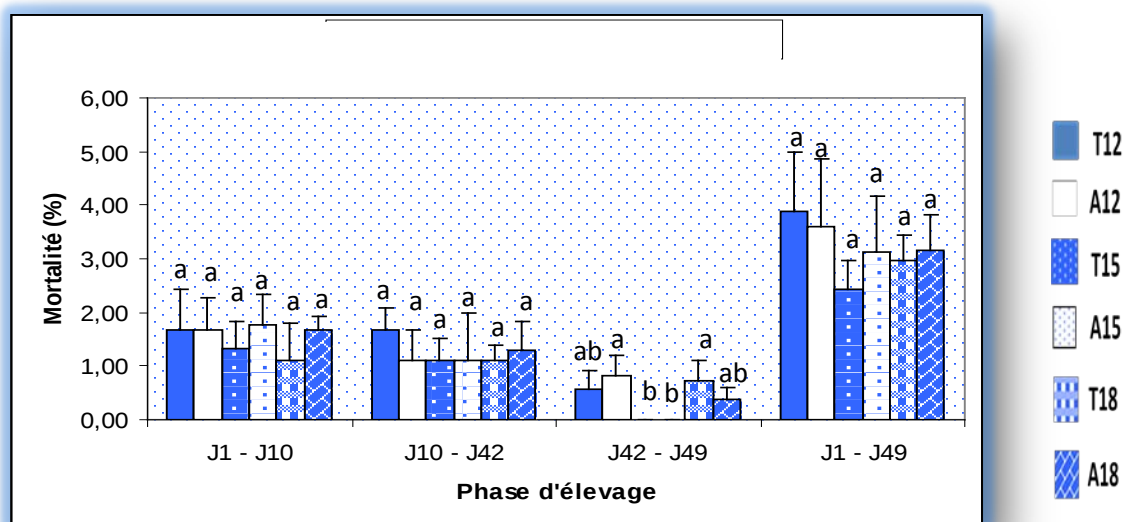
### I.1. Mortalité

Les taux de mortalité enregistrés durant l'essai chez les 6 lots expérimentaux sont mentionnés dans le tableau 13 et illustrés par la figure 11. L'analyse statistique (ANOVA à 2 facteurs) montre qu'il n'y a pas d'effet significatif du facteur « Additif » ni du facteur « Densité » sur la mortalité relevée durant la phase de démarrage et de croissance ou sur la mortalité globale. En revanche, en période de finition, il y a un effet « Densité » significatif sur les taux de mortalité ( $P < 0,05$ ). En effet, entre J42 et J49, aucune mortalité n'est enregistrée chez les poulets des lots T15 et A15, alors que les autres lots présentent des taux de mortalité variant de 0,37% (lot A18) à 0,89% (lot A12).

**Tableau 13.** Taux de mortalité, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes, n=6, SEM= erreur standard moyenne, NS=non significatif).

| Densité (sujets/m²)  |              | 12                 |                   | 15                |                   | 18                |                    | SEM  |
|----------------------|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------|
| Acides organiques    |              | T                  | A                 | T                 | A                 | T                 | A                  |      |
| Mortalité (%)        |              |                    |                   |                   |                   |                   |                    |      |
| Démarrage (J1-J10)   |              | 1,67 <sup>a</sup>  | 1,67 <sup>a</sup> | 1,33 <sup>a</sup> | 1,78 <sup>a</sup> | 1,11 <sup>a</sup> | 1,67 <sup>a</sup>  | 0,56 |
| Croissance (J10-J42) |              | 1,67 <sup>a</sup>  | 1,11 <sup>a</sup> | 1,11 <sup>a</sup> | 1,11 <sup>a</sup> | 1,11 <sup>a</sup> | 1,30 <sup>a</sup>  | 0,51 |
| Finition (J42-J49)   |              | 0,56 <sup>ab</sup> | 0,89 <sup>a</sup> | 0,00 <sup>b</sup> | 0,00 <sup>b</sup> | 0,74 <sup>a</sup> | 0,37 <sup>ab</sup> | 0,22 |
| Cumulé (J1-J49)      |              | 3,89 <sup>a</sup>  | 3,61 <sup>a</sup> | 2,44 <sup>a</sup> | 3,11 <sup>a</sup> | 2,96 <sup>a</sup> | 3,15 <sup>a</sup>  | 0,85 |
|                      | ANOVA 2 (P=) |                    |                   |                   |                   |                   |                    |      |
|                      | Additif      | Densité            |                   | Interaction       |                   |                   |                    |      |
| Démarrage (J1-J10)   | NS           | NS                 |                   | NS                |                   |                   |                    |      |
| Croissance (J10-J42) | NS           | NS                 |                   | NS                |                   |                   |                    |      |
| Finition (J42-J49)   | NS           | <0,05              |                   | NS                |                   |                   |                    |      |
| Cumulé (J1-J49)      | NS           | NS                 |                   | NS                |                   |                   |                    |      |

<sup>a-b</sup> Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).



**Figure 11.** Taux de mortalité, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes  $\pm$  SE, n=6).

## I.2. Poids vif, gain de poids et charge

Les valeurs moyennes de poids vif et gain de poids mesurés durant l'essai sont reportés dans le tableau 14 et illustré par les figures 12 et 13 respectivement.

D'après l'analyse statistique (ANOVA2), il n'y a pas d'effet significatif du facteur « additif » sur le poids vif ou le gain de poids des poulets et ce quelque soit la phase d'élevage. En revanche, l'effet du facteur « densité » est significatif sur le poids vif enregistré à J49 et sur le gain de poids cumulé ( $P < 0,0001$ ).

Au début de l'essai (J0), les poulets des différents lots expérimentaux avaient un poids vif quasi similaires :  $44,6 \pm 0,2$  g.

A J10 et à J42, le poids vif des sujets des différents lots expérimentaux ne semble pas être modifié par les deux traitements « densité & additif ». En effet, à la fin de la phase « démarrage », l'ajout d'acides organiques et l'augmentation de la densité d'élevage n'ont pas eu d'impact significatif sur le gain de poids des poulets.

A J49, le poids vif des lots témoins ou supplémentés en acides organiques et élevés à des densités de 15 (T15 et A15) ou 18 sujets/m<sup>2</sup> (T18 & A18), est réduit par rapport à ceux élevés à une densité de 12 s/m<sup>2</sup> (T12 & A12): variations moyennes de l'ordre de -4% ( $P = 0,24$ ) & -11% ( $P < 0,001$ ) respectivement. La baisse de poids vif est également significative chez le lot T18 ou A18 comparés, respectivement,   T15 ou A15: -7,5% ( $P < 0,05$ ).

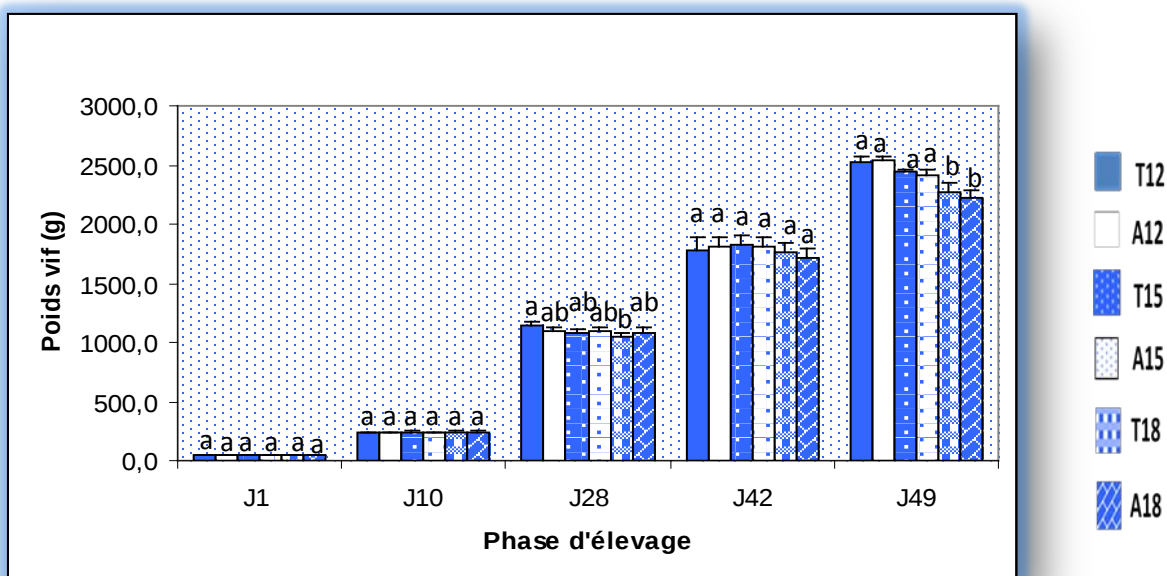


A la fin de l'essai, le gain de poids cumulé est significativement altéré par l'augmentation de la densité d'élevage et ce avec ou sans ajout d'acides organiques dans l'eau de boisson des poulets : réduction moyenne de 7,5% ( $P < 0,05$ ) par rapport à la densité standard ( $12\text{s/m}^2$ ).

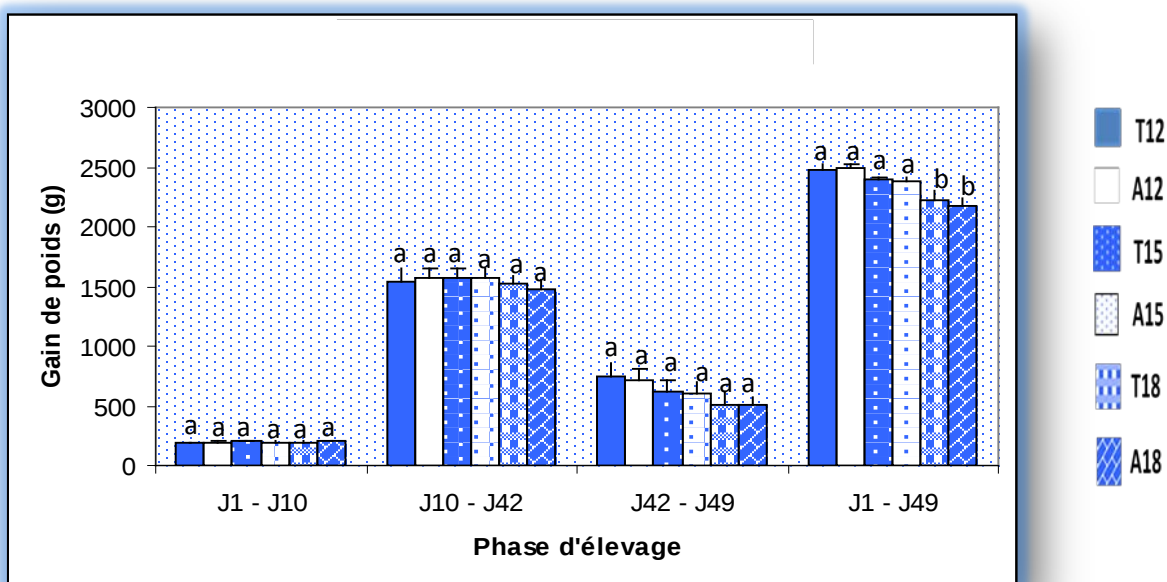
**Tableau 14.** Poids vif moyen et gain de poids moyen, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/ $\text{m}^2$ ) (Moyennes,  $n=6$ , SEM= erreur standard moyenne, NS=non significatif).

