

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE – ALGER

PROJET DE FIN D'ETUDES
en vue d'obtention du
DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

**Etude de l'effet de la supplémentation
en probiotique *Pediococcus acidilactici*
sur les performances zootechniques du poulet de chair**

Présenté par : Mlle BESSAS Amina
Mlle HACHEMI Amina
Mlle ZAIDI Sara

Soutenu le : 29 juin 2008

Le Jury :

Président	: Dr. AINBAZZIZ H.	(Maître de conférences)
Promotrice	: Dr. TEMIM KESSACI S.	(Maître de conférences)
Examineur	: Dr. KHELEF D.	(Maître de conférences)
Examineur	: Dr. REGGUEM B.	(Maître assistant)
Examineur	: Dr. DJELLOUT B.	(Professeur ingénieur)

Année universitaire 2007/2008

REMERCIEMENTS

Il n'aurait pas été possible de réaliser ce projet sans l'aide et l'assistance de certaines personnes :

Nous tenons tout d'abord et tout particulièrement à adresser notre reconnaissance et nos vifs remerciements à notre chère et respectueuse Promotrice Mme Soraya TEMIM-KESSACI, qui n'a ménagé aucun effort pour nous permettre grâce à ses précieux conseils de mener à terme ce projet de fin d'étude.

Nos vifs remerciements s'adressent aussi à Messieurs et Mesdames les membres du jury d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Comme nous tenons à remercier chaleureusement Mr le Directeur Général ainsi que tous les Enseignants et Encadrements de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger.

Nous n'oublierons pas d'adresser également nos remerciements à l'équipe de l'ITELV et Mme HAMAMI Nabila pour l'aide et le soutien fourni durant toute la période expérimentale sans oublier Mme AINBAZZIZ, et Mr REGGUEM pour leurs encouragements et conseils éclairés.

Enfin, nous exprimons nos remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont apporté leur soutien le long de notre formation et au cours de l'élaboration de ce projet.

DEDICACES

Je dédie cet humble travail à tous les membres de ma famille, qui chacun, à sa manière, a fait plus qu'il ne fallait pour me soutenir et m'encourager durant tout mon cursus universitaire ;

Je commencerais par mon Cher Père, qui par sa confiance à mon égard et ses conseils, m'a apporté main forte pour réussir en croyant toujours que la volonté conduit au succès,

A ma Tendre Mère, qui sans son amour protecteur et généreux, je ne serais jamais là où je suis maintenant,

A ma sœur aînée Zohra, mon beau frère Ahmed et leurs trois enfants, pour m'avoir accueillie chaleureusement chez eux pendant de longues périodes et d'avoir partager avec moi le meilleur et le pire,

A mes adorables sœurs Nacera et Wahiba et mon gentil frère Yacine, je tiens vivement à leur exprimer une grande gratitude pour m'avoir supporté, épaulé et chérie,

A ma sœur Fatima et son mari Mustapha, sans oublier leur petit bout-de-chou Minou.

Et enfin, à ma belle-sœur Soumia, qui m'est très proche. Je te suis extrêmement reconnaissante de m'avoir supporté, et réconforté dans les moments difficiles. et te souhaite de la réussite dans tes études et ta vie.

Merci à tous de m'avoir fait confiance, et j'espère fort vous avoir enchantés...

Amina Bessas



DEDICACE

Pour toi mon cher papa,
Pour toi ma douce maman,
Pour vous mes chers petits frères,
Med Mehdi « le petit génie » & Salah eddine « le chouchou».

Je dédie ce modeste travail et j'espère du fond du cœur que vous l'apprécierez, et surtout vous comprendrez pourquoi sacrifier mon temps de famille qui est si précieux. Je vous remercie de m'avoir encouragé, soutenu, et surtout me donner l'amour et la volonté, me réconforter et me remonter le morale durant les moments si durs et si pénibles où j'ai failli perdre tout espoir... même si le chemin est encore à ses débuts, merci à vous -papa & maman- parce que vous m'avez transmis votre amour de la science et du savoir.

Pour vous Mme Temim, vous êtes et vous resterez pour toujours une mère et un exemple pour moi, je vous remercie pour votre compréhension, vos conseils si précieux et surtout parce que vous êtes ma source d'espoir.

Pour mes enseignants qui m'ont transmis leur savoir et leurs connaissances durant tout mon cursus, merci et je vous exprime mes profonds respects.

Pour tous mes amis, je ne vous oublierai jamais et je garderai de vous une image si belle, et des souvenirs d'une promo bosseuse.

Pour une ECOLE, où j'ai passé 1375 jours d'études où j'ai rencontré des amis et surtout où j'ai vécu les plus beaux moments de ma vie entourée de ceux que j'aime.

POUR VOUS L'ENV, POUR VOUS TOUS,

MILLE MERCI ...

Amina HACHEMI





DEDICACES

A mon papa qui m'a inculqué l'amour de la science et du savoir ...

A ma maman pour sa patience et d'être proche de moi tout au long de ma
scolarité...

A mes deux frères, à ma sœur

A toute ma famille, oncles, tantes, cousins et cousines

A tout les étudiants et étudiantes de ma promotion

A mes enseignants avec un grand remerciement

Et je ne manquerais pas de souligner qu'avec l'aide du bon dieu le
miséricordieux qui m'a guidé à suivre le bon chemin et à réaliser mon rêve...

Sara Zaidi

LISTE DES FIGURES

Figure 1. <i>Pediococcus acidilactici</i> (microscopie électronique)	12
Figure 2. Schéma du protocole expérimental	21
Figure 3. Gain de poids moyen par phase d'élevage et cumulée des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en <i>Pediococcus acidilactici</i> (lot « Probiotique »)	28
Figure 4. Consommation alimentaire moyenne par phase d'élevage et cumulée des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en <i>Pediococcus acidilactici</i> (lot « Probiotique »)	30
Figure 5. Indice de conversion par phase d'élevage et cumulée et indice de consommation cumulé des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en <i>Pediococcus acidilactici</i> (lot « Probiotique »)	31
Figure 6. Taux de mortalité par phase d'élevage et cumulée des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en <i>Pediococcus acidilactici</i> (lot « Probiotique »)	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composition de la microflore du poulet déterminée par dénombrement bactériens	4
Tableau 2. Métabolites majeurs produits par la microflore	5
Tableau 3. Les micro-organismes considérés comme probiotiques	10
Tableau 4. Classification de <i>P. acidilactici</i>	11
Tableau 5. Effet de la supplémentation en <i>Pediococcus acidilactici</i> sur les performances zootechniques de poulets de chair	18
Tableau 6. Composition et caractéristiques des aliments utilisés durant l'essai	22
Tableau 7. Températures ambiantes (Ta) d'élevage durant tout l'essai	23
Tableau 8. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique « <i>Pediococcus acidilactici</i> » sur le poids vif et le gain de poids du poulet de chair	27
Tableau 9. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique <i>Pediococcus acidilactici</i> sur la consommation d'aliment du poulet de chair	29
Tableau 10. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique <i>Pediococcus acidilactici</i> sur l'indice de conversion du poulet de chair	31
Tableau 11. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique <i>Pediococcus acidilactici</i> sur la mortalité du poulet de chair	32
Tableau 12. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique <i>Pediococcus acidilactici</i> sur les caractéristiques de la carcasse du poulet de chair	34

ANNEXES

Annexe 1. Plan de prophylaxie appliqué durant l'essai

Annexe 2. Fiche technique de la bactérie probiotique *Pediococcus acidilactici* utilisée dans l'essai

Annexe 3. Bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai

Annexe 4. Schéma expérimental du bâtiment

Annexe 5. Matériel d'alimentation 1er âge et 2ème âge utilisé durant l'essai

Annexe 6. Matériel d'abreuvement 1er âge et 2ème âge utilisé durant l'essai

Annexe 7. Opérations effectuées pour la détermination du rendement de carcasses

Annexe 8. Rappel anatomo-physiologique du poulet de chair

Annexe 9. Physiologie digestive des volailles

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	1
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
Chapitre 1 : La microflore digestive du poulet	3
I. Caractéristiques de la flore digestive des volailles	3
II. Impact de la microflore sur la physiologie digestive	5
II.1. Modifications anatomiques et physiologiques du tube digestif	5
II.2. Production et hydrolyse du mucus	6
II.3. Modification du transit intestinal	6
III. Impact de la microflore sur la digestion de l'aliment	6
IV. Rôle de la microflore sur la santé de l'hôte	8
IV.1. Stimulation du système immunitaire	8
IV.2. Protection contre les micro-organismes néfastes	8
Chapitre 2 : Les bactéries lactiques et leurs actions probiotiques	9
I. Généralités sur les probiotiques	9
I.1. Définitions	9
I.2. Les micro-organismes probiotiques	9
II. Propriétés générales des bactéries lactiques	10
II.1. Les bactéries lactiques	10
II.2. Propriétés de <i>Pediococcus acidilactici</i>	11
III. Mécanismes d'action des bactéries lactiques probiotiques	12
III.1. Inhibition des bactéries indésirables	13
III.2. Neutralisation des produits toxiques	14
III.3. Amélioration de la digestibilité de la ration alimentaire	14
III.4. Effet sur la muqueuse intestinale	15
III.5. Stimulation de la réponse immunitaire	16
III.5.1. Effet des probiotiques sur l'immunité innée	16
III.5.2. Effet des probiotiques sur l'immunité adaptative	17
III.5.3. Effets sur le système immunitaire sécrétoire	17
IV. Efficacité zootechnique des lactobacilles probiotiques	18
MATERIELS ET METHODES	20
I. Lieu, période et durée de l'essai	20
II. Animaux	20

III. Traitement expérimentaux	20
IV. Aliment	21
V. Bâtiment d'élevage et conditions d'ambiance	22
V.1. Bâtiment	22
V.2. La température d'élevage	23
V.3. L'éclairage	23
VI. Equipements d'élevage	23
VI.1. Le matériel d'alimentation	23
VI.2. Le matériel d'abreuvement	24
VI.3. Le matériel de chauffage	24
VI.4. Le matériel de pesée	24
VI.5. La litière	24
VII. Les paramètres mesurés	24
VII.1. Les performances zootechniques	24
VII.2. Le rendement de carcasse	25
VIII. Etude statistique	25
RESULTATS ET DISCUSSION :	27
I. Effet de la supplémentation alimentaire en <i>P. acidilactici</i> sur les performances zootechniques	27
I.1. Effet sur la croissance	27
I.2. Effet sur la consommation d'aliment	29
I.3. Effet sur l'indice de conversion et de consommation	30
I.4. La mortalité	32
II. Effet de la supplémentation alimentaire en <i>P. acidilactici</i> sur le rendement de carcasse	34
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

Si l'homme par son génie a pu, à travers de longues années de recherches, inventé des substances chimiques naturelles et/ou synthétiques à effet bactériostatique et bactéricide (dénommées antibiotiques), son invention est sujette à différents scandales relatifs aux antibiorésistances.