| Densité              | 12                |                    | 15                 |                    | 18                |                    |     |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----|
| Acides organiques    | T                 | A                  | T                  | A                  | T                 | A                  |     |
| Poids Vif (g)        |                   |                    |                    |                    |                   |                    | SEM |
| J1                   | 45 <sup>a</sup>   | 45 <sup>a</sup>    | 44 <sup>a</sup>    | 44 <sup>a</sup>    | 45 <sup>a</sup>   | 45 <sup>a</sup>    | 1   |
| J10                  | 240 <sup>a</sup>  | 240 <sup>a</sup>   | 245 <sup>a</sup>   | 241 <sup>a</sup>   | 243 <sup>a</sup>  | 244 <sup>a</sup>   | 22  |
| J28                  | 1146 <sup>a</sup> | 1098 <sup>ab</sup> | 1086 <sup>ab</sup> | 1100 <sup>ab</sup> | 1049 <sup>b</sup> | 1078 <sup>ab</sup> | 165 |
| J42                  | 1774 <sup>a</sup> | 1813 <sup>a</sup>  | 1822 <sup>a</sup>  | 1811 <sup>a</sup>  | 1762 <sup>a</sup> | 1714 <sup>a</sup>  | 513 |
| J49                  | 2525 <sup>a</sup> | 2533 <sup>a</sup>  | 2446 <sup>a</sup>  | 2419 <sup>a</sup>  | 2274 <sup>b</sup> | 2222 <sup>b</sup>  | 258 |
|                      |                   |                    |                    |                    |                   |                    |     |
| Gain de poids (g)    |                   |                    |                    |                    |                   |                    | SEM |
| Démarrage (J1-J10)   | 195 <sup>a</sup>  | 195 <sup>a</sup>   | 201 <sup>a</sup>   | 197 <sup>a</sup>   | 198 <sup>a</sup>  | 200 <sup>a</sup>   | 21  |
| Croissance (J10-J42) | 1534 <sup>a</sup> | 1573 <sup>a</sup>  | 1577 <sup>a</sup>  | 1570 <sup>a</sup>  | 1519 <sup>a</sup> | 1469 <sup>a</sup>  | 509 |
| Finition (J42-J49)   | 751 <sup>a</sup>  | 720 <sup>a</sup>   | 624 <sup>a</sup>   | 608 <sup>a</sup>   | 512 <sup>a</sup>  | 508 <sup>a</sup>   | 545 |
| Cumulé (J1-J49)      | 2480 <sup>a</sup> | 2488 <sup>a</sup>  | 2402 <sup>a</sup>  | 2375 <sup>a</sup>  | 2230 <sup>b</sup> | 2177 <sup>b</sup>  | 257 |
| ANOVA 2 (P=)         |                   |                    |                    |                    |                   |                    |     |
| Poids vif            | Eau               | Densité            | Interaction        |                    |                   |                    |     |
| J10                  | NS                | NS                 | NS                 |                    |                   |                    |     |
| J28                  | NS                | 0,14               | NS                 |                    |                   |                    |     |
| J42                  | NS                | NS                 | NS                 |                    |                   |                    |     |
| J49                  | NS                | <0,001             | NS                 |                    |                   |                    |     |
| Gain de poids        |                   |                    |                    |                    |                   |                    |     |
| Démarrage (J1-J10)   | NS                | NS                 | NS                 |                    |                   |                    |     |
| Croissance (J10-J42) | NS                | NS                 | NS                 |                    |                   |                    |     |
| Finition (J42-J49)   | NS                | 0,07               | NS                 |                    |                   |                    |     |
| Cumulé (J1-J49)      | NS                | <0,001             | NS                 |                    |                   |                    |     |

<sup>a-b</sup> Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).



**Figure 12.** Poids vif moyen par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes  $\pm$  SE, n=6).



**Figure 13.** Gain de poids moyen, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes  $\pm$  SE, n=6).



Les résultats concernant la charge ( $\text{kg/m}^2$ ) calculée à j 49 au sein des différents lots expérimentaux, sont présentés dans le tableau 15 et la figure 14.

L'ANOVA 2 révèle un effet hautement significatif ( $P < 0,0001$ ) du facteur densité sur la charge globale calculée à la fin de l'essai alors que le facteur « additif » n'est pas significatif sur ce même paramètre ( $P = 0,25$ ).

A J49, les charges en  $\text{kg/m}^2$  obtenues chez les lots témoins élevés à la densité de 15 ou 18 sujets/ $\text{m}^2$  sont significativement ( $P < 0,0001$ ) supérieures à celles enregistrées chez les lots témoins T12 (+20 et +35%, respectivement). Ces augmentations de charge sont également retrouvées chez les poulets supplémentés en acides organiques des lots P15 et P18 comparés au lot P12 mais avec une amplitude légèrement plus faible : +18% et +29%, respectivement ( $P < 0,0001$ ).

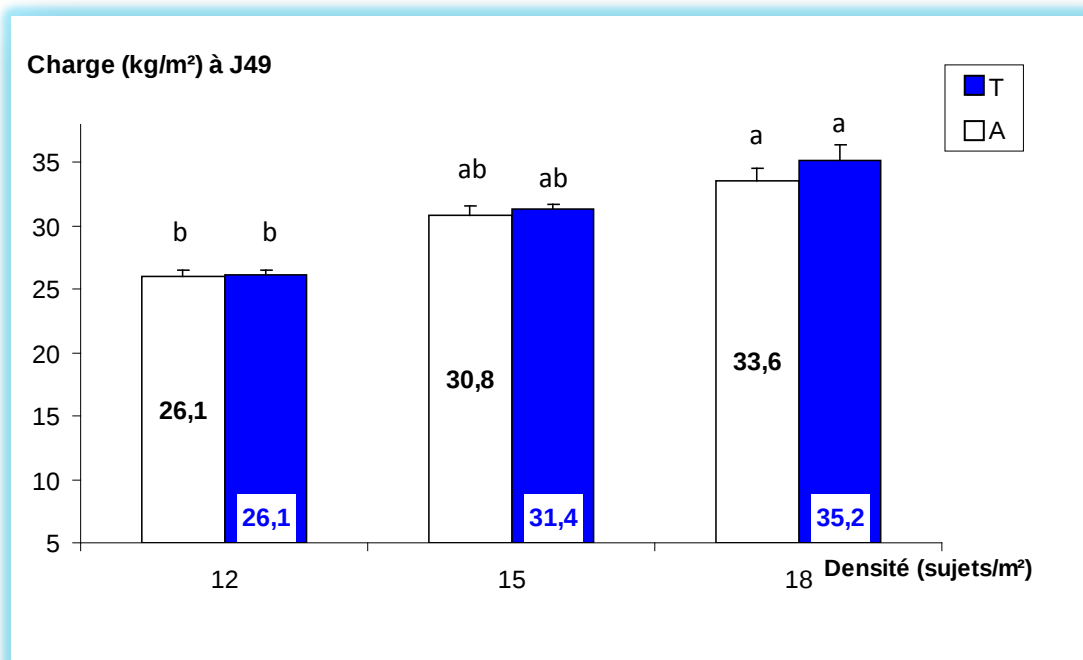
En revanche, si l'on compare, à une même densité, les charges enregistrées chez les poulets témoins et ceux supplémentés en acides organiques, celles-ci ne sont pas statistiquement différentes : écarts non significatifs de 0, -2% ( $P = 0,60$ ) et -4% ( $P = 0,15$ ), à la densité de 12, 15 et 18 sujets/ $\text{m}^2$ , respectivement.

Signalons enfin, que les lots supplémentés en acides organiques et soumis aux densités élevées (15 et 18 s/ $\text{m}^2$ ) permettent d'obtenir des charges en  $\text{kg/m}^2$  significativement supérieures à celles des poulets témoins élevés à la densité standard de 12 s/ $\text{m}^2$  : +18% et +29% ( $P < 0,0001$ ), respectivement.

**Tableau 15.** Charge calculée à j 49, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/ $\text{m}^2$ ) (Moyennes,  $n=6$ , SEM= erreur standard moyenne, NS=non significatif).

| Densité                 | 12                 |                    | 15                  |                     | 18                 |                    |      |
|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------|
| Acides organiques       | T                  | A                  | T                   | A                   | T                  | A                  |      |
| Charge Kg/ $\text{m}^2$ |                    |                    |                     |                     |                    |                    | SEM  |
| J49                     | 26,12 <sup>b</sup> | 26,06 <sup>b</sup> | 31,35 <sup>ab</sup> | 30,80 <sup>ab</sup> | 35,16 <sup>a</sup> | 33,58 <sup>a</sup> | 0,66 |
|                         |                    | ANOVA 2 (P=)       |                     |                     |                    |                    |      |
|                         |                    | Eau                | Densité             | Interaction         |                    |                    |      |
| Charge Kg/ $\text{m}^2$ |                    | NS                 | <0,0001             | NS                  |                    |                    |      |

<sup>a-b</sup> Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ )



**Figure 14.** Charge calculée à j 49, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes   SE, n=6).

### I.3. Consommation alimentaire

Les quantités d'aliment consommées durant l'essai par les poulets des différents lots expérimentaux sont présentées dans le tableau 16 et la figure 15.

D'après l'analyse statistique, l'effet « Densité » est significatif sur l'ingéré quelque soit la phase d'élevage considérée et sur l'ingéré cumulé en fin d'essai ( $P < 0,001$ ). En revanche, aucun effet significatif du facteur additif sur la consommation alimentaire n'a été enregistré durant tout l'essai.

En effet, avec ou sans supplémentation en acides organiques, l'augmentation de la densité d'élevage a réduit la quantité d'aliment ingéré. L'ingéré des lots T18 et A18 est diminué d'environ 10% en moyenne, en phase de Démarrage et de Croissance ( $P < 0,001$ ) et d'environ 26% en période finition, par rapport à celui des poulets des lots T12 et A12. Notons que pour les lots T15 et A15, la baisse d'ingéré est de plus faible amplitude : -5% en phase de démarrage ( $P < 0,001$ ) ; +7% (NS) en phase de croissance et -15% en finition ( $P < 0,001$ ) (comparaison avec l'ingéré des animaux des lots T12 et A12, respectivement).



A la fin de l'essai, la consommation alimentaire cumulée est significativement abaissée par les densités les plus élevées (T18 et A18 comparés à T12 et A12 : -16% ;  $P < 0,001$ ).

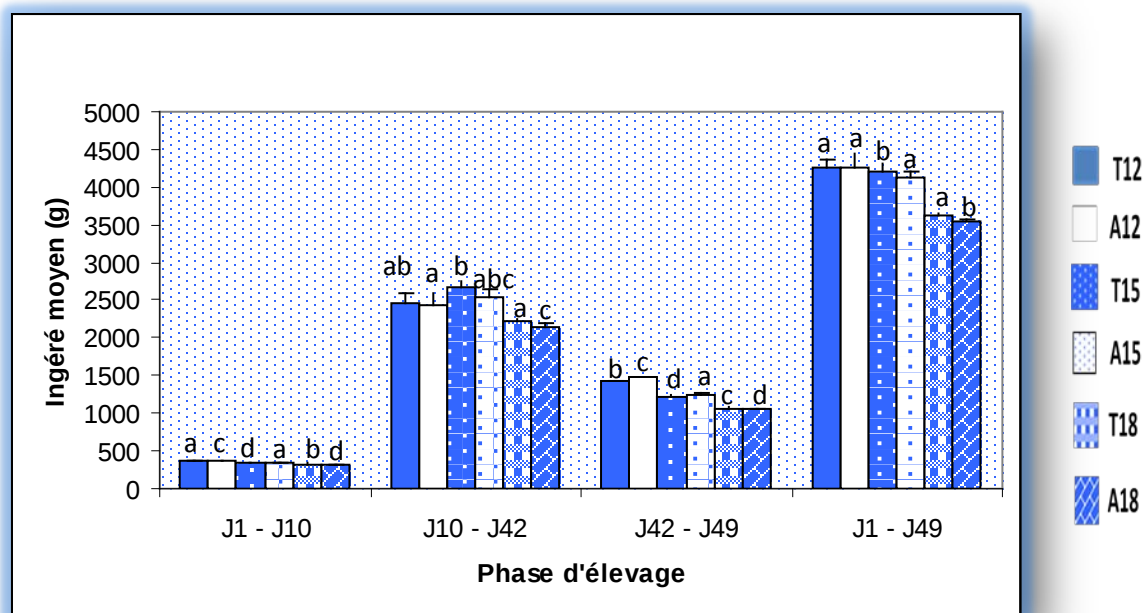
En revanche, la densité de 15s/m<sup>2</sup> n'a pas modifié l'ingéré des poulets témoins ou supplémentés en acides organiques (variations non significative d'environ -2%).

**Tableau 16.** Ingéré alimentaire moyen, par phase d'élevage et cumulé, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes, n=6, SEM= erreur standard moyenne).

| Densité              | 12                 |                   | 15                |                     | 18                |                   |       |
|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------|
| Acides organiques    | T                  | A                 | T                 | A                   | T                 | A                 |       |
| Ingéré (g)           |                    |                   |                   |                     |                   |                   | SEM   |
| Démarrage (J1-J10)   | 359 <sup>a</sup>   | 361 <sup>c</sup>  | 338 <sup>d</sup>  | 343 <sup>a</sup>    | 330 <sup>b</sup>  | 326 <sup>d</sup>  | 1,58  |
| Croissance (J10-J42) | 2471 <sup>ab</sup> | 2430 <sup>a</sup> | 2661 <sup>b</sup> | 2550 <sup>abc</sup> | 2212 <sup>a</sup> | 2153 <sup>c</sup> | 92,47 |
| Finition (J42-J49)   | 1417 <sup>b</sup>  | 1471 <sup>c</sup> | 1214 <sup>d</sup> | 1235 <sup>a</sup>   | 1071 <sup>c</sup> | 1058 <sup>d</sup> | 16,12 |
| Cumulé (J1-J49)      | 4246 <sup>a</sup>  | 4262 <sup>a</sup> | 4214 <sup>b</sup> | 4128 <sup>a</sup>   | 3613 <sup>a</sup> | 3537 <sup>b</sup> | 94,19 |

|                      | ANOVA 2 (P=) |         |             |
|----------------------|--------------|---------|-------------|
|                      | Eau          | Densité | Interaction |
| Démarrage (J1-J19)   | NS           | <0,001  | 0,05        |
| Croissance (J10-J42) | NS           | <0,001  | NS          |
| Finition (J42-J49)   | 0,15         | <0,001  | NS          |
| Cumulé (J1-J42)      | NS           | <0,001  | NS          |

<sup>a-b-c</sup> Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).



**Figure 15.** Ingéré alimentaire moyen, par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes  $\pm$  SE, n=6).

#### I.4. Indice de conversion

L'indice de conversion (IC) relevé durant l'expérimentation est présenté dans le tableau 17 et la figure 16.

L'analyse de variance à 2 facteurs montre qu'il ya un effet « Densité » significatif sur l'indice de conversion en phase de Démarrage ( $P < 0,001$ ) et sur l'IC cumulé (-3% en moyenne).

Ainsi, en phase Démarrage, avec ou sans additifs, les poulets élevés aux densités de 15 ou 18 s/m<sup>2</sup> présentent des IC significativement plus faibles que ceux élevés à la densité standard de 12 s/m<sup>2</sup>: -9% en moyenne ( $P < 0,001$ ).

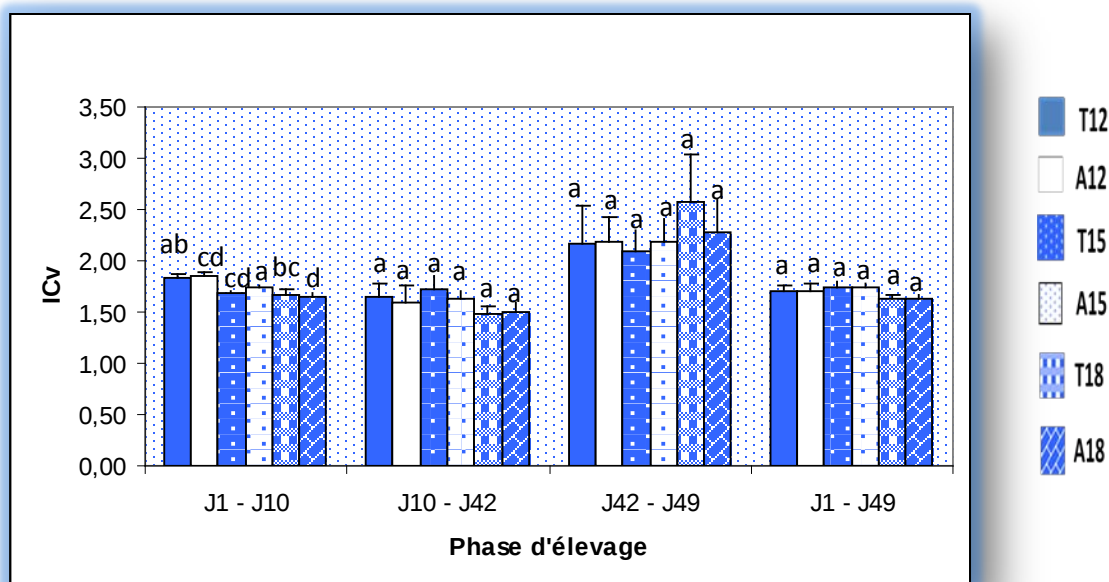
En phase de croissance et de finition, les variations de l'IC ne sont pas significatives : de l'ordre de 5% en moyenne.



**Tableau 17.** Indice de conversion par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes, n=6, SEM= erreur standard moyenne).

| Densité              | 12                 |                    | 15                 |                   | 18                 |                   |      |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|
| Additif              | T                  | A                  | T                  | A                 | T                  | A                 |      |
| Ingéré (g)           |                    |                    |                    |                   |                    |                   | SEM  |
| Démarrage (J1-J10)   | 1,84 <sup>ab</sup> | 1,86 <sup>cd</sup> | 1,68 <sup>cd</sup> | 1,74 <sup>a</sup> | 1,67 <sup>bc</sup> | 1,64 <sup>d</sup> | 0,03 |
| Croissance (J10-J42) | 1,65 <sup>a</sup>  | 1,58 <sup>a</sup>  | 1,72 <sup>a</sup>  | 1,64 <sup>a</sup> | 1,47 <sup>a</sup>  | 1,49 <sup>a</sup> | 0,11 |
| Finition (J42-J49)   | 2,16 <sup>a</sup>  | 2,18 <sup>a</sup>  | 2,09 <sup>a</sup>  | 2,18 <sup>a</sup> | 2,58 <sup>a</sup>  | 2,28 <sup>a</sup> | 0,30 |
| Cumulé (J1-J49)      | 1,71 <sup>a</sup>  | 1,71 <sup>a</sup>  | 1,75 <sup>a</sup>  | 1,74 <sup>a</sup> | 1,63 <sup>a</sup>  | 1,63 <sup>a</sup> | 0,05 |
|                      | ANOVA 2 (P=)       |                    |                    |                   |                    |                   |      |
|                      | Eau                | Densité            | Interaction        |                   |                    |                   |      |
| Démarrage (J1-J10)   | NS                 | <0,001             | NS                 |                   |                    |                   |      |
| Croissance (J10-J42) | NS                 | NS                 | NS                 |                   |                    |                   |      |
| Finition (J42-J49)   | NS                 | NS                 | NS                 |                   |                    |                   |      |
| Cumulé (J1-J49)      | NS                 | 0,04               | NS                 |                   |                    |                   |      |

<sup>a-b-c</sup> Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P<0,05).



**Figure 16.** Indice de conversion par phase d'élevage et cumulé, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes  $\pm$  SE, n=6).

## II. Caractéristiques de la carcasse

Les poids de la carcasse prête à cuire, du gras abdominal, du foie et du gésier et du cœur mesurés à la fin de l'essai (J49) sur 12 poulets par lots expérimental, sont présentés dans le tableau 18 et la figure 17.

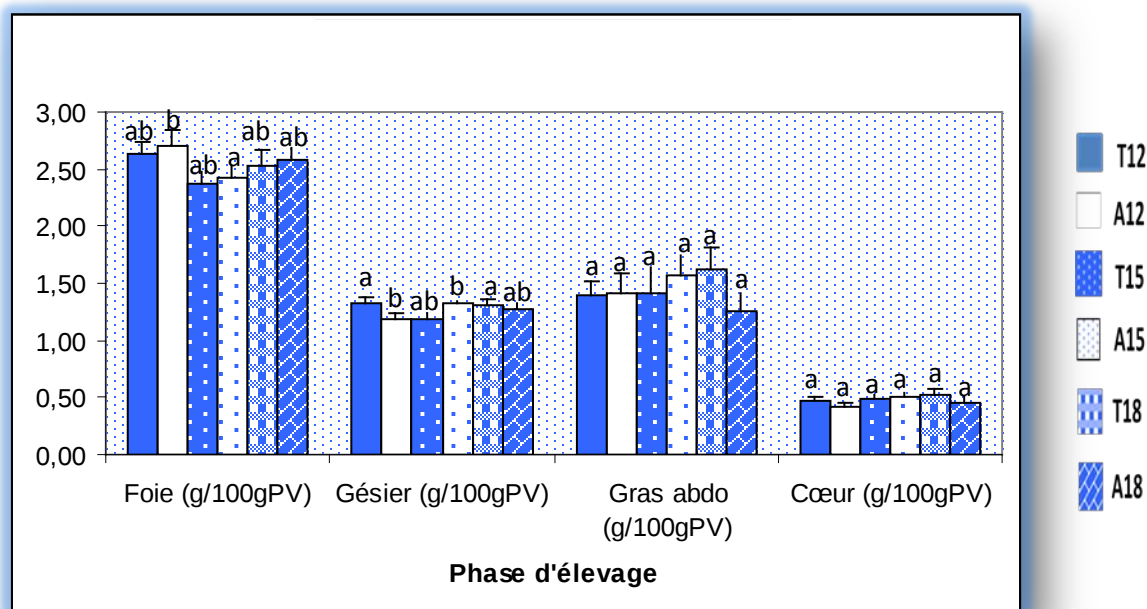
L'ANOVA 2 montre qu'il n'y a pas d'effet « densité », ni d'effet « additif » sur le poids de la carcasse prête à cuire, ni sur le poids du gras abdominal et le poids du cœur, qu'ils soient exprimés en g ou rapportés au poids vif à l'exception du poids de la carcasse prête à cuire rapporté au poids vif qui devient significatif ( $P > 0,08$ ) pour l'effet « densité » avec une diminution de 1% en moyenne. En revanche, l'effet « densité » est significatif pour le poids foie, exprimé en g ou en % du PV : diminutions respectives de 15% ( $P > 0,07$ ) et de 10% ( $P > 0,13$ ), en moyenne entre les lots T15 et T18 comparés aux lots T12. Concernant le poids de gésier exprimé en gramme, l'effet « Additif » est hautement significatif ( $P < 0,001$ ), avec une interaction avec l'effet « densité » significative ( $P < 0,02$ ). L'effet « additif » devient non significatif lorsque le poids du gésier est rapporté au poids vif.