L'interaction organisme-receveur et antibiotique révèle des résistances de l'organisme vis-à-vis des antibiotiques, situation à la fois alarmante et inquiétante que vivent les citoyens. Doute quant à la qualité des productions, doute quant à la qualité des thérapies.... Une succession d'interrogations qui donne à réfléchir jusqu'à une prise de conscience assez nouvelle : qui est d'abord de nous résigner et d'accepter que l'aire de l'antibiothérapie est vouée dans un proche avenir à un destin sombre et à un échec certain.

Devant ce flot d'inquiétude, d'autres voies de recherche ont été explorées, en l'occurrence celles des probiotiques qui rivalisent en ces temps modernes sérieusement avec les antibiotiques. Il devient urgent d'adopter un modèle d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement et du citoyen (traçabilité des produits). La nature est avide et veut reprendre « ses droits » par l'emploi des probiotiques.

Les probiotiques sont des constituants alimentaires microbiens vivants qui exercent une action bénéfique pour la santé de l'homme et de l'animal. Les probiotiques ont fait leurs preuves en santé humaine. Ce succès indéfectible est l'œuvre de chercheurs tels que Pr. Jean François GUILLOT (université de tours) et au Pr. Daniel GRIESS dans des travaux relatifs à la comparaison des flores digestives des animaux domestiques.

L'activité avicole est un créneau sûr de production de viande blanche à très court terme et son extension vertigineuse exige de nous de nouveaux comportements. C'est pourquoi nous avons opté pour le choix de notre thème qui s'intitule : « L'effet de la supplémentation en probiotique *Pediococcus acidilactici* sur les performances zootechniques du poulet ». Notre objectif étant de préciser, dans nos conditions locales, l'intérêt d'une complémentation alimentaire en ce probiotique chez le poulet de chair.

Tout D'abord, une revue bibliographique détaillera, dans un premier chapitre, les caractéristiques et rôles de la microflore digestive du poulet. Par la suite, un deuxième chapitre sera consacré aux bactéries lactiques à action probiotique et principalement le *Pediococcus acidilactici*, objet de notre étude expérimentale.

Une seconde partie, nous permettra d'argumenter l'intérêt de la mise en place d'une complémentation alimentaire en probiotique chez le poulet de chair à partir d'une expérimentation menée en conditions locales. Nous y étudierons l'effet de la supplémentation en *Pediococcus acidilactici* sur les performances de croissance, la mortalité et le rendement de carcasse. Les méthodologies et les protocoles utilisés dans notre travail expérimental seront d'abord, globalement décrits, puis les résultats seront présentés 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.

CHAPITRE 1 – LA MICROFLORE DIGESTIVE DU POULET

Il est bien connu que les animaux naissent axéniques, mais après un ou deux jours, s'installe une population microbienne spécifique pour chaque espèce animale, résultant du contact avec la mère et avec l'environnement dans lequel ils sont nés (GOURNIER et *al.*, 1994). La colonisation du tube digestif se fait selon des modèles distincts d'une espèce animale à l'autre (KEKESSY et PIGET, 1970), mais de manière générale, les micro-organismes s'organisent sous la forme de populations en état d'équilibre, créant ainsi des habitats ou niches le long du tractus digestif. Ainsi, chaque compartiment du tube digestif est colonisé par différentes populations microbiennes. Chez les oiseaux, le tube digestif est aussi stérile à l'éclosion. L'inoculation naturelle se fait ensuite à partir de la flore des adultes ou de celle des aliments (CHAFAI, 2006). L'implantation de la flore dépend donc de l'environnement de l'œuf au moment de l'éclosion qui définit l'ordre dans lequel les animaux sont exposés aux microorganismes, de leur aptitude à coloniser l'intestin (besoin en nutriments, lieu de développement) et des interactions entre microorganismes (GABRIEL et *al.*, 2005).

La flore digestive des volailles a été très étudiée et s'avère différente de celle des mammifères, probablement du fait de différences anatomiques et physiologiques. Elle a été considérée jusqu'à présent comme jouant un rôle mineur comparativement à celle du colon des mammifères (GABRIEL et *al.*, 2003). Cette flore se trouve principalement dans le jabot et les caeca, mais également et en nombre plus réduit, dans l'intestin (GABRIEL et *al.*, 2005). Elle varie en fonction de l'animal, de son âge, de son environnement et de son alimentation. Elle induit la production de différents métabolites qui peuvent être utiles ou nuisibles à l'organisme hôte. Ses interactions avec la muqueuse intestinale sont à l'origine de nombreux changements de la structure et du fonctionnement du tube digestif (MALLET et *al.*, 2001).

I. Caractéristiques de la flore digestive des volailles

D'une manière générale, la flore digestive, au sens large, comprend les organismes unicellulaires situés dans le tractus digestif, c'est-à-dire les bactéries, les champignons et les protozoaires. Les populations bactériennes, qui sont les micro-organismes prédominants,

représentent une large gamme de types métaboliques et morphologiques (LU et *al.*, 2003). Elles peuvent être divisées en trois groupes distincts : une **flore dominante** ($> 10^7$ UFC/g contenu) ; une **flore sous-dominante** (10^5 à 10^3 UFC/g) et une **flore résiduelle** ($< 10^3$ UFC/g) (GABRIEL, 2005).

Les données de microbiologie classique (cultures) ou moléculaire (clonage et séquençage) relatives à la composition de la flore le long du tube digestif du poulet (Tableau 1) indiquent globalement, qu'au niveau du jabot, sont retrouvées principalement des lactobacilles attachées à l'épithélium, des streptocoques et des levures (GABRIEL et *al.*, 2005). Dans l'intestin grêle, les bactéries anaérobies facultatives prédominent (lactobacilles, streptocoques et coliformes). Dans les caeca, les anaérobies stricts comme *Eubacterium*, des bifidobactéries et des clostridies deviennent majoritaires, même si des bactéries anérobies facultatives sont aussi présentes. Ainsi, chez le poulet, 29 genres bactériens ont été identifiés par les méthodes de culture conventionnelles. Chaque genre est représenté par 3 à 4 espèces, et chaque espèce par 3 à 4 types métaboliques différents, ce qui ferait au final plus de 200 types différents (GABRIEL et *al.*, 2005).

Tableau 1. Composition de la microflore du poulet déterminée par dénombrement bactériens (SMITH, 1965) [§]

Groupes majoritaires	Nombre de bactéries viables ($\log_{10}$ UFC / g de contenu)						
	Jabot	Gésier	Intestin 1 ^{§§}	Intestin 3	Intestin 5	Intestin 7	Caeca
Lactobacilles	8,7	7,3	8,0	8,2	8,2	8,6	8,7
Streptocoques	4,0	3,7	4,0	4,0	3,7	4,2	6,7
<i>Escherichia coli</i>	1,7	nd	2,0	1,7	1,7	2,7	5,6
Levures	2,7	nd	1,7	nd	1,7	nd	2,0
<i>Clostridium welchi</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,7
Bactéroïdes	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8,7

UFC : Unité Formant Colonie.

nd : organisme non détecté, c'est-à-dire quantité dont le $\log_{10}$ est inférieur à 1,7/g.

[§] Poulets de chair adultes issus d'un élevage (6 individus), consommant un régime composé de céréales et de farine de poisson (10-15%), sans antibiotique.

^{§§} L'intestin a été divisé en 7 parties : différentes portions ont été étudiées (la 1^{re}, la 3^e, la 5^e et la 7^e partie).

Au niveau du tube digestif, la flore digestive se localise dans la lumière intestinale, enfouie dans la couche de mucus ou adhérant à la muqueuse digestive, pouvant y former des couches de cellules très importantes (FULLER, 1989). La flore luminale dépend des nutriments disponibles, de la vitesse de transit et de la présence ou non de substances antimicrobiennes. La flore mucosale

dépend de l'expression par l'hôte de sites d'adhésion spécifiques sur les membranes des entérocytes, de la vitesse de production de mucus, de la production d'anticorps sécrétoires, et de l'extrusion de matériel cellulaire de la membrane (GABRIEL *et al.*, 2005). Par ailleurs, de nombreux composés issus de la fermentation des aliments sont produits par la microflore digestive. Certains peuvent être bénéfiques et d'autres néfastes à l'hôte (Tableau 2).

Tableau 2. Métabolites majeurs produits par la microflore (Gabriel *et al.*, 2005)

Produits bénéfiques	Produits néfastes
Vitamines ^s , acides lactiques, bactériocines, métabolites de l'oxygène, peroxyde d'hydrogène, radicaux libres.	Acide cholique, enzymes déconjugant les sels biliaires, indole et scatole, mercaptan d'éthyl et de méthyl, endotoxines, entérotoxines, substances mutagènes et carcinogènes, oligopeptides potentiellement inflammatoires.
Produits à effets mixtes	
• Acides gras volatils : acétate, propionate, butyrate, isobutyrate, valérate, isovalérate. • Ammoniac • Amines (putrescine, spermidine, spermine, histamine)	

^s Ne seraient pas disponibles pour l'animal, sauf l'acide folique.

II. Impact de la microflore sur la physiologie digestive

Les interactions entre la microflore et la muqueuse digestive, sont à la fois, symbiotiques et compétitives, entraînant des modifications de la structure et du fonctionnement du tube digestif.