**Tableau 18.** Caractéristiques de la carcasse mesurées à l'âge de 49 jours, chez des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes, n=6, SEM= erreur standard moyenne).

| Densité            | 12                  |                    | 15                  |                     | 18                  |                     | SEM   |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
| Acides organiques  | T                   | A                  | T                   | A                   | T                   | A                   |       |
| Carcasse PAC (g)   | 1818 <sup>a</sup>   | 1887 <sup>b</sup>  | 1695 <sup>c</sup>   | 1846 <sup>a</sup>   | 1766 <sup>a</sup>   | 1701 <sup>a</sup>   | 75,40 |
| (g/100g PV)        | 68,62 <sup>ab</sup> | 70,16 <sup>b</sup> | 68,06 <sup>a</sup>  | 70,24 <sup>ab</sup> | 72,27 <sup>ab</sup> | 70,67 <sup>ab</sup> | 1,10  |
| Foie (g)           | 68,75 <sup>ab</sup> | 73,33 <sup>b</sup> | 58,75 <sup>b</sup>  | 64,17 <sup>a</sup>  | 62,08 <sup>ab</sup> | 62,08 <sup>b</sup>  | 3,71  |
| (g/100g PV)        | 2,63 <sup>ab</sup>  | 2,71 <sup>b</sup>  | 2,37 <sup>ab</sup>  | 2,43 <sup>a</sup>   | 2,53 <sup>ab</sup>  | 2,58 <sup>ab</sup>  | 0,12  |
| Gésier vide (g)    | 35,00 <sup>a</sup>  | 31,67 <sup>b</sup> | 29,58 <sup>ab</sup> | 34,58 <sup>ab</sup> | 32,08 <sup>ab</sup> | 30,42 <sup>b</sup>  | 1,54  |
| (g/100g PV)        | 1,33 <sup>a</sup>   | 1,19 <sup>b</sup>  | 1,19 <sup>ab</sup>  | 1,32 <sup>b</sup>   | 1,30 <sup>a</sup>   | 1,27 <sup>ab</sup>  | 0,05  |
| Gras abdominal (g) | 36,25 <sup>a</sup>  | 37,50 <sup>a</sup> | 35,83 <sup>a</sup>  | 41,67 <sup>a</sup>  | 40,83 <sup>a</sup>  | 30,42 <sup>a</sup>  | 4,50a |
| (g/100g PV)        | 1,40 <sup>a</sup>   | 1,41 <sup>a</sup>  | 1,42 <sup>a</sup>   | 1,57 <sup>a</sup>   | 1,63 <sup>a</sup>   | 1,25 <sup>a</sup>   | 0,17a |
| Cœur(g)            | 12,50 <sup>a</sup>  | 11,25 <sup>a</sup> | 12,08 <sup>a</sup>  | 13,33 <sup>a</sup>  | 12,50 <sup>a</sup>  | 10,83 <sup>a</sup>  | 0,98a |
| (g/100g PV)        | 0,48 <sup>a</sup>   | 0,42 <sup>a</sup>  | 0,49 <sup>a</sup>   | 0,50 <sup>a</sup>   | 0,52 <sup>a</sup>   | 0,45 <sup>a</sup>   | 0,04a |
| ANOVA 2 (P=)       |                     |                    |                     |                     |                     |                     |       |
|                    | Eau                 | Densité            | Interaction         |                     |                     |                     |       |
| Carcasse PAC (g)   | NS                  | NS                 | NS                  |                     |                     |                     |       |
| (g/100g PV)        | NS                  | 0,19               | NS                  |                     |                     |                     |       |
| Foie (g)           | NS                  | 0,03               | NS                  |                     |                     |                     |       |
| (g/100g PV)        | NS                  | 0,08               | NS                  |                     |                     |                     |       |
| Gésier vide (g)    | NS                  | NS                 | 0,02                |                     |                     |                     |       |
| (g/100g PV)        | NS                  | NS                 | 0,02                |                     |                     |                     |       |
| Gras abdominal (g) | NS                  | NS                 | NS                  |                     |                     |                     |       |
| Carcasse PAC (g)   | NS                  | NS                 | NS                  |                     |                     |                     |       |
| Cœur(g)            | NS                  | NS                 | NS                  |                     |                     |                     |       |

a-b-c Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P<0,05).



**Figure 17.** Caract  ristiques de la carcasse mesur  es    l'  ge de 49 jours, chez des poulets suppl  ment  s en acides organiques (A) et des poulets t  moins (T),   lev  s    diff  rentes densit  s (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes    SE, n=6).

### III. Flore totale de coliformes

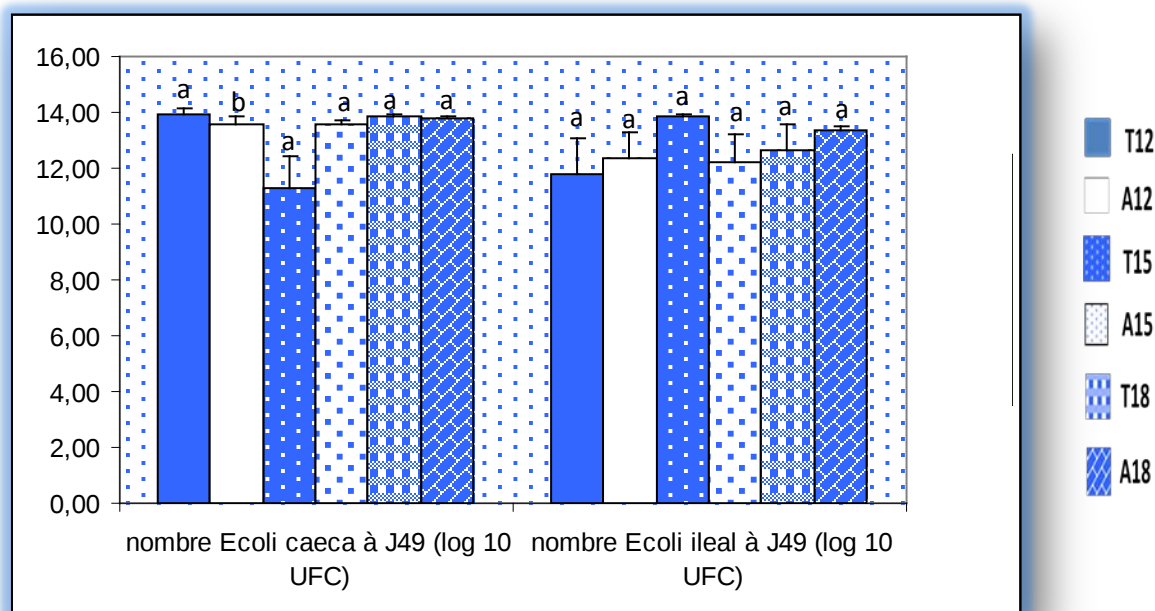
Les r  sultats relatifs au nombre total de coliformes au niveau intestinal (il  um et caecum), mesur  s    la fin de l'essai chez 6 sujets par traitement, sont pr  sent  s dans le tableau 19 et la figure 18.

L'ANOVA2 montre qu'au niveau il  al, les deux facteurs   tudi  s, « additif » et « densit   », n'ont pas d'effet significatif sur le nombre d'*E.coli*. En revanche, au niveau caecal, l'effet « densit   » est significatif sur la flore *E.coli* ( $P<0,01$ ) et celui du facteur « Additif » tend    l'  tre ( $P=0,12$ ). En effet, le nombre de bact  ries *E.coli* caecales est plus faible chez les poulets t  moins   lev  s    la densit   de 15 s/m<sup>2</sup> par rapport    ceux   lev  s    la densit   standard (-19% ;  $P<0,001$ ) ou    la densit   de 18 s/m<sup>2</sup> (-18%,  $P<0,001$ ). La suppl  mentation de l'eau de boisson en acides organiques n'a pas d'effet significatif sur le nombre d'*E. coli* intestinales des poulets   lev  s    la densit   de 12 ou 18 s/m<sup>2</sup>. Par contre, chez ceux soumis    la densit   de 15 s/m<sup>2</sup>, l'ajout d'acides organiques    l'eau de boisson a augment   le nombre de ces bact  ries : +20% ( $P<0,001$ ).

**Tableau 19.** Nombre total de coliformes mesurés à l'âge de 49 jours, chez des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes, n=6, SEM= erreur standard moyenne).

| Densité                             | 12                 |                    | 15                 |                    | 18                 |                    | SEM  |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| Additif                             | T                  | A                  | T                  | A                  | T                  | A                  |      |
| Ingéré (g)                          |                    |                    |                    |                    |                    |                    |      |
| Nombre E.coli caecales (log 10 UFC) | 13,93 <sup>a</sup> | 13,59 <sup>b</sup> | 11,32 <sup>a</sup> | 13,59 <sup>a</sup> | 13,84 <sup>a</sup> | 13,82 <sup>a</sup> | 0,32 |
| Nombre E.coli iléales (log 10 UFC)  | 11,77 <sup>a</sup> | 12,34 <sup>a</sup> | 13,85 <sup>a</sup> | 13,22 <sup>a</sup> | 12,64 <sup>a</sup> | 13,37 <sup>a</sup> | 0,72 |
|                                     | ANOVA 2 (P=)       |                    |                    |                    |                    |                    |      |
|                                     | Eau                | Densité            | Interaction        |                    |                    |                    |      |
|                                     | 0,12               | 0,01               | 0,02               |                    |                    |                    |      |
| Nombre E.coli caecales (log 10 UFC) | NS                 | NS                 | NS                 |                    |                    |                    |      |
| Nombre E.coli iléales (log 10 UFC)  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |      |

<sup>a-b</sup> Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P<0,05)



**Figure18.** Nombre total de coliformes mesurés à l'âge de 49 jours, chez des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes   SE, n=6).