II.1. Modifications anatomiques et physiologiques du tube digestif

Les animaux conventionnels ont un intestin grêle plus lourd et plus long, ainsi qu'une paroi plus épaisse en comparaison avec les animaux axéniques (DENIS *et al.*, 2004). Cet épaississement est dû principalement aux tissus connectifs en particulier la *lamina propria* et au tissu lymphoïde. Les villosités intestinales sont également plus hautes dans le jéjunum et l'iléon et de forme moins régulière chez les oiseaux conventionnels comparés aux oiseaux axéniques. Les cryptes sont plus profondes tout le long de l'intestin grêle et le nombre de cellules en division est plus élevé, donnant un renouvellement cellulaire accéléré du duodénum distal à l'iléon. De même, les caeca des animaux conventionnels ont un poids relatif plus élevé et une paroi plus épaisse par rapport à ceux des animaux axéniques (GABRIEL *et al.*, 2005). Le développement plus important des tissus

intestinaux serait induit par les différents métabolites produits par les bactéries tels que les acides gras volatils, l'ammoniac et les amines (GABRIEL et *al.*, 2005).

II.2. Production et hydrolyse du mucus

Certains micro-organismes s'attachent à l'épithélium du tube digestif, alors que d'autres colonisent les mucines de l'iléon, des caeca et du colon du poulet (GABRIEL et *al.*, 2003). Le gel formé par le mucus pourrait servir à stabiliser la communauté microbienne. Ainsi, la présence de la microflore augmente la production de mucines et modifie les proportions des différents types de glycoprotéines qui les constituent (SAKATA et SETOYAM, 1995). Ces modifications pourraient s'effectuer directement par la libération locale de facteurs bioactifs ou indirectement par l'activation des cellules immunitaires de l'hôte. Par ailleurs les mucines pourraient être utilisées comme source de carbone et d'énergie par certaines bactéries grâce à leurs activités glycosidiques. (GABRIEL et *al.*, 2005).

II.3. Modification du transit intestinal

La présence de la flore ne semble pas modifier la vitesse de transit intestinal. Ceci pourrait néanmoins dépendre du type de régime. Ainsi, un effet de la flore est observé dans le cas de régimes incluant des matières premières riches en polysaccharides non amylacés hydrosolubles qui augmentent la viscosité des contenus digestifs (GABRIEL et *al.*, 2005).

III. Impact de la microflore sur la digestion de l'aliment

La microflore digestive est en compétition avec l'hôte pour l'utilisation des aliments présents dans le tube digestif. En effet, les microorganismes sont pourvus d'un très grand nombre d'enzymes comparativement à l'oiseau. De plus, ceux localisés dans la lumière intestinale peuvent utiliser les nutriments avant l'hôte. La flore digestive aurait ainsi un effet positif en libérant des nutriments absorbables par l'hôte au niveau intestinal et caecal. Les aliments non digestibles par l'oiseau sont les plus concernés (GABRIEL et *al.*, 2005).

Ainsi, dans le cas des glucides utilisables par l'hôte (amidon, dextrine, oligosaccharides et monosaccharides), la microflore ne semble pas intervenir puisqu'elle ne peut modifier l'activité des enzymes impliquées dans leur digestion (amylase pancréatique ou disaccharidases intestinales), ni faire varier l'absorption du glucose. Toutefois, au niveau du jabot, certaines souches de lactobacilles

auraient une activité amylolytique secondant l'action des amylases endogènes (CHAFFAI, 2006). Par ailleurs, les glucides non digestibles par l'oiseau, à savoir les polysaccharides non amylacés (cellulose, hémicellulose, substances pectiques), sont fermentés par la microflore dans le jabot et principalement au niveau des caeca (MEAD, 1989).

Concernant la digestion des protéines, l'impact de la microflore sur leur digestibilité varie selon les études. Ceci est probablement lié aux différences de composition des régimes alimentaires utilisés dans les essais. D'une manière générale, la microflore pourrait avoir un rôle sur la digestibilité dans la mesure où elle augmente la production de protéines endogènes (mucus, débris cellulaire, biomasse microbienne). Elle aurait également un effet positif sur la digestion des protéines de mauvaise qualité qui sont mal hydrolysées par l'hôte et pourraient être digérées par la microflore. En revanche, dans le cas des protéines sévèrement modifiées par la chaleur, même la microflore ne pourrait les hydrolyser. Par ailleurs, la flore digestive semble jouer un rôle de conservation de l'azote : libération et recyclage de NH_3 (GABRIEL *et al.*, 2005).

Pour la digestion des lipides, la flore digestive des oiseaux, comme chez tous les animaux, modifie largement les sels biliaires : déconjugaison, désulfatation et déhydroxylation. En outre elle participe à la saturation des acides gras polyinsaturés par hydrogénation (LARBIER et LECLERCQ, 1994).

La microflore agit également sur la nutrition minérale (GABRIEL *et al.*, 2005). Ainsi, elle a un effet négatif sur l'absorption ou le transport du calcium absorbé par les tissus intestinaux. Elle induit une augmentation des besoins en magnésium et en phosphore. Elle diminue l'absorption du manganèse, mais n'a pas d'effet sur les autres oligoéléments tels que le cuivre, le zinc et le fer. En revanche, de par sa production d'AGV, la microflore facilite l'absorption des minéraux comme le sodium au niveau des caeca et du colon (GABRIEL *et al.*, 2005).

La flore bactérienne intestinale assure la synthèse de vitamines (CHAFFAI, 2006). Ainsi, les vitamines hydrosolubles, surtout du groupe B, sont synthétisées en quantités appréciables par la flore bactérienne au niveau des cæcums du poulet (SOUILEM et GOGNY, 1994). En revanche, la vitamine K est produite en quantité insuffisante pour répondre aux besoins. En fait, toutes ces vitamines bactériennes seraient utilisées par elles-mêmes, sauf l'acide folique qui pourrait être disponible à l'hôte. Par ailleurs, en présence de flore, les besoins en vitamines, comme l'acide pantothénique seraient augmentés pour détoxifier les produits bactériens. La flore aurait aussi un

impact négatif sur l'absorption des vitamines liposolubles qui nécessitent des acides biliaires (GABRIEL et *al.*, 2005).

IV. Rôle de la microflore sur la santé de l'hôte

IV.1. Stimulation du système immunitaire

La flore intestinale participe au développement et au maintien d'un système immunitaire intestinal efficace en influençant le nombre, la distribution et le degré d'activation des populations cellulaires qui le composent (SALMINEN et *al.*, 1998). Elle est le stimulus antigénique majeur responsable de la migration et de la maturation des cellules lymphoïdes précurseurs présentes dans les plaques de Peyer (GABRIEL et *al.*, 2005). Au niveau de la réponse immunitaire systémique, la flore serait responsable de l'évolution de la production d'IgM en IgG, ces derniers étant les anticorps les plus importants quantitativement. Ainsi, elle agit sur le développement et la maturation des plasmocytes producteurs d'IgA sécrétoires, ces derniers ayant comme fonction principale d'empêcher la fixation des pathogènes sur la muqueuse intestinale (CHAFFAI, 2006).

IV.2. Protection contre les micro-organismes néfastes

La flore autochtone empêche l'implantation de la flore pathogène. Ce phénomène, appelé « effet barrière », se met en place avant la maturité complète du système immunitaire du tube digestif. Les mécanismes impliqués sont variés. Certaines bactéries bénéfiques produisent des métabolites antimicrobiens tels que des acides gras à chaîne courte, des bactériocines ou des métabolites de l'oxygène, créant ainsi un microenvironnement hostile aux autres espèces bactériennes. La flore bénéfique peut aussi modifier les récepteurs utilisés par les bactéries néfastes ou leurs toxines, empêchant ainsi leur développement dans le tube digestif. Elle intervient également par l'utilisation compétitive de nutriments essentiels (GABRIEL et *al.*, 2005).

En conclusion, il apparaît clairement que la flore digestive a des effets sur l'hôte à plusieurs niveaux. Certains sont positifs comme l'effet barrière, le développement et la modulation du système immunitaire. D'autres sont négatifs tel le coût métabolique induit du fait du développement plus important de l'intestin et d'un système immunitaire activé en permanence. Il est possible de modifier et/ou contrôler cette microflore notamment par l'usage de probiotiques.

CHAPITRE 2 – LES BACTERIES LACTIQUES ET LEURS ACTIONS PROBIOTIQUES

I. Généralités sur les probiotiques

I.1. Définitions

Le terme **probiotique** a bénéficié de plusieurs définitions qui ont évolué dans le temps en fonction des connaissances scientifiques et des avancées technologiques. La notion de probiotique a été développée principalement grâce aux travaux de Metchnikoff ayant suggéré que l'ingestion de bactéries lactiques vivantes accroît la longévité en réduisant dans le tube digestif la population de bactéries putréfiantes ou produisant des toxines (Metchnikoff, 1907). Une des premières définitions des probiotiques comme « facteurs promoteurs de croissance produits par des microorganismes » a été proposée par Lilly et Stillwell en 1965. Ensuite, Parker élargit cette définition à des « organismes et substances qui contribuent à l'équilibre de la flore » (PARKER, 1974). Cette définition inclut potentiellement des produits métaboliques microbiens y compris les antibiotiques. Plus tard, Fuller propose une définition très proche du sens actuel : « supplément alimentaire microbien vivant qui affecte de façon bénéfique l'hôte en améliorant l'équilibre de sa flore intestinale » (FULLER, 1989). Par opposition aux précédentes définitions, la définition suivante introduit la notion de souche définie bien caractérisée d'un point de vue taxonomique ainsi que la notion de quantité apportée à l'homme.

La FAO (Food and Agriculture Organization) et l'OMS (Organisation mondiale de la santé ; WHO) ont établi récemment des lignes directrices pour l'utilisation du terme « probiotiques » dans les aliments (FAO/OMS, 2002) et formulent la définition suivante : micro-organismes vivants qui lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, exercent une action bénéfique sur la santé de l'hôte qui les ingère.

I.2. Les micro-organismes probiotiques

Sont considérés comme probiotiques différentes souches bactériennes ainsi que les levures. Les bactéries probiotiques sont principalement des bactéries lactiques et des bifidobactéries (Tableau 3).