#### IV. Taux de matière sèche de la litière

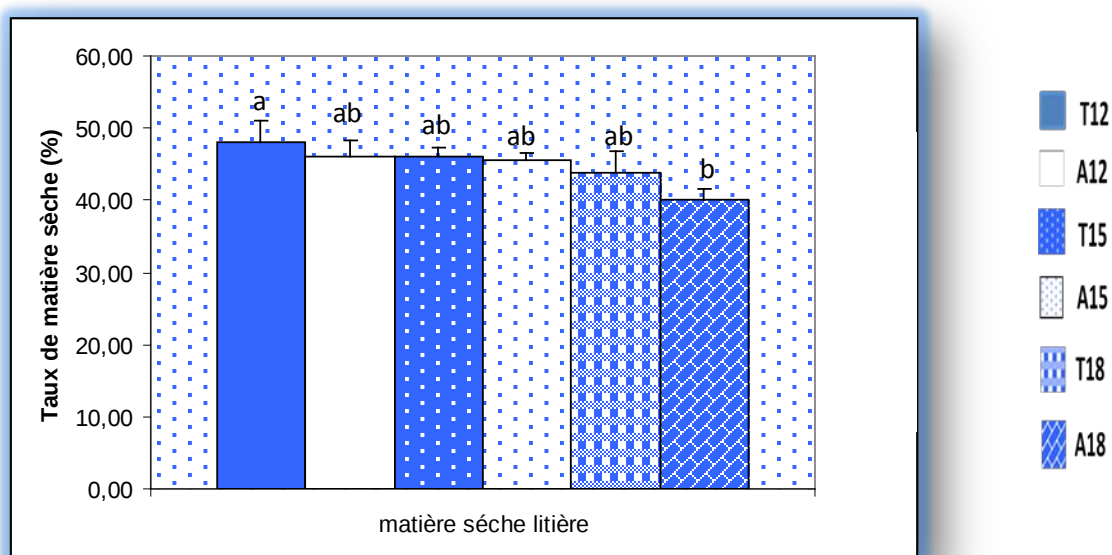
Les résultats relatifs aux taux de matière sèche de la litière, mesurés à la fin de l'essai dans 6 parquets par traitement, sont présentés dans le tableau 20 et la figure 19.

L'ANOVA 2 montre qu'il n'y a pas d'effet « Additif » significatif sur le taux de matière sèche de la litière. En revanche, l'effet « Densité » tend à être significatif ( $P=0,07$ ) sur le taux de matière sèche de la litière, avec une diminution de 9% en moyenne.

**Tableau 20.** Matière sèche de la litière mesurée à l'âge de 45 jours, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes, n=6, SEM= erreur standard moyenne).

| Densité                     | 12                 |                     | 15                  |                     | 18                  |                    |      |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------|
| Additif                     | T                  | A                   | T                   | A                   | T                   | A                  |      |
| Ingéré (g)                  |                    |                     |                     |                     |                     |                    | SEM  |
| Matière sèche de la litière | 47,97 <sup>a</sup> | 46,02 <sup>ab</sup> | 46,01 <sup>ab</sup> | 45,50 <sup>ab</sup> | 43,77 <sup>ab</sup> | 40,15 <sup>b</sup> | 2,05 |
|                             | ANOVA 2 (P=)       |                     |                     |                     |                     |                    |      |
|                             | Eau                | Densité             | Interaction         |                     |                     |                    |      |
| Matière sèche de la litière | 0,27               | 0,07                | NS                  |                     |                     |                    |      |

<sup>a-b</sup> Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P<0,05$ )



**Figure 19.** Matière sèche de la litière mesurée à l'âge de 45 jours, des poulets supplémentés en acides organiques (A) et des poulets témoins (T), élevés à différentes densités (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) (Moyennes  $\pm$  SE, n=6).

# *Discussion*



**N**otre objectif, dans cet essai, était d'étudier, l'effet de l'addition d'un mélange commercial **d'acides organiques** dans l'eau de boisson, sur les performances zootechniques, la flore coliforme digestive et la qualité de la litière du poulet de chair élevé à **différentes densités**.

### *Aspects méthodologiques...*

#### *... du facteur « Densité d'élevage »*

Dans cette étude, les poulets de chair sont élevés à 3 densités différentes : **12, 15 ou 18 sujets/m<sup>2</sup>**. La première correspond à la densité communément utilisée dans les élevages locaux en relation avec la diversité des conditions d'élevage rencontrées sur le terrain. L'application de densités supérieures permettraient d'optimiser la rentabilité des élevages sous réserve d'assurer des conditions adéquates (maîtrise de l'ambiance, équilibre alimentaire, hygiène et prophylaxie...). Afin de répondre à cet objectif, nous avons opté pour deux densités plus élevées à savoir **15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>**.

Le choix de ces 2 densités découle d'essais antérieurs réalisés au sein de l'ITELV (rapport d'activités de l'année 2006), montrant que la densité intermédiaire de 15 s/m<sup>2</sup> induisait de meilleures performances de croissance par rapport à la densité de 12 s/m<sup>2</sup> appliquée sur le terrain et que, la densité de 18 s/m<sup>2</sup> dégageait, quant à elle, une charge exprimée en kg /m<sup>2</sup> supérieure à la densité 12 s/m<sup>2</sup> et ce malgré un poids vifs plus faible en fin d'élevage.

### *Aspects méthodologiques...*

#### *... du facteur « Supplémentation en acides organiques »*

Plusieurs travaux rapportent l'effet bénéfique de différents acides organiques (acides acétique, butyrique, citrique, formique, fumarique, lactique, propionique...), utilisés seuls ou en association, en alimentation avicole (cf. Tableau 10, page 38). Le produit utilisé dans cet essai correspond à une préparation commerciale autorisée par la DSV (Direction des Services Vétérinaires, Algérie) et composée d'un mélange de trois acides organiques (Acide formique et ses sels, acide propionique et acide lactique). Cette formule combine les effets synergiques



### Discussion générale

des 3 acides organiques connus pour leur efficacité contre le développement des bactéries indésirables comme *E. coli* et les *Salmonelles* (Canibe *et al.*, 2001 ; Anjum et Chaudhry 2010). La dose utilisée (1,5 ml de solution/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 expérimentation, 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.

Nous avons préconisé de commencer la distribution des acides organiques à la première semaine de vie du poulet, plus précisément à J6, J7 et J8. 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 NewCastle (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 développement de la bourse de Fabricius occupe une place prépondérante dans la mise en place de la réponse immunitaire chez les oiseaux. 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 (référence).

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). Le sac vitellin, qui contient les nutriments non utilisés au cours du développement embryonnaire, est classiquement considéré comme une réserve pouvant couvrir temporairement les besoins de survie du poussin nouveau-né (Nitsan *et al.* 1991, Noy *et al.* 1996). La résorption de son contenu a lieu en grande partie pendant les 48 premières heures de vie avec une réduction de 50 % de son poids. Au bout de 4 à 5 jours de vie, il est résorbé en quasi totalité (Noble et Ogunyemi 1989, Nitsan *et al.* 1991, Chamblee



*et al.* 1992, Sklan et Noy 2000). La distribution d'acides organiques dès le 6<sup>ème</sup> jour pourrait contribuer à optimiser l'utilisation digestive des aliments par action sur le pH luminal et les capacités d'absorption intestinale (Canibe *et al.*, 2001).

Enfin, nous avons limité les périodes de distribution des acides organiques à 3 jours pour chaque phase, selon la recommandation du fournisseur ; ceci ayant pour but d'éviter l'effet exacerbé des acides organiques sur la flore digestive du poulet de chair.

### **Effet de la densité d'élevage...**

#### **... sur les performances zootechniques**

Dans nos conditions expérimentales, en comparaison avec la densité témoin, la densité intermédiaire de 15 s/m<sup>2</sup> n'affecte pas significativement la croissance des sujets contrairement à la densité supérieure de 18 s/m<sup>2</sup> où l'on note une diminution du gain de poids cumulé de 10%. Cette baisse est surtout prononcée en phase de finition (-32% ; P=0,07).

Nos résultats concordent avec ceux obtenus dans d'autres études (Puron *et al.*, 1995 ; Diego *et al.* 1995 ; Feddes *et al.*, 2002), où il a été rapporté que le poids vif était significativement réduit lors des densités élevées allant de 10 sujet/m<sup>2</sup> à 20 sujet/m<sup>2</sup>. Ceci pourrait confirmer l'effet délétère des densités sur les performances de croissance.

Le ralentissement de la croissance aux plus fortes densités d'élevage, enregistré dans notre étude, serait lié à la baisse de consommation alimentaire. En effet, l'augmentation de la densité de 12 à 18 s/m<sup>2</sup> a significativement altéré l'ingéré alimentaire durant toutes les phases d'élevage (-15% ; P<0,001) alors que la densité intermédiaire de 15 s/m<sup>2</sup> n'a eu d'impact que sur la consommation alimentaire des poulets en phase de finition (-14% ; P<0,001). Ceci pourrait être lié à un moindre accès des poulets aux mangeoires et par conséquent au phénomène compétitif qui se produit entre les sujets.

La baisse d'ingéré induite par l'élévation de la densité, observée dans cet essai, a été également rapportée par d'autres auteurs (Thompson *et al.* 1972 ; Feddes *et al.* 2002 ; Tayeb *et al.* 2011). Puron *et al.* (1995) montrent l'existence d'une réduction linéaire de l'ingéré alimentaire du poulet de chair lorsque la densité d'élevage augmente de 10 à 20 sujet/m<sup>2</sup>.



### *Discussion générale*

Dans nos conditions, étant donné que la baisse de consommation cumulée (-15%) est plus importante que celle de la croissance (-10%), l'indice de conversion calculé en fin d'essai pour la densité la plus élevée, tend à être réduit : -5% ( $P=0,19$ ). Ceci traduirait, relativement, une meilleure efficacité de transformation alimentaire à la densité de 18 s/m<sup>2</sup>.

Enfin, nos résultats montrent qu'à la fin de l'essai, l'élévation de la densité d'élevage de 12 à 18 s/m<sup>2</sup>, avec ou sans ajout d'acides organiques, a permis d'obtenir des charges en kg/m<sup>2</sup> nettement supérieures à celles des témoins et ce malgré la baisse de croissance induite. En effet, des augmentations significatives ( $P<0,0001$ ) de l'ordre de 19% et 32% sont enregistrées entre la densité standard des poulets témoins ou supplémentés, et celles de 15 et 18 s/m<sup>2</sup>, respectivement.

Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Shanawany (1988) et Puron *et al* (1995). D'après ces auteurs, le déclin de la vitesse de croissance induit par l'élévation de la densité d'élevage est compensé par les profits générés par l'augmentation de la charge en kg par unité de surface allouée au poulet, mais ce jusqu'à un certain seuil de chargement (17,5 ou 18 s/m<sup>2</sup>) au-delà duquel il n'y a plus de bénéfice.

### ***Effet de la supplémentation en acides organiques...***

#### ***... sur les performances zootechniques***

Dans nos conditions expérimentales, la supplémentation en acides organiques dans l'eau de boisson n'a eu aucun effet significatif sur les paramètres zootechniques des poulets et ce quelque soit la densité d'élevage. En effet, la consommation alimentaire, le gain de poids et l'indice de conversion des poulets supplémentés étaient quasi identiques à ceux des sujets témoins élevés à des densités comparables. De même, en termes de charges en kg/m<sup>2</sup>, les résultats obtenus dans notre étude ne sont pas améliorés par l'apport d'acides organiques, et ce quelque soit la densité.



Selon Mehmet *et al.* (2009), des apports croissants (0, 2 ou 3%) d'acide butyrique, d'acide fumarique ou d'acide lactique dans l'aliment n'ont pas modifié la consommation alimentaire du poulet.

De façon générale, d'après la littérature, les effets bénéfiques des additifs à base d'acides organiques ne sont pas systématiquement retrouvés (Canibe *et al* 2001 ; Anjum et Chaudhry 2010). En effet, selon 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 lorsque les conditions d'hygiène sont optimales. Ces auteurs préconisent de tester ces additifs dans des conditions d'élevage sub-optimales.

Néanmoins, dans nos conditions expérimentales, l'absence d'effet améliorateur des acides organiques sur la croissance, outre les conditions d'élevage acceptables, pourrait être attribué au mode discontinu de distribution de ces additifs.

### ***Effet de l'association « acides organiques » & « densités d'élevage »...***

#### ***... sur les performances zootechniques***

Dans nos conditions, l'association des deux facteurs (élévation de la densité et apport d'acides organiques) n'a pas eu l'effet améliorateur escompté sur la croissance et l'ingéré. En effet, l'apport d'acides organiques n'a pas corrigé l'effet négatif induit par l'augmentation de la densité d'élevage sur la croissance. A notre connaissance, il n'y a pas de données d'études relatives à ce type d'associations.

En dépit du ralentissement de la croissance observé dans cet essai, il est intéressant de remarquer que l'association des deux facteurs a permis d'optimiser, de manière significative, la charge en kg/m<sup>2</sup> par rapport à une densité standard de 12 s/m<sup>2</sup> : augmentations significatives ( $P < 0,0001$ ) de 18% et 29% aux densités de 15 et 18 s/m<sup>2</sup>, respectivement.



### *Discussion générale*

Dans cet essai, quelque soit le facteur considéré (densité élevage et/ou supplémentation en acides organiques), la survie des poulets n'est pas significativement modifiée. En effet, le taux de mortalité cumulé des sujets traités était en moyenne de  $3,15\% \pm 0,67$  et s'inscrit dans le même ordre des taux mesurés chez les témoins ( $3,89\% \pm 1,11$ ) et de ceux habituellement enregistrés au sein de la station ITELV de Baba-Ali. De même, Bilgili et Hesse (1995) et Diego *et al* (1995) ne montrent pas d'effet significatif des densités élevées (14-16-18 sujets/m<sup>2</sup>) sur la mortalité des poulets à l'âge de 7 semaines.

### **« Supplémentation en Acides organiques » & « densité d'élevage »... ... effet sur la qualité de la carcasse**

D'après nos résultats, le rendement de carcasse prête à cuire et la proportion de gras abdominal, et même le cœur sont quasi-identiques quelque soit le traitement appliqué (supplémentation des acides organiques & différentes densités).

Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Adil et Tufail (2010), qui ne rapportent aucune différence significative de la qualité de la carcasse par les différents traitements à base d'acides organiques appliqués (2 à 3% d'un mélange d'acides propionique et formique).

Concernant le foie, son poids, exprimé en valeur absolue ou rapporté au poids vif du poulet, semble diminué chez les sujets élevés aux fortes densités (-7% en moyenne par rapport à la densité de 12 s/m<sup>2</sup>). Ce résultat est observé aussi bien chez les poulets témoins que ceux supplémentés en acides organiques.

### **...effet sur la flore coliforme**

**Dans cet essai, nous avons exploré l'impact de l'élévation de la densité d'élevage** sur la flore coliforme chez les poulets recevant ou non des additifs à base d'acides organiques. Nos résultats montrent, qu'au niveau caecal, le nombre des bactéries coliformes est plus faible chez les sujets élevés à des densités d'élevage intermédiaires (15 s/m<sup>2</sup>).

Toutefois, cet effet n'est plus décelé à la densité de 18 s/m<sup>2</sup>. Au niveau iléal, nous enregistrons au contraire une augmentation de la flore coliforme à la densité de 15 s/m<sup>2</sup>. De



tels résultats n'ont pas été antérieurement décrits. En effet, les études disponibles portant sur la densité d'élevage n'explorent que la charge bactérienne de la litière (Yardimci et Kenar, 2008) et non pas de la flore endogène (*in vivo*).

**Par ailleurs, la supplémentation en acides organiques** n'a pas eu d'effet sur le nombre de bactérie coliforme que ce soit au niveau caecal ou iléal, indépendamment de la densité d'élevage. Ceci pourrait être lié au mode de distribution discontinue de l'additif au cours de l'essai. En effet, Gheisari et Heidari (2006) rapportent une diminution significative de la flore coliforme lors d'une supplémentation alimentaire continue en acides organiques à des concentrations élevées. D'après ces auteurs, cet effet serait lié à la baisse du pH iléal induite par les acides organiques, qui rend le milieu inconvenable à la prolifération de la flore coliforme.

### ***...effet sur la qualité de la litière***

D'après la littérature, l'augmentation de la densité d'élevage entraîne une détérioration de la qualité de la litière induisant diverses pathologies. L'apport d'acides organiques permettrait de pallier à ce risque grâce à leurs propriétés bactéricides et acidifiantes (Canibe *et al*, 2001).

Comme attendu, l'augmentation de la densité d'élevage de 12 à 18 s/m<sup>2</sup> a entraîné une dégradation de la litière.

Dans nos conditions expérimentales, l'altération de la litière est d'autant plus marquée chez les lots supplémentés en acides organiques. De tels résultats méritent d'être approfondis.

# *Conclusions & perspectives*



Cette étude nous a permis d'explorer, chez le poulet de chair, l'impact de l'augmentation de la densité d'élevage en association avec une supplémentation en acides organiques (mélange commercial d'acides formique, lactique et propionique).

Dans nos conditions d'essai, avec ou sans rajout d'acides organiques, augmenter la densité d'élevage de 12 à 15 s/m<sup>2</sup> n'a pas affecté la croissance, l'ingéré alimentaire ou l'indice de conversion mais a permis d'accroître significativement la charge en kg/m<sup>2</sup>. Celle-ci est également améliorée en allant à une densité de 18 s/m<sup>2</sup> avec toutefois une réduction significative des performances zootechniques.

D'après nos résultats, les traitements appliqués n'ont pas significativement modifié la qualité de la carcasse, mis à part une réduction significative de la proportion du gésier à la densité intermédiaire de 15s/m<sup>2</sup>.

Par ailleurs, la densité d'élevage a réduit significativement la flore coliforme au niveau caecal mais pas au niveau iléal alors que l'apport d'acides organiques a augmenté le nombre d'*E. coli* au niveau des caeca.

Dans nos conditions expérimentales, l'association des acides organiques testés (acides formique, propionique et lactique) avec des densités élevées (15 et 18 s/m<sup>2</sup>) n'a pas eu l'effet positif escompté en termes d'optimisation des gains de poids et des indices de conversion alimentaires. En revanche, elle s'avère intéressante si l'on considère le net accroissement de la charge en kg/m<sup>2</sup>.

Des études ultérieures devraient préciser l'impact des acides organiques sur la croissance du poulet, en testant éventuellement des doses d'additifs supérieures et un mode de distribution continue via l'aliment.

# *Références Bibliographiques*



## A

- Abd El-Hakim, A. S., Cherian G. and Ali M. N. Use of organic acids, herbs and their combination to improve the utilization of commercial low protein broiler diets. *International Journal of Poultry Science* 8(1):14-20, (2009)
- 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 Serum Biochemistry of Broiler Chicken. *Veterinary Medicine International*, Volume 2010: 479-485, (2010)
- Anjum Muhammad S. and Chaudhry Abdul S., using enzymes and organic acids in broiler diets, *International Journal of Poultry Science* 47: 97-105, (2010).
- Arnould C., C. Leterrier, E. Baeza, Innovation to improve the sustainability of poultry production systems: Program of the Joint Research and Development Unit BIRD / JRA Tuesday 29th March, (2011)
- Avinash D. Better Eggshell quality with a gut acidifier, *poultry international*, April 2005 (URL: [http://www.stocarstvo.com/ishrana/Better\\_eggshell\\_quality\\_with\\_a\\_gut\\_acidifier.htm](http://www.stocarstvo.com/ishrana/Better_eggshell_quality_with_a_gut_acidifier.htm))

## B

- Bearson, S., Bearson, B. & Foster, Acid stress responses in enterobacteria. *FEMS Microbiol. Letters*. 147: 173-180. J. W. (1997)
- Bennett, D.D., Higgins, S.E., Moore, R.W., Beltran, R., Caldwell, D.J., Byrd, J.A. and Hargis, B.M. Effects of lime on *Salmonella enteritidis* survival in vitro. *Livestock of Applied Poultry Research*. 12: 65-68. (2003)
- Berchieri, A., Jr. & Barrow, P. A. Reduction in incidence of experimental fowl typhoid by incorporation of a commercial formic acid preparation (Bio-Add™) into poultry feed. *Poultry Science*, 75:339-341. (1996)
- Beremski, C.H. Rearing broiler at different stocking densities and lengths of fattening. Basic production characteristics. *Zhivotnov dni Nauki*, 24:20-25. (1987)
- Berrang ME, Smith DP and Hinton A Jr. Organic acids placed into cloaca to reduce *Campylobacter* contamination of broiler skin during defeathering. *Journal of Applied Poultry Research* : 287-291, (2006)



## *Références bibliographiques*

Bilgili, S. F., and J. B. Hess. Placement density influences broiler carcass grade and meat yields. *Journal of Applied Poultry Research*, 4:384–389. (1995)

Brian D. Fairchild. Broiler Production Systems: The ideal stocking density, *Poultry Science*, - (2005)

(URL: <http://www.thepoultrysite.com/articles/322/broiler-production-systems-the-ideal-stocking-density>)

.

Brul S., Coote P. Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology*, 50, 1-17. (1999)

Brzoska F et Steck K. Effect of probiotic, prebiotic and acidifier on body weight of broiler chickens, feed conversion and carcass meat composition. *Annals of Animal Science*, 7: 279-288. (2007)

Byrd, J.A., Hargis, B.M., Caldwell, D.J., Bailey, R.H., Herron, K.L., McCreynolds, J.L., Brewer, R.L., Anderson, R.C., Bischoff, K.M., Callaway, T.R. & Kubena, L.F. Effect of lactic acid administration in the drinking water during preslaughter feed withdrawal on salmonella and campylobacter contamination of broilers. *Poultry Science*, 80: 278–283. (2001)

## C

Canibe N., Engberg R.M., Jensen B.B.. An overview of the effect of organic acids on gut flora and gut health. In: *Proceedings of Workshop On Alternatives To Feed Antibiotics And Anticoccidials In The Pig And Poultry Meat Production*. (2001)  
(URL: <http://www-afac.slu.se/Slutl%20program%20Workshop%20Norge.pdf>)

Castello José A. Optimisation de l'environnement des poulets de .chair dans les conditions climatiques de l'Espagne, Séf. A 1 n "7, - L'aviculture en Méditerranée. (1990)

Çelik K., Mine Mutluay, Effects of probiotic and organic acid on performance and organ weights in broiler chicks. *Archiva Zootechnica* vol. 10, 51 (2007)

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)



## *Références bibliographiques*

Çiçek T., Kiliç S., Çalışlar S., Karaman M., Gürbüz Y.: Effects of cage and floor housing in different stocking densities on performance and some carcass characteristics of japanese quails. XXII World's Poultry Congress, Istanbul-Turkey, 8-13 June 2004, Book of abstracts, 423. (2004)

Cravener T.L., Roush W.B., Mashaly M.M.: Broiler production under varying population densities. Poultry Science, 71, 427-433. (1992)

## **D**

Dawkins, M. S., C. A. Donnelly and T. A. Jones, Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. Nature 427:342-344. (2004)

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)

## **E**

Eckert N. H. , J. T. Lee, D. Hyatt, S. M. Stevens, S. Anderson, P. N. Anderson, R. Beltran, G. Schatzmayr, M. Mohnl and D. J. Caldwell. Influence of probiotic administration by feed or water on growth parameters of broilers reared on medicated and nonmedicated diets. Poultry Science, 53: 115- 131. (2002).