Tableau 3. Les micro-organismes considérés comme probiotiques (Boudjenah, 2008)

Bactéries probiotiques			
Lactobacillus	Bifidobacterium	Autres bactéries lactiques	Autres bactéries
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Bacillus</i> spp
<i>L. amylovorus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Escherichia coli</i> strain Nissle
<i>L. brevis</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	
<i>L. cellobius</i>	<i>B. infantis</i>		
<i>L. crispatus</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>	
<i>L. curvatus</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
<i>L. delbrueckii</i>	<i>B. thermophilum</i>	<i>Streptococcus diacetylactis</i>	
<i>L. farciminius</i>		<i>Streptococcus intermedius</i>	
<i>L. fermentum</i>		<i>Pediococcus acidilactici</i>	
<i>L. gallinarum</i>			
<i>L. gasseri</i>			
<i>L. johnsonii</i>			
<i>L. paracasei</i>			
<i>L. plantarum</i>			
<i>L. reuteri</i>			
<i>L. rhamnosus</i>			
			Levures probiotiques
			<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Dans cette étude bibliographique, nous nous intéressons essentiellement aux bactéries lactiques à action probiotique, et plus spécifiquement au probiotique *Pediococcus acidilactici*, objet de notre étude expérimentale.

II. Propriétés générales des bactéries lactiques

II.1. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques se présentent le plus souvent sous la forme de coques ou de bacilles à Gram positif, non sporulés, non mobiles et dépourvus de cytochrome. Elles sont en outre résistantes à l'acide et aérotolérantes (aérobie facultatif) et ne produisent pas de catalase (AITBELGENAOU, 2006). Concernant les produits métaboliques, le point commun de ces bactéries lactiques est leur capacité à produire de l'acide lactique suite à la fermentation des glucides. Elles peuvent être homofermentaires (70% du produit métabolique est de l'acide lactique) ou hétérofermentaires (50 % acide lactique complété par d'autres composés tels que l'acide acétique, le CO₂ ou l'éthanol) (AITBELGENAOU, 2006).

Depuis très longtemps, les bactéries lactiques sont consommées dans les produits fermentés (produits dérivés du lait, de la viande et du poisson...). Elles sont devenues les principaux candidats probiotiques et bénéficient d'un statut GRAS (Generally Recognized As Safe : généralement reconnu comme non dangereux) (AITBELGENAOUI, 2006).

Chez les volailles, les bactéries lactiques sont présentes dans la microflore normale (BARNES, 1972 ; FULLER, 2004). Elles sont capables de survivre dans le tractus digestif puisqu'elles résistent aux pH acides du gésier et du jabot. Elles ont un effet préventif sur les désordres digestifs (GOURNIER et *al.*, 1994). Ceci pourrait expliquer leur large utilisation en tant que probiotiques en aviculture.

Les bactéries lactiques regroupent 12 genres bactériens dont les plus étudiés sont *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* et *Pediococcus* (DROUAULT et CORTHIER, 2001 ; SALMINEN et *al.*, 1998).

II.2. Propriétés de *Pediococcus acidilactici*

C'est un microorganisme classé parmi les bactéries lactiques appartenant au genre *Pediococcus*. Sa classification est présentée dans le tableau 4. Il s'agit d'une bactérie coque gram + non sporulée (Figure 1) à croissance rapide, homofermentaire (production exclusive d'acide lactique) et capable de coloniser et d'acidifier rapidement le milieu.

Tableau 4. Classification de *P. acidilactici* (Source Internet n°1)

Règne	<i>Bacteria</i>
Division	<i>Fimicutes</i>
Classe	<i>Bacilli</i>
Ordre	<i>Lactobacillales</i>
Famille	<i>Lactobacillaceae</i>
Genre	<i>Pediococcus</i>

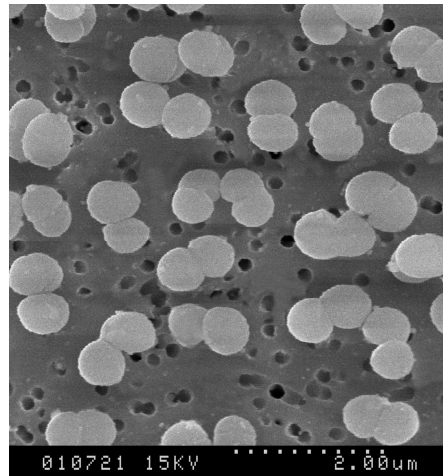


Figure 1. *P. acidilactici* (microscopie électronique) (Source Internet n°2)

III. Mécanismes d'action des bactéries lactiques probiotiques

D'une manière générale, le mode d'action des probiotiques reste encore imparfaitement élucidée et beaucoup d'hypothèses subsistent. Le probiotique est un complément alimentaire microbien vivant qui exerce une influence positive sur la santé en général et plus particulièrement sur la digestion en renforçant l'écosystème microbien car il est certain que leur cible est la flore intestinale (GOURNIER et *al.*, 1994). L'efficacité des probiotiques est liée à leur survie dans l'intestin et à la capacité de le coloniser ou s'y développer (NETHERWOOD et *al.*, 1999; ROLFE, 2000; GUILLOT, 2001; SIMON, 2005). Les mécanismes d'actions, bien qu'imparfaitement quantifiés sont qualitativement de plus en plus connus, vue que l'effet favorable des probiotiques peut résulter soit d'un effet nutritionnel direct soit d'un effet sanitaire. **L'effet nutritionnel** résulte de l'amélioration de la valeur énergétique des aliments en augmentant leur digestibilité, de la détoxification par la réduction des réactions métaboliques qui produisent des substances toxiques comme l'ammoniac, les amines, ou cytotoxines, de la stimulation des enzymes digestives et de la production de vitamines ou des substances antimicrobiennes. **L'effet sanitaire** est lié à l'activation du système immunitaire, à la modification de la structure et des fonctions de l'épithélium intestinal et à la suppression ou l'élimination d'entéro-pathogènes (Source Internet n°3). Ainsi, les probiotiques peuvent exercer des effets directs sur le chyme, la flore (effets luminaux) ou au niveau des entérocytes ou des cellules immunocompétentes du GALT (effets pariétaux). Ils peuvent aussi avoir des effets indirects liés aux modifications de l'écosystème ou du système immunitaire local

(MARTEAU et RAMB, 1998). Ces effets bénéfiques dus à l'administration des probiotiques pourraient s'expliquer par plusieurs mécanismes :

III.1. Inhibition des bactéries indésirables

La répression du développement de germes opportunistes ou pathogènes peut se faire de plusieurs façons :

Ø Par le changement du pH intestinal

Il y'a une diminution du pH provoquée par la production d'acides organiques (l'acide lactique, l'acide acétique, l'acide propionique, l'acide butyrique) à partir des glucides ingérés lors de la prise alimentaire, qui va aboutir à limiter le développement des *Escherichia coli* et des *Salmonelles*. De plus, l'acidification favorise le péristaltisme et la motilité intestinale qui a comme conséquence le raccourcissement du temps de transit des microorganismes pathogènes dans l'intestin donc réduction de leur croissance.

Ø Par l'accumulation de métabolites primaires et secondaires

La production de peroxyde d'hydrogène et le diacetyl freine la prolifération de certaines bactéries (SALMINEN, 1999; KREHBIEL et *al.*, 2003; AMROUCHE, 2005). Le peroxyde d'hydrogène est bactériostatiques de certaines espèces pathogènes comme certains champignons (*Candida albicans*) ou encore des bactéries comme *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas spp* et *Salmonella* (GOURNIER et *al.*, 1994).

Par ailleurs, certaines souches utilisées comme probiotiques possèdent la capacité de deconjuguer les sels biliaires. En effet les formes déconjuguées ont un pouvoir inhibiteur plus important sur le développement des bactéries que les formes conjuguées (BEZKOROVANY, 2001 ; MARTEAU, 2001).

Ø Par production des substances antimicrobiennes

Les souches probiotiques pourraient également réprimer la croissance des bactéries pathogènes en produisant des peptides antimicrobiens (PERCIVAL, 1997; VAN BELKUM et STILES, 2000) de type bactériocine et reuterin (CASAS et DOBROGOSZ, 2000; CALLAWAY et *al.*, 2003; FILHO et LIMA, 2005). Ces substances sont capables d'inhiber la prolifération des

germes fréquemment responsables d'infection en élevage. STROMPFOV et *al* (2003) ont isolé à partir du jabot, une souche d'*Enterococcus faecium* EF55 ayant des propriétés de production de bactériocine et inhibant des bactéries Gram positif (*Enterococci*, *Staphylococci*, *Lactococci*, *Streptococci*, *Lactobacilli*, *Micrococci*).

Ø Par effet barrière ou exclusion compétitive

Les souches probiotiques semblent exercer un effet barrière en s'opposant à l'implantation des germes pathogènes, par l'adhésion aux récepteurs des cellules intestinales ce qui permettrait une colonisation rapide et dirigée du tube digestif (SOOMRO et *al.*, 2002; CHANDRA, 2004 ; ZHANG, 2004 ; MOREIRA et *al.*, 2005). L'exclusion compétitive des souches probiotiques serait aussi liée par la consommation des nutriments à la place des souches pathogènes. (SCHREZENMEIR et DEVRESE, 2001; FOOKS et GIBSON, 2002).

Mais bien que ce système antagoniste possède un large spectre d'action *in vitro*, il existe peu de preuves sur son efficacité *in vivo*.

III.2. Neutralisation des produits toxiques

Les souches probiotiques interviennent dans la suppression de produits toxiques en provoquant un abaissement du catabolisme intradigestif et une orientation de la microflore intestinale afin de réduire l'absorption des substances toxiques (ammoniac, amines et indoles), de diminuer les biotransformations des sels biliaires et des acides gras en produits toxiques et produire des métabolites susceptibles de neutraliser *in situ* certaines toxines bactériennes (PERCIVAL, 1997 ; SCHREZENMEIR et DEVRESE, 2001 ; KUNG, 2001).

III.3. Amélioration de la digestibilité de la ration alimentaire

Les probiotiques permettraient une meilleure assimilation des aliments ingérés de manière indirecte en agissant sur la microflore intestinale ou au niveau des cellules épithéliales du tube digestif. Elles stimuleraient également les activités lactase, invertase et maltase des cellules épithéliales du tractus digestif.

Les probiotiques ont un effet modulateur sur certaines activités enzymatiques intestinales comme la *B-galactosidase* et la *B-glucuronidases* (GHADBAN, 2002 ; LEE et *al.*, 2006), ce qui permet d'améliorer la digestibilité de nombreux nutriments en favorisant la dégradation et

l'absorption de certains aliments par la production d'enzymes digestives. Ainsi, *Lactobacillus* excrète une β -galactosidase, souvent déficiente dans le tractus digestif de l'hôte, facilitant ainsi la digestion du lactose (SALMINEN et *al.*, 1998 ; NETHERWOOD et *al.*, 1999).

Les souches probiotiques pourraient aussi améliorer l'assimilation des acides aminés essentiels par l'hôte soit en les synthétisant soit en inhibant l'action des désaminases et des décarboxylases bactériennes excrétées par la microflore du tube digestif.

De plus, la digestibilité de la ration alimentaire est augmentée par la prédigestion des facteurs antinutritionnels tels que l'acide phytique et les glucosinates en substrats assimilables par l'hôte (HERZIG et *al.*, 2003).

Enfin, de nombreuses bactéries utilisées comme probiotiques sont une sources de vitamines et de sels minéraux assimilables par l'organisme (CHOCT, 2001 ; GRAJEK et *al.*, 2005).

III.4. Effet sur la muqueuse intestinale

Des études récentes ont montré que la consommation de probiotiques stabilise la fonction barrière de l'épithélium du tractus digestif et module la perméabilité intestinale aux protéines, aux macromolécules, aux antigènes et aux bactéries (translocation) (MARTEAU et RAMB, 1998 : Source Internet n° 4).

Plusieurs probiotiques ont chez l'animal un effet favorable sur la fonction barrière de l'intestin, ils augmentent la résistance électrique transépithéliale de base, donc renforcent la barrière muqueuse et diminuent la perméabilité et le transport des macromolécules. Des travaux sont donc entrepris cherchant une efficacité clinique potentielle à des probiotiques dans des situations caractérisées par une inflammation intestinale ou une perméabilité intestinale accrue. A titre d'exemple, l'administration de *L. reuteri* R2LC et de *L. plantarum* DSM 9843 à des rats présentant une entéocolite induite par méthotrexate diminuait la perméabilité intestinale, la translocation bactérienne et les concentrations plasmatiques d'endotoxines (MARTEAU et RAMB, 1998).

L'effet des probiotiques sur la barrière muqueuse non-immune semble être la conjonction d'effets modulateurs sur la quantité et la répartition des mucines, sur le maintien (structure, localisation, phosphorylation) des protéines du cytosquelette et des jonctions serrées intercellulaires, donc sur la résistance électrique, la perméabilité, et les flux hydro-ioniques trans-épithéliaux et de la

probable interface de ces effets avec le versant immune de la barrière muqueuse (adhérence bactérienne et interférence avec les pathogènes, translocation, réponse immune non-spécifique et de type humoral, interférence avec l'inflammation et réponse en cytokines) (LEAHY et *al.*, 2005).

III.5. Stimulation de la réponse immunitaire

La stimulation du système immunitaire de l'hôte demeure un aspect très important dans le développement du concept « *probiotique* ». Selon la littérature, les probiotiques ont des effets positifs sur l'hooméostasie du système immunitaire sans induction d'effets négatifs, comme l'allergie ou les réponses auto-immunes. En effet, des travaux rapportés dans la littérature suggèrent que certaines souches à fort potentiel probiotique sont capables de stimuler certaines fonctions immunitaires notamment lors d'infection bactérienne ou virale. Ainsi, grâce à leurs composants intra ou extracellulaires actifs, les probiotiques sont capables d'influencer le système immunitaire par contact avec les cellules immunocompétentes, en transmettant des signaux qui modifient la réponse immunitaire de l'organisme-hôte. Aussi, une amélioration de la protection de l'organisme suite à la consommation de produits fermentés laisse suggérer qu'il existe une relation directe entre les probiotiques et les systèmes immunitaires inné et adaptatif qui réagissent d'une manière simultanée et coordonnée.

D'une manière générale, le système immunitaire répond par deux types de mécanismes : l'immunité non spécifique (ou naturelle ou innée) et l'immunité spécifique (ou acquise ou adaptative) impliquant des facteurs cellulaires et humoraux qui régulent la réponse à l'antigène. Les cellules du système immunitaire inné permettent l'initiation de la réponse immunitaire de l'hôte et l'orientation du système immunitaire adaptatif par la production des facteurs nommées cytokines (ERICKSON et HUBBARD, 2000).

III.5.1. Effet des probiotiques sur l'immunité innée

L'immunité innée utilise essentiellement des mécanismes visant à éliminer de façon rapide et non spécifique des microorganismes pathogènes par les phagocytes ou à éliminer des molécules du non-soi par la stimulation de l'activité des lymphocytes natural killer (NK). Les probiotiques stimulent la phagocytose par l'activation des macrophages qui reconnaissent et détruisent les antigènes (Source Internet 5).

III.5.2. Effet des probiotiques sur l'immunité adaptative:

L'immunité adaptative est une réponse spécifique d'un antigène exogène donné, faisant intervenir les lymphocytes B producteurs d'anticorps protecteurs et les lymphocytes T qui participent à la différenciation des lymphocytes B et détruisent les cellules abritant des germes par l'intermédiaire de substances chimiques telles que les interleukines. Cette immunité spécifique peut être locale pour la protection de la muqueuse intestinale (IgA), ou périphérique (IgG, IgM) pour une réponse plus générale de l'organisme. Un avantage déterminant de l'immunité adaptative est l'établissement d'une mémoire immunitaire, permettant de développer des réponses plus intenses et plus précises vis à vis des agresseurs microbiens lorsque les contacts se répètent, réduisant ainsi la morbidité et la mortalité (Source Internet 5).

De nombreuses études ont en effet rapporté que la prolifération des lymphocytes et la production de cytokines par les cellules du système immunitaire peuvent être sensiblement modifiées par l'ingestion de probiotiques. Selon la nature de leurs constituants cellulaires, les probiotiques influencent sélectivement la fonction immunitaire en induisant la réponse humorale, cellulaire ou non spécifique. Les probiotiques ont aussi la propriété de réduire ou supprimer la réponse immunitaire induites par les ingrédients alimentaires en induisant la tolérance orale et prévenant les allergies (PRIOULT et *al.*, 2003; TANAKA et ISHIKAWA, 2004).

III.5.3. Effets sur le système immunitaire sécrétoire

Lorsque des antigènes infectieux (antigènes bactériens ou viraux) pénètrent par voie orale, une réponse IgA sécrétoire est induite visant à inhiber l'adhésion et bloquer l'entrée des agents pathogènes dans la muqueuse intestinale. Il a donc été suggéré que l'administration de probiotiques pourrait être utilisée pour activer l'immunité sécrétoire. Cependant, une augmentation des IgA ne veut pas dire nécessairement effet bénéfique sur la santé sauf dans les modèles infectieux.

Les approches basées sur l'utilisation des probiotiques pourraient constituer une alternative d'immunothérapie possible et sécuritaire ouvrant de nouveaux horizons dans le domaine de la prévention et le traitement des anomalies ou pathologies immunologiques (FOOKS et GIBSON, 2002; KAUR et *al.*, 2002; NOVERR et *al.*, 2004).

IV. Efficacité zootechnique des lactobacilles probiotiques

En aviculture, l'utilisation des microorganismes probiotique comme additifs zootechniques dans l'alimentation a fait l'objet de plusieurs études. L'efficacité zootechnique revendiquée des probiotiques passerait par l'amélioration de la croissance, de l'indice de consommation et de l'état sanitaire voire du bien être des animaux établi par la réduction de la fréquence des diarrhées ou de la mortalité durant certaines phases critiques d'élevage : stress alimentaire (changement de régimes alimentaires...), stress sanitaires (densité des animaux...) (CHAFFAI, 2006).

Néanmoins, il convient de signaler que les données publiées en matière de productivité des poulets de chair recevant des bactéries probiotiques font apparaître une variabilité importante de la réponse animale en terme de vitesse de croissance (GMQ) et d'efficacité de transformation alimentaire (IC).

L'utilisation du *Pediococcus acidilactici* comme probiotique tend à améliorer significativement le poids vif et l'indice de conversion du poulet de chair (CHAFAI, 2005 ; SIMON et al., 2001). Des essais réalisés chez le poulet de chair (Tableau 5) montrent une augmentation du poids vif final d'environ 4,7% et une amélioration l'indice de conversion (IC) d'environ 5% avec une dose de 10^9 UFC /kg d'aliment (LAN, 2005).

Tableau 5. Effet de la supplémentation en *Pediococcus acidilactici* sur les performances zootechniques de poulets de chair (adapté de LAN, 2005)

Lieu de l'essai	Conditions expérimentales	Amélioration par rapport aux témoins
Institut National de la Recherche Agronomique, France (1997)	20350 poulets d'un jour	+3% du PV à 35 jours -3% de IC J0-J35
Office Nationale des Aliments du Bétail, Algérie (2004)	640 poulets d'un jour	+5,1% du PV à 42 jours -7,7% Ide C J0-J42
Collège National de l'agriculture, Maroc (2003)	680 poulets d'un jour	+8% du PV à 21 jours +6,5% du PV à 49 jours
Université vétérinaire du Caire, Egypte (2001)	300 poulets	+7,5% du PV à 49 jours -9% IC de J0-J49
Institut National de la Recherche Agronomique, France (1995)	32 poulets d'un jour(en cage)	+3% du GMQ ^s de J0-J35 -1% de IC J0-J42

^s Gain moyen quotidien

L'effet positif de l'addition de *P. acidilactici* dans la ration des poulets de chair sur la croissance a été aussi rapporté dans d'autres études (JIN et *al.*, 1998a; SIMON et *al.*, 2001 ; VAN EYS et DEN HARTOG, 2003). Ainsi, dans l'essai de VITTORIO et *al* (2005), l'administration continue de *P. acidilactici* à des poulets de chair (10^9 UFC/kg d'aliment) a amélioré la croissance des mâles et des femelles : le poids vif des femelles supplémentées, mesuré à 35 jours a augmenté significativement de 6% ($P<0,01$) par rapport aux témoins recevant un aliment standard ; celui des mâles, mesuré à l'âge de 55 jours, augmente aussi de 3% ($P<0,01$) dans ces mêmes conditions. L'indice de consommation a été réduit pour les deux sexes à 35 jours d'âge pour les poulets supplémentés : 1,60 contre 1,63 pour les lots témoins. L'IC des mâles à 55 jours d'âge est également amélioré (1,82 vs 1,88 chez les témoins).