Edriss M.A., Davoodvandi S., Pourreza J. The Effect of stock density on the prediction of performance and carcass traits in broiler chickens. Proceedings XVIth European Symposium on the Quality of Poultry. (2003)

Estevez, I. Density: How It Can Affect the Behavior and Health of Your Birds. Maryland Cooperative Extension, University of Maryland. Fact Sheet 758. (1999)

## **F**

Feddes J. J. R., E. J. Emmanuel, M. J. Zuidhof. : Broiler Performance, Bodyweight Variance, Feed and Water Intake, and Carcass Quality at Different Stocking Densities, Poultry Science. (2002)

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



## Références bibliographiques

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

Gabriel I., S. Mallet, P. Sibille. La microflore digestive des volailles : facteurs de variation et conséquences pour l'animal. INRA Productions Animales, 18 (5), 309-322. (2005)

Ghalib A. Al-Kassi et Aqeel Mohssen M. Comparative study between single organic acids effect and synergetic organic acids effect on broiler performance. Pakistan journal of nutrition; 8(6): 896-899, (2009)

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

Gimenez, R., Nunez, M.F., Badia, J., Aguilar, J. & Baldoma, L.. The gene yjcG, cotranscribed with the gene acs, encodes an acetate permease in Escherichia coli. Journal of Bacteriology, 185, 6448 \_ 6455. (2003)

## 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)

Hinton, A. Jr., Buhr, R: J. & Ingram, K. D. Reduction of Salmonella in the crop of broiler chickens subjected to feed withdrawal. Poultry Science, 79:1566-1570. (2000)

Hume, M. E., Corrier, D. E., Ivie, G. W. & Deloach, J. R. Metabolism of [14 C], propionic acid in broiler chicks. Poultry Science, 72:786-793. (1993)

## 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)



## K

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

## L

Lewis P.D., Perry G.C., Farmer L.J., Patterson R.L.S.: Responses of Two Genotypes of Chicken to the Diets and Stocking Densities Typical of UK and "Label Rouge" Production Systems: 1. Performance, Behaviour and Carcass Composition. *Meat Science*, Vol. 45, No. 4, 501-516. (1997)

Lin, J., Lee I. S., Frey J., Slonczewski J. L. And Foster J. W., Comparative analysis of extreme acid survival in *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri*, and *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*. 177:4097-4104. (1995)

## M

Maribo, H., B. B. Jensen et M. S. Hedemann. Different 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 the weanling pig. In: *Proceedings of the Vth International Symposium on Digestive Physiology in pigs*. Wageningen, Netherlands, 24-26 April 1991. Eaap Publication No. 54, pp.464-469. (1991)

Mehmet Levent Ozduven, Hasan Ersin Samli, Aylin Agha 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)

Mizubuti, I.Y., Fonseca, N.A.N., Pinheiro J.W., Waine and Pinheiro, J. Performance of two commercial broiler lines kept at different housing densities on different types of litter. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 23: 476-484. (1994)

Moharrery A. and Mahzonieh M. Effect of malic acid on visceral characteristics of coliform counts in small intestine in the broiler and layer chickens. *International Journal of Poultry Research*: 17:761-774 (2005)



## Références bibliographiques

- Mortari A.C., Rosa A.P., Zanella I., Neto C.B., Visentin P.R., Brites L.B.P.: Performance of broilers reared in different population density, in winter, in South Brazil. *Ciência Rural* 32(3). (2002)
- Mroz, Z., Jongbloed, A. W., Von Der Weij-Jongbloed, R., et Øverland, 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 resistance;  
(URL <http://www.agil.com/documents/KiotechagilAcidifiers.pdf>)

## O

- Owens B, Tucker L, Collins MA and McCracken KJ. Effects of different feed additives alone or in combination on broiler performance, gut microflora and ileal histology. *British Poultry Science*, 49:202-212. (2008)

## P

- Parkhurst, C.R., Baughman, G.R., Thaxton, J.P., Garlich, J.D. and Edens, F.W. A comparison of broiler grown in environmentally modified and conventional housing at different population densities:1. Production performance and economic analysis. *Poult. Sci.*, 56: 883-885,(1977)
- Patanen KH, Z. Mroz. Influence of Three Different Organic Acids on Broiler Performance. URL: <http://scialert.net/fulltext/?doi=ajpsaj.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)
- Puron D., Santamaria R., Segura J.C., Alamilla J.L. Broiler performance at different stocking densities. *Journal of Applied Poultry Research*, 4:55-60, (1995)



## R

- Risley, C. R., Kornegay, 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., Kornegay, 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., Kornegay, 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)
- Ritz, C. W., Fairchild, B. D. and Lacy, M.P. Litter quality and broiler performance. Cooperative Extension Service-The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences. Bulletin, 1267. (2005)
- 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

- Saklani-Jusforgues, H., Fontan, E. & Goossens, P. L. Effect of acidadaptation on *Listeria monocytogenes* survival and translocation in a murine intragastric infection model. *FEMS Microbiol. Letters*. 193: 155-159, (2000)
- Samanta M and Biswas P Effect of feeding probiotic and lactic acid in the performance of broilers. *Indian Journal of Poultry Science* 30: 145 – 147. (1995)
- Shanawany, **M.M.**, Broiler performance under high stocking densities. *British. Poultry Science*. 29:43-52, (1988)
- Škrbić Z, Z. Pavlovski, M. Lukić. Body mass and dynamics of growth of broiler chickens of different genotype in improved rearing conditions, *Biotechnology in Animal Husbandry* 23 (5-6), p 347 – 356 , (2007)

## T



## *Références bibliographiques*

- 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)
- Tayeb, I. T. Siamand N. H, Merkhani M. M, Shawkat A M. Sadeq, Gulizar I .A, Asia M.H, Effects of various stocking density on productive performance and some physiological traits of broiler chicks, Research Opinions In Animal & Veterinary Sciences , 2011, 1(2), 89-93,(2011)
- Thaxton, Y. V., T, Balzli C. L. and Tankson J. D. Relationship of Broiler. Journal of Applied Poultry Research, 12:81–84 (2003)
- 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)
- 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)

## V

- Viola E and Vieira SS. Supplementation of organic and inorganic acidifiers in diets for broiler chickens: performance and intestinal morphology. Revista Brasileira de Zootecnia, 36: 1097-1104. (2007)
- Vogt, H., Matthes, S., Harnisch, S. Der Einfluss organischer Säuren auf die Leistungen von Broilern und Legehennen. Archiv für Geflügelkunde, 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)

## Y

- Yardimci et Kenar . Effect of stocking density on litter microbial load in broiler chickens. Archiva Zootechnica. 11:3, 75-81, 75 (2008)

Source internet 01: [http:// www.avicultureaumaroc.com](http://www.avicultureaumaroc.com)

Source Internet 02: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Acide\\_carboxylique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_carboxylique)



## *Références bibliographiques*

Source internet 03 : <http://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/acides.htm>

# *Annexes*



Les différentes densités d'élevage

12 s/m<sup>2</sup>

15 s/m<sup>2</sup>

18 s/m<sup>2</sup>



Acides organiques (Produit commercial) &  
Distribution



Quelques manipulations au  
laboratoire de bactériologie

Elimine Salmonelles et E. coli  
Inhibe le développement des levures  
Inhibe le développement des moisissures  
Améliore les résultats techniques  
Prévient la pollution des circuits d'eau

## Acides organiques

**PROPHORCE® SA 902** est une formule synergique d'acides organiques.

Les principaux éléments sont : acide formique et ses sels, acide propionique et acide lactique. Cette formule synergistique d'acides organiques est choisie pour son efficacité sur des bactéries comme E. coli et les Salmonelles. Pour les productions animales, il est essentiel de maîtriser la qualité de son aliment et de son eau de boisson qui ne doivent pas être contaminés par des bactéries pathogènes. Chaque micro-organisme se multiplie à un pH différent –

E. coli et Salmonelles à un pH neutre (pH 6- 7.5). Ces bactéries pathogènes ne se multiplient pas en milieu acide. Dans le 1<sup>er</sup> tableau vous avez les bases de pH optimum pour la multiplication des micro-organismes.

C'est la raison pour laquelle on doit utiliser des acidifiants dans son eau de boisson.

pH de développement des *micro-organisms*

| Organisme  | Minimum   | Optimum   | Maximum    |
|------------|-----------|-----------|------------|
| Bactéries  | 3.0 - 4.0 | 6.0 - 7.5 | 9.0 - 10.0 |
| Levures    | 2.0 - 3.0 | 4.5 - 5.5 | 7.0 - 8.0  |
| Moisissure | 1.0 - 2.0 | 4.5 - 5.5 | 7.0 - 8.0  |

Ref Nr. HP/BK 26/08/96  
AC007EN.PPT

Franklin Products  
International BV

## Digestion des protéines

Les jeunes animaux ne sécrétant pas encore d'acide, ils ne peuvent donc pas fabriquer de pepsine qui est indispensable à la digestion des protéines. C'est un point clé. L'addition d'acides à la ration des jeunes animaux permet de démarrer le processus d'adaptation à l'aliment ainsi que l'utilisation digestive des nutriments de l'aliment.

## Abaissement du pH

**PROPHORCE® SA 902** va abaisser le pH de l'eau de boisson et du contenu stomacal ; l'objectif est d'amener l'eau à un pH compris entre 3.9 et 4.5.

L'utilisation de kits pH pour contrôler le pH est tout particulièrement indiquée.

# Elimination des pathogènes

**PROPHORCE® SA 902** élimine les Salmonelles ; un laboratoire de recherche indépendant a montré que **PROPHORCE® SA 902** tue les Salmonelles et E.coli (tableau 1)

|                          | Salmonelles            |                     | E. coli             |                     |
|--------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                          | T=0 heure              | T=24 heures         | T=0 heure           | T=24 heures         |
| Témoin                   | 3,89 x 10 <sup>5</sup> | 4 x 10 <sup>7</sup> | 6 x 10 <sup>4</sup> | 7 x 10 <sup>5</sup> |
| <b>PROPHORCE® SA 902</b> | 3,89 x 10 <sup>5</sup> | < 10                | 6 x 10 <sup>4</sup> | < 10                |

Tableau 1 : Nombre de colonies de Salmonelles formant unités (C.F.U.)