En fait, la réponse relative serait d'autant plus marquée que les conditions nutritionnelles et sanitaires sont médiocres (EDENS, 2003). Une telle variabilité en pratique n'est pas surprenante car l'action supposée passe par la modification de l'écosystème intestinal qui peut largement différer d'un essai à un autre en fonction des microorganismes utilisés (souches) ainsi que leurs concentrations dans l'aliment, de l'interaction des probiotiques avec certains composants de l'aliment, de l'âge des animaux, (les plus jeunes ayant des flores digestives moins stables que celle des adultes et une immunité moins établie) et de leur état nutritionnel et sanitaire (AHMAD, 2006).

En conclusion, il est envisageable de manipuler favorablement la composition de la flore intestinale grâce à certains additifs alimentaires bien choisis. Les probiotiques constituent à cet égard un aliment particulièrement intéressant et des alternatives crédibles aux antibiotiques, sous certaines conditions pratiques qu'il convient encore de préciser : interactions avec les composants de la ration et/ou la microflore du tube digestif, interaction avec d'autres additifs.

Le développement de l'utilisation des probiotiques en alimentation animale nécessite une sélection très rigoureuse des souches les plus performantes ainsi que de nombreux essais *in vivo* pour acquérir une bonne connaissance des effets des probiotiques et maîtriser parfaitement leur emploi.

L'objectif de notre travail est d'évaluer, dans nos conditions locales, l'impact d'une complémentation alimentaire en probiotique *Pediococcus acidilactici* sur les performances zootechniques du poulet de chair.

I. Lieu, période et durée de l'essai

L'essai a été effectué au niveau de la station expérimentale monogastrique de l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba-Ali (Alger). Il s'est déroulé du 08 avril 2007 au 26 mai 2007, soit une période de 49 jours.

II. Animaux

L'essai a été réalisé avec 720 poussins chair d'un jour de souche **ISA 15** provenant d'un même couvoir. La souche ISA est une souche d'origine française, de type demi lourde, de plumage blanc possédant des grandes pattes de couleur jaune foncé. A la mise en place, les poussins sont triés, pesés et divisés en 2 groupes ($n = 360$) de poids homogène ($40,9 \pm 0,2$ g) : un **groupe Témoin (T)** et un **groupe Supplémenté en probiotique (S)**. Chaque groupe est ensuite réparti en 6 lots de 60 sujets pour chaque parquet : soit une densité de 11,38 sujets/m². Au cours des premiers 48 heures, les sujets morts sont pesés et remplacés par un sujet de même poids. Le programme prophylactique classique, appliqué dans cet essai, est indiqué en annexe 1.

III. Traitement expérimentaux

Pour étudier l'effet de la supplémentation en probiotique chez le poulet, nous comparons deux traitements expérimentaux :

1. Un groupe **Témoin (T)** recevant un aliment classique sans additif (aliment de base)
2. Un groupe supplémenté en **Probiotique (P)** nourri avec le même aliment que le groupe témoin mais supplémenté avec le probiotique *Pediococcus acidilactici*.

La complémentation alimentaire en probiotique couvre tout le cycle d'élevage de la bande (c'est-à-dire de J0 à J49). Son impact est évalué sur l'évolution des paramètres de croissance, de mortalité et du rendement de carcasse. Le dispositif expérimental et les mesures effectuées sont récapitulés dans le schéma suivant (Figure 2).

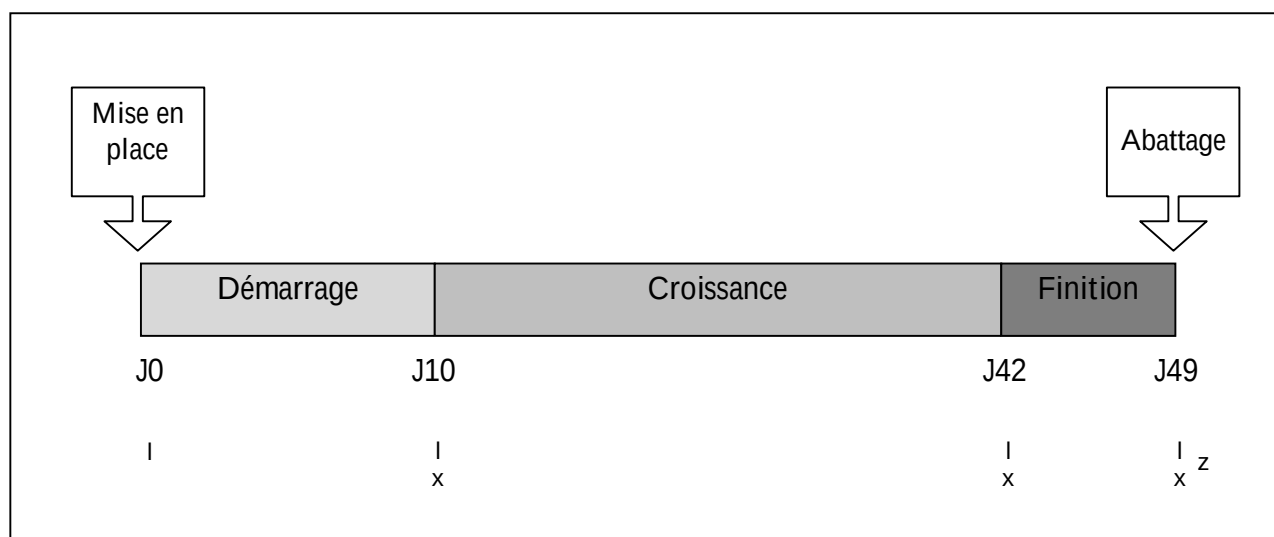


Figure 2. Schéma du protocole expérimental

(I : pesée du poids vif ; x : pesée du refus alimentaire ; z : rendement de carcasse)

IV. Aliment

Les poulets des deux (02) groupes ont reçu **les mêmes aliments de base**, sous forme de farine et fabriqués par l'ONAB, supplémentés (lot S) ou non (lot T) avec le probiotique. Les trois aliments utilisés correspondent à chaque période d'élevage, à savoir : un aliment de démarrage distribué entre j1 et j10 ; un aliment de croissance distribué entre j11 et j42 et un aliment de finition donné entre j43 et j49. Les caractéristiques de ces aliments sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 6). L'aliment est fourni *ad libitum* au même titre que l'eau de boisson et ce durant toute la période d'élevage.

Le probiotique utilisé dans cet essai est une souche de bactérie lactique spécifique aux monogastriques « *Pediococcus acidilactici* » **MA 18/5M** (Collection Nationale de Culture de Microorganismes, Institut Pasteur, Paris) commercialisée sous le nom de BACTOCELL® (Lallemand Nutrition Animale, France, fiche technique en annexe 2). Il s'agit d'un concentré de ferment lactique développé spécifiquement pour la nutrition et la santé des monogastriques contenant 1.0×10^{10} UFC/g de *P. acidilactici*. La dose utilisée dans cet essai est celle préconisée par le fabricant à savoir, 1.10^9 UFC/kg d'aliment en démarrage, croissance et finition, soit 100g/tonne d'aliment (100 ppm) directement incorporés au cours de la fabrication de l'aliment par l'ONAB.

Tableau 6. Composition et caractéristiques des aliments utilisés durant l'essai (%)

	Aliment Démarrage	Aliment Croissance	Aliment Finition
<i>Matières Premières (%)</i>			
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 [§]	1,00	1,00	-
CMV F [§]	-	-	1,00
<i>Caractéristiques (valeurs calculées)</i>			
EM (kcal/kg)	2800	2900	2930
Protéines brutes (%)	21	19	17

[§] CMV D-C : complément minéral et vitaminique pour les phases de démarrage et de croissance,

CMV F : complément minéral et vitaminique pour la phase de finition.

V. Bâtiment d'élevage et conditions d'ambiance

Les poulets des deux groupes (Témoins et Supplémentés) ont été élevés dans un même bâtiment afin de s'assurer de conditions environnementales similaires (Température, hygrométrie).

V.1. Bâtiment

Le bâtiment utilisé est de type obscur à ambiance contrôlée et dont la superficie est de 296,1 m² (32,9 m x 9 m) (voir Annexe 3). Il est divisé en deux blocs de 36 parquets de 5,27 m² de surface chacun, disposés de part et d'autre d'un couloir central de 2,2 m de large et d'un SAS. Ce dernier, sert de lieu de stockage d'aliment et est équipé d'une citerne d'eau et d'une boîte de contrôle des conditions d'ambiance (température et ventilation) et des humidificateurs (voir

Annexe 4). La ventilation est dynamique, assurée par des clapets pour l'entrée d'air et l'extraction des gaz est faite par cinq (05) extracteurs (03 petits et 02 grands) pour une bonne ventilation.

L'éclairage est assuré par deux (02) rangées de 08 néons et une lampe. Le chauffage est assuré par des radiants.

V.2. La température d'élevage

Les températures sous radiant et ambiante sont prélevées chaque jour durant les premières semaines de l'essai. Par la suite, seule la température ambiante est notée (Tableau 7).

Tableau 7. Températures ambiantes (Ta) d'élevage durant tout l'essai

Semaine	S1 ^s	S2	S3	S4 & S5	S6 & S7	S : d'âge
Ta (°C)	32-34	30-32	26-29	24-25	20-22	

V.3. L'éclairage

L'éclairage est de 24h durant les 2 premiers jours avec une intensité maximale à 100% de son potentiel (3 watt/m²). Par la suite, celle-ci est progressivement diminuée pour atteindre une valeur d'environ 0,7 watt/m² et une durée de 23 heures avec 1 heure d'obscurité. L'éclairage est assuré par 6 néons, un pour chaque deux parquets et une lampe par parquet permettant un éclairage modéré qui assure repos et calme chez les poulets.

VI. Equipements d'élevage

VI.1. Le matériel d'alimentation

Le matériel d'alimentation employé dans cet essai est adapté à l'âge des animaux (Annexe 5), à savoir : des assiettes en plastique pendant les 6 premiers jours, des mangeoires linéaires à partir du 7^{ème} jour jusqu'au 11^{ème} jour et des mangeoires 2^{ème} âge du 11^{ème} jour jusqu'à l'abattage correspondant à des trémies suspendues dont la hauteur est réglable selon la taille des poulets (Annexe 5).

VI.2. Le matériel d'abreuvement

Le matériel d'abreuvement utilisé au premier âge correspond à 2 abreuvoirs siphoniques dont le remplissage se fait manuellement. Un abreuvoir 2^{ème} âge siphonique automatique est installé à partir du 11^{ème} jour. Durant toute la période d'élevage, l'eau est fournie *ad libitum* (Annexe 6).

VI.3. Le matériel de chauffage

Durant la phase de démarrage, des gardes ont été mis en place pour concentrer les poussins sous la source de chaleur et donc réduire tout mouvement possible. La densité sous garde est de 20 poussins/m². Après 20 jours, le bâtiment est chauffé à l'aide de radiants à gaz butane à raison d'un radiant pour deux (02) lots. Le contrôle de la température est réalisé grâce à des thermomètres dont l'un est placé à 20 cm du sol, afin qu'il mesure la température au niveau de l'aire de vie des poussins et l'autre placé plus haut pour enregistrer la température ambiante du bâtiment.

VI.4. Le matériel de pesée

Deux balances automatiques d'une capacité de 60kg et de 6 kg ont été utilisées pour les pesées des aliments et des animaux.

VI.5. 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 mais des rajouts ont été effectués pour l'ensemble des parquets.

VII. Les paramètres mesurés

VII.1. Les performances zootechniques

Dans cette expérimentation le suivi des performances a porté sur les paramètres suivants :

Ø **L'ingéré alimentaire** est calculé à la fin des trois phases d'élevage à savoir, la phase le démarrage (J1-J10), la croissance (J10-J42) et la finition (J42-J49), en utilisant la formule suivante :
Quantité ingérée (g) = quantité distribuée (g) – refus (g).

Ø **Le poids vif et le gain de poids** : pour apprécier l'évolution du poids vif, chaque lot expérimental est pesé à la fin des différentes phases (J10, J42, J49). Le poids individuel est obtenu en

divisant le poids total des animaux de chaque parquet sur son effectif. Le gain de poids est calculé par différence entre le poids vif final (g) et le poids vif initial (g), et ce pour chaque phase d'élevage et pour la durée globale.

Ø **L'indice de conversion et l'indice de consommation** sont calculés en appliquant les formules suivantes :

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

$$\text{Indice de consommation} = \frac{\text{Ingéré alimentaire (g)}}{\text{Poids vif (g)}}$$

Ø **La mortalité** : le relevé quotidien de la mortalité est effectué au début de chaque journée. Le taux de mortalité (%) est le nombre d'animaux morts pendant l'élevage rapporté à l'effectif initial mis en place.

VII.2. Le rendement de carcasse

Les caractéristiques de la carcasse sont déterminées à l'âge de 7 semaines (n=15 par lot). Les animaux choisis présentent une croissance similaire à celle du groupe qu'ils représentent. Après abattage, les carcasses sont plumées mécaniquement, effilées et conservées 24 heures au froid (+4°C). Le gras abdominal, le foie, la rate, le cœur, le pro ventricule et le gésier sont prélevés et pesés (Annexe 7).

VIII. Etude 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 la taille de l'effectif).

L'homogénéité de la variance entre traitements est vérifiée par le test de Bartlett. Dans les cas où ce test est significatif ($P < 0,05$), les moyennes des lots sont comparées par le test non paramétrique de Mann-Whitney. Lorsque le test de Bartlett s'avère non significatif ($P > 0,05$) les

résultats sont soumis à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) afin de déterminer l'effet de la supplémentation en probiotique sur les paramètres considérés. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5%.

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

Nous évaluons dans cet essai l'intérêt de l'utilisation, dans nos conditions locales, d'une souche sélectionnée de *Pediococcus acidilactici* (CNCM MA 18/5M) comme probiotique chez le poulet de chair. Plus précisément, nous mesurons l'effet de la complémentation alimentaire en cette bactérie lactique sur les performances zootechniques et les rendements de carcasse de poulet de chair au cours d'un cycle complet de croissance (49 jours).

I. Effet de la supplémentation alimentaire en *P. acidilactici* sur les performances zootechniques

I.1. Effet sur la croissance

Les résultats de poids vifs et de gain de poids des poulets supplémentés ou non en probiotique durant la période de l'essai sont regroupés dans le tableau 8, et illustrés dans la figure 3. Nos résultats montrent que, quelque soit la phase d'élevage considérée, l'addition de *Pediococcus acidilactici* dans l'aliment n'a pas augmenté de manière significative le poids vifs des animaux : variations non significatives de 1 à 2% entre les deux lots, selon l'âge. Les poids moyens à la fin de l'essai, c'est-à-dire à 49 jours d'âge, sont de 2484g $\pm$ 42,8 pour les poulets supplémentés contre 2448,5 g $\pm$ 77,5 pour les témoins. Les gains de poids des poulets recevant le probiotique sont très peu améliorés par rapport aux témoins : +1 à 2% entre les deux lots selon la période d'élevage considéré

Tableau 8. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique *Pediococcus acidilactici* sur le poids vif et le gain de poids du poulet de chair (moyennes, n = 6)

	Lot Témoin	Lot Probiotique	SEM	ANOVA (p=)
Poids vif (g)				
à J0	40,94	41	0,29	0,89
à J10	204,69	206,52	2,85	0,65
à J42	2072,08	2114,45	24,21	0,26
à J49	2448,51	2484,35	24,55	0,34
Gain de poids (g)				
Démarrage (J0-J10)	163,74	165,52	2,94	0,67
Croissance (J10-J42)	1867,39	1907,92	25,03	0,31
Finition (J42-J49)	376,43	369,90	8,58	0,60
Cumulé (J0-J49)	2407,57	2443,35	24,49	0,34

^sSEM : Erreur standard moyenne,

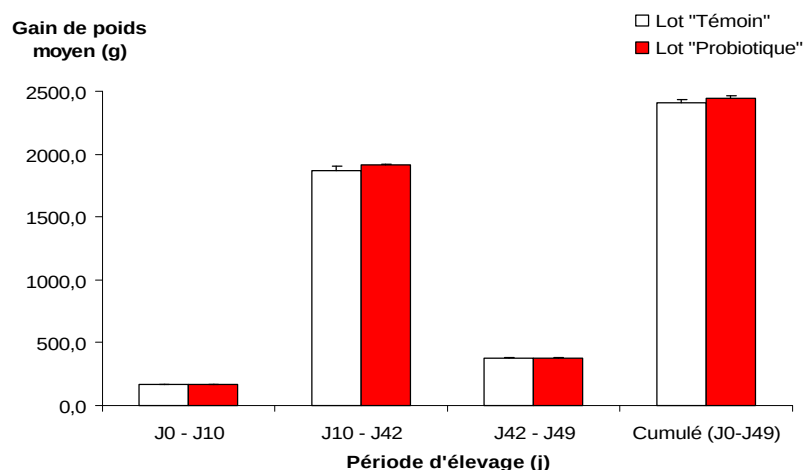


Figure 3. Gain de poids moyen par phase d'élevage et cumulée des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en *Pediococcus acidilactici* (lot « Probiotique »). (Moyennes $\pm$ SE ; n=6).

Finalement, dans nos conditions expérimentales, l'ajout de *P. acidilactici* à la ration des poulets n'a pas permis d'augmenter significativement la croissance des poulets. De tels résultats ont été aussi rapportés par JOHRI et al., (2004).

Certaines études rapportent pourtant un effet positif de l'addition de ce probiotique dans la ration sur la croissance des poulets de chair (JIN et al., 1998b; SIMON et al., 2001 ; AWAAD, 2001 ; CHAFFAI, 2006; VITTORIO et al., 2005). Mais l'amplitude des réponses est variable selon les essais. Ceci pourrait s'expliquer par la variabilité des souches de probiotique testées, par les régimes alimentaires et les animaux utilisés dans les différentes études.

Ainsi, dans l'expérimentation de CHAFFAI (2006), l'utilisation du *P. acidilactici* comme probiotique a amélioré significativement le poids vif en fin d'élevage (+8% environ à 56 jours d'âge en comparaison avec les témoins). Une amélioration comparable du poids (+7,5% à J49) avait été aussi soulignée par AWAAD (2001). En revanche, SAVOINI et al. (2004) trouvent une moindre amélioration du poids des poulets supplémentés (+3% à J35).

Par ailleurs, l'emploi de *P. acidilactici* avec d'autres bactéries probiotiques n'induit pas d'effets positifs sur la croissance des poulets. En effet, les associations *P. acidilactici*, *Saccaromyces cerviciae* (LEE et al., 2006) ainsi que *Lactobacillus reuteri*, *Pediococcus*

acidilactici, *Enterococcus faecium*, *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus salivarius* (MOUNTZOURIS et al., 2006) n'améliorent pas significativement la croissance des poulets.

I.2. Effet sur la consommation d'aliment

Les quantités d'aliments consommées, durant l'essai et pour chaque phase d'élevage, par les poulets témoins et ceux supplémenté en probiotique *Pediococcus acidilactici* sont représentées dans le tableau 9 et illustrées dans la figure 4.

En phase de démarrage (J0 à J10), l'ingéré alimentaire des poulets supplémentées en *P. acidilactici* est comparable à celui des poulets témoins : $299,5 \pm 3,3$ g ($P=0,91$). Durant la période de croissance (entre J10 et J42), la quantité d'aliment ingéré tend à être plus faible chez le lot supplémenté en probiotique par rapport au lot témoin : baisse d'environ 3% ($P=0,18$). En période de finition (de J42 à J49), nous notons que l'apport du probiotique *Pediococcus acidilactici* n'a pas diminué de manière significative l'ingéré alimentaire. En effet, une baisse non significative d'environ 4% est notée entre le lot témoin et le lot supplémenté ($P=0,31$).

En définitive, si nous considérons la période globale de l'élevage (phases cumulées), nous constatons que l'addition du probiotique tend fortement ($P=0,07$) à réduire la consommation de l'aliment d'environ 161g soit une baisse de 3% par rapport aux poulets témoins.

Tableau 9. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique *Pediococcus acidilactici* sur la consommation d'aliment du poulet de chair (moyennes, n=6)

	Lot Témoin	Lot Probiotique	SEM ^s	ANOVA (p=)
Ingéré alimentaire (g)				
Démarrage (J0-J10)	299,2	299,8	3,3	0,91
Croissance (J10-J42)	4046,7	3938,4	52,9	0,18
Finition (J42-J49)	1329,4	1275,2	33,8	0,31
Cumulé (J0-J49)	5675,3	5513,8	56,8	0,07

^s SEM : Erreur standard moyenne

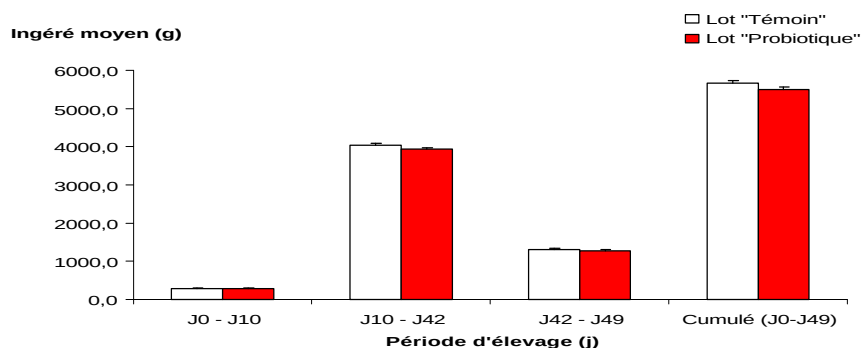


Figure 4. Consommation alimentaire moyenne par phase d'élevage et cumulée des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en *Pediacoccus acidilactici* (lot « Probiotique ») (moyennes $\pm$ SE ; n=6).

L'effet de l'addition de *P. acidilactici* sur la consommation d'aliment est variable selon les études. Dans l'étude de CHAFFAI (2006), l'ingestion alimentaire est légèrement supérieure chez les poulets supplémentés par rapport aux témoins. En revanche, une amélioration significative de l'ingestion a été rapportée par d'autres auteurs (JIN et *al.*, 1998b; SIMON et *al.*, 2001).

I.3. Effet sur l'indice de conversion et de consommation

Les indices de conversion enregistrés durant toutes les phases de l'essai chez les poulets témoins et ceux supplémentés en probiotique sont présentés dans le tableau 10 et la figure 5.

En période de démarrage, l'addition du probiotique n'a pas modifié l'indice de conversion par rapport aux témoins. En effet, sa valeur chez les sujets supplémentés est comparable à celle des poulets contrôles : $1,83 \pm 0,04$ vs $1,81 \pm 0,03$ ($P=0,71$), respectivement. En revanche, durant la phase de croissance, l'indice de conversion enregistré chez le lot supplémenté en *Pediacoccus acidilactici* est meilleur que celui des témoins : $2,07 \pm 0,03$ contre $2,17 \pm 0,02$, soit une baisse de 5% qui tend à être statistiquement significative ($P=0,07$). Cette amélioration de l'indice de conversion s'amoindrit en période de finition : baisse non significative de 2% entre le lot « Probiotique » et le lot « Témoin ».

En considérant toute la période de l'essai, nos résultats indiquent une nette amélioration de l'indice de conversion après addition du probiotique dans l'aliment : -5% environ, $P<0,001$.

De la même manière, les poulets supplémentés en probiotiques présentent les meilleurs indices de consommation en fin d'élevage en comparaison aux poulets témoins : 2,32 vs 2,22 (SEM = 0,01), respectivement ; soit une amélioration significative de 4% ($P < 0,001$).

Tableau 10. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique *Pediococcus acidilactici* sur l'indice de conversion du poulet de chair (moyennes, n = 6)

	Lot Témoin	Lot Probiotique	SEM [§]	ANOVA (p=)
Indice de conversion (g)				
Démarrage (J0-J10)	1,83	1,81	0,03	0,71
Croissance (J10-J42)	2,16	2,06	0,02	0,07
Finition (J42-J49)	3,53	3,46	0,12	0,67
Cumulé (J0-J49)	2,38	2,26	0,01	0,001

[§] SEM : Erreur standard moyenne

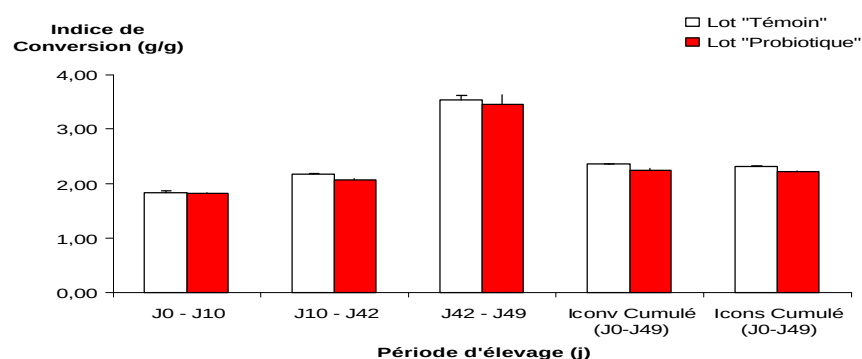


Figure 5. Indice de conversion par phase d'élevage et cumulée et indice de consommation cumulé des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en *Pediococcus acidilactici* (lot « Probiotique ») (Moyennes $\pm$ SE ; n = 6).

D'autres études ont également montré que l'apport de probiotique améliore l'indice de consommation des poulets (JIN et al., 1998b ; SIMON et al., 2001 ; CHAFFAI, 2006 ; VITTORIO et al., 2005). Par contre, d'autres auteurs ne relèvent aucun effet positif des bactéries lactiques sur l'efficacité alimentaire (KAHRAMAN et al., 2000 ; JOHRI, 2004 ; MOUNTZOURIS et al., 2006).

Dans nos conditions, l'amélioration significative de l'indice de consommation est liée à la légère baisse de l'ingéré (-4% environ) puisque la croissance est très peu modifiée dans ces mêmes conditions. Ceci traduit une meilleure efficacité de transformation de l'aliment correspondant à une meilleure utilisation digestive sûrement en rapport avec l'action de ce probiotique sur la flore (VITTORIO et *al.*, 2005).

I.4. Effet sur la mortalité

Le tableau 11 et la figure 6 présentent les taux de mortalités mesurés pendant les phases de démarrage, croissance et finition ainsi que pendant toute la période de l'essai. Nos résultats indiquent que les poulets recevant l'aliment supplémenté en probiotique enregistrent des taux de mortalités plus faibles comparativement aux témoins : baisse de près de 50% durant les phases de démarrage et de croissance. Au cours de la phase de finition, le taux de mortalité est quasi nul pour les deux lots : 0,02%. Au final, l'apport du probiotique *Pediococcus acidilactici* a diminué presque de moitié le taux de mortalité cumulé par rapport au lot témoin (-50%, P=0,18).

Tableau 11. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique *Pediococcus acidilactici* sur la mortalité du poulet de chair (moyennes, n = 6)

	Lot Témoin	Lot Probiotique	SEM [§]	ANOVA (p=)
Mortalité (%)				
Démarrage (J0-J10)	2,21	1,11	0,45	0,12
Croissance (J10-J42)	0,57	0,28	0,32	0,54
Finition (J42-J49)	0,02	0,01	0,01	0,68
Cumulé (J0-J49)	2,77	1,39	0,59	0,18

[§] SEM : Erreur standard moyenne,

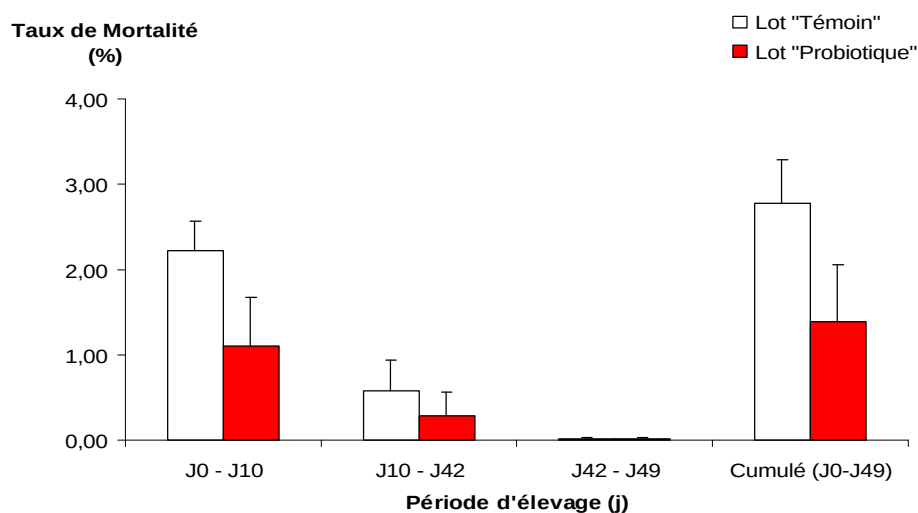


Figure 6. Taux de mortalité par phase d'élevage et cumulée des poulets recevant un aliment standard (lot « Témoin ») ou un aliment supplémenté en *Pediococcus acidilactici* (lot « Probiotique ») (Moyennes $\pm$ SE ; n = 6).

Dans notre essai, les taux de mortalité mesurés chez les deux lots sont représentatifs des résultats habituellement obtenus chez la même souche ISA, élevée dans les mêmes conditions à la Station de Baba Ali (ITELV, 2002 ; BENTOUMI, 