Outre les salmonelles et *E.. Coli*, l'acide lactique est particulièrement efficace contre les pathogènes (tableau 2)

| PATHOGENES                     | EFFET LETAL<br>(baisse du log)    |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Salmonella spp.                | 10 <sup>4</sup> – 10 <sup>5</sup> |
| <i>Yersinia enterocolitica</i> | 10 <sup>3</sup> – 10 <sup>5</sup> |
| Escherichia coli Enteropath    | 10 <sup>2</sup> – 10 <sup>4</sup> |
| <i>Campylobacter jejuni</i>    | > 10 <sup>5</sup>                 |
| Enterobacterie Mesophile       | 10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup> |

Tableau 2 : Effet de l'acide lactique 0,2 mol/l ; 2 min à température ambiante.  
Van Netten et al., 1982,1984

## Dosage

La dose de **PROPHORCE® SA 902** : 1 - 2 kg pour 1000 litres d'eau de boisson au début – 4 à 7 jours 1 kg pour 1000 litres, ensuite contrôler le pH obtenu, avec le kit donné pour arriver entre 3,8 et 4.

*Dindes* : Lors de l'apparition de diarrhées : 1 à 2 kg/ 1000 l durant 2 jours

## Non polluant

**PROPHORCE® SA 902** contient un additif spécial qui permet de protéger l'eau de boisson de la pollution. Pendant la phase de démarrage des volailles, la température ambiante est supérieure à 30°C et la consommation d'eau est extrêmement faible. Dans ces conditions, la qualité de l'eau baisse très vite engendrant des problèmes ; des levures comme *Candida Albicans* se développent, ainsi que des algues. Le résultat est une pollution du système de distribution de l'eau de boisson par un microfilm organique, entraînant des problèmes de santé des animaux, mais pire encore, en se détachant des parois des canalisations d'eau, va boucher les pipettes, privant les animaux d'eau. **PROPHORCE® SA 902** est probablement le seul additif de l'eau de boisson qui prévient la formation des micropellicules organiques.

### Acide formique



L'acide méthanoïque (formique) est préparé par réaction entre la soude et le monoxyde de carbone à chaud.

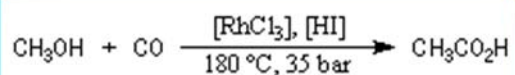


Le traitement par l'acide sulfurique du formiate de sodium fournit l'acide formique.

### Acide acétique



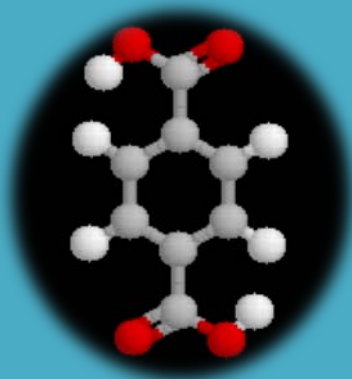
La meilleure préparation industrielle de l'acide éthanoïque est la carbonylation du méthanol. Ce procédé, mis au point par Monsanto en 1971, utilise du trichlorure de rhodium comme



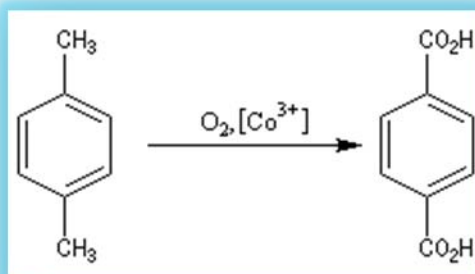
catalyseur.

Il permet la préparation de plus d'un million de tonnes d'acide éthanoïque par an. Il sert à préparer notamment l'acétate de vinyle.

### Acide téréphtalique



L'acide téréphtalique est produit par oxydation du 1,4-méthylbenzène par l'oxygène de l'air en présence d'un catalyseur au cobalt.



Il est utilisé dans la synthèse du polyéthylène téréphtalate.

**La préparation de quelques acides organiques**

**Cette étude a pour objectif** d'évaluer l'effet de l'augmentation de la densité d'élevage associée à la supplémentation en acides organiques (mélange d'acides formique, propionique et lactique) dans l'eau de boisson, sur les performances zootechniques, la flore coliforme et la qualité de la litière du poulet de chair. Au total, 3000 poussins d'1 jour de souche ISA F15, ont été répartis en 6 lots expérimentaux (6 répétitions chacun) de poids homogène : 3 groupes Témoins (T) recevant une eau de boisson sans additifs et élevés à 3 densités différentes (12, 15 et 18 sujets/m<sup>2</sup>) et 3 groupes (A) recevant des Acides organiques dans l'eau de boisson et également soumis aux 3 mêmes densités d'élevage. **Dans nos conditions expérimentales**, avec ou sans rajout d'acides organiques, augmenter la densité d'élevage de 12 à 15 s/m<sup>2</sup> n'a pas affecté la croissance, l'ingéré alimentaire ou l'indice de conversion mais a permis d'accroître significativement la charge en kg/m<sup>2</sup> (+20%, P<0,0001). Celle-ci est également améliorée avec une densité de 18 s/m<sup>2</sup> (+35%, P<0,0001) avec toutefois une réduction significative du gain de poids (-11%, p<0,001), de l'ingéré (-16%, P<0,0001), sans modification de l'indice de conversion (-5%, P=0,2). En outre, les deux traitements appliqués n'ont pas significativement modifié le rendement de la carcasse, mis à part une réduction significative de la proportion du gésier chez les poulets soumis à la densité de 15 s/m<sup>2</sup> (-7%, P<0,001). Par ailleurs, la densité d'élevage a réduit significativement la flore coliforme au niveau caecal (-19% ; P<0,001) mais pas au niveau iléal alors que l'apport d'acides organiques a augmenté le nombre d'*E. coli* au niveau des caeca. Enfin, le taux de matière sèche de la litière est légèrement affecté par l'élévation de la densité (-9%, P=0,07) mais aucun impact de la supplémentation en acides organiques.

En conclusion, l'association des acides organiques testés (acides formique, propionique et lactique) avec des densités élevées (12, 15 et 18 s/m<sup>2</sup>) n'a pas eu l'effet positif escompté en termes d'optimisation des gains de poids et des indices de conversion alimentaires. En revanche, elle s'avère intéressante si l'on considère le net accroissement de la charge en kg/m<sup>2</sup>.

**Mots clés :** poulet de chair, acides organiques, supplémentation, densité d'élevage, performances zootechniques, carcasse, flore coliforme, charge qualité de la litière.

**This study aims** to evaluate the effect of increasing the stocking density associated with the supplementation of organic acids (mixture of formic acid, propionic and lactic acid) in drinking water on animal performance, the coliform flora and litter quality of broilers. In total, 3000 1-day old chicks ISA strain F15, were divided into 6 experimental groups (6 replicates each) with homogeneous weight: 3 control groups (T) receiving drinking water without additives and reared at 3 different densities (12, 15 and 18 birds/m<sup>2</sup>) and 3 groups (A) receiving organic acids in drinking water and also subjected to the same 3 stocking densities.

**In our experimental conditions**, with or without addition of organic acids, increasing the stocking density from 12 to 15 birds / m<sup>2</sup>, did not affect growth rate, feed intake or feed conversion ratio but allowed to increase significantly the load in kg / m<sup>2</sup> (+20%, P <0.0001). This is also enhanced with a density of 18 birds / m<sup>2</sup> (+35%, P <0.0001) but with a significant reduction in weight gain (-11%, p <0.001), feed intake (-16%, P <0.0001), and an unmodified conversion ratio (-5%, P = 0.2). In addition, both treatments applied did not significantly alter the yield of the carcass, except for a significant reduction in the proportion of gizzard in chickens subjected to the density of 15 birds / m<sup>2</sup> (-7%, P <0.001). Furthermore, the stocking density significantly reduced the coliform flora in caecum (-19%, P <0.001) but not in the ileum and the input of organic acids increased the number of *E. coli* at caeca. Finally, the dry matter content of litter was slightly affected by the increase in density (-9%, P = 0.07) but no effect of supplementation of organic acids was observed.

In conclusion, the association of the tested organic acids (formic, propionic and lactic acid) with high densities (12, 15 and 18 birds / m<sup>2</sup>) did not have the desired positive effect in terms of optimizing weight gains and feed conversion ratio. However, it is interesting considering the marked increase of the load in kg / m<sup>2</sup>.

**الهدف من هذه الدراسة**، هو تقييم تأثير زيادة الكثافة الحيوانية مع إضافة الأحماض العضوية (مزيغ من عدة أحماض: حمض الفورميك البروبيونيك و حمض اللين) في مياه الشرب، على القدرات الحيوانية و على الحيوانات القولونية و على نوعية فراش دجاج اللحم. لقد تم رصد (3000) صوص بعمر يوم واحد من سلالة (ISA F15)، و تم تقسيمها إلى 6 مجموعات تجريبية ذات أوزان متجانسة (6 تكرارات): 3 مجموعات شاهدة (T)، تلقت ماء شرب بدون أحماض عضوية و مرات تحت 3 كثافات حيوانية مختلفة (12، 15 و 18 فرد/م<sup>2</sup>)، و 3 مجموعات (A) تلقت ماء شرب مضاف إليه أحماض عضوية، و هذه المجموعات أيضا مربة تحت 3 كثافات حيوانية مختلفة. **في ظروفنا التجريبية**، بإضافة أو عدم إضافة الأحماض العضوية، و برفع الكثافة الحيوانية من 12 إلى 15 فرد/م<sup>2</sup>، لم تؤثر على درجة النمو و نسبة الإستهلاك الغذائي و مؤشر التحويل الغذائي، سمحت برفع الحموله كغ/م<sup>2</sup> (+20%)، هذه الأخيرة تحسنت أيضا بكثافة حيوانية 18 فرد/م<sup>2</sup> (+35%)، غير لأن هناك انخفاض في الوزن التراكمي (-10%)، و نقص في الإستهلاك (-16%)، بدون تغيير في مؤشر التحويل الغذائي (-5%)، إضافة إلى هذا، العلاجين لم يؤثر على مردود الذبيحة، باستثناء نقص في نسبة الحويصلة للدجاج المربي بكثافة حيوانية 15 فرد/م<sup>2</sup> (-7%). من جهة أخرى، الكثافة الحيوانية أنقصت الحيوانات القولونية البيكومية (-19%)، لكن ليس على مستوى الإليوم. و في الأخير، نسبة المواد الجافة في فراش الدجاج، تأثرت قليلا بارتفاع الكثافة الحيوانية (-9%)، لكن دون تأثير الأحماض العضوية على ذلك.

في الختام، يمكننا أن نستنتج، أن إضافة للأحماض العضوية (حمض الفورميك البروبيونيك و حمض اللين)، مع زيادة الكثافة الحيوانية (12، 15 و 18 فرد/م<sup>2</sup>)، لم يعطي التأثير المرتقب في ما يخص تحسين ربح الوزن و مؤشر التحويل الغذائي، بالمقابل يبدو مهما أن نأخذ بعين الإعتبار زيادة الحموله كغ/م<sup>2</sup>.

**الكلمات المفتاحية:** الدجاج اللحم، والأحماض العضوية، وكثافة مختلفة، أداء الحيوانات والنباتات القولونية الذبيحة، فراش دجاج، مردود الذبيحة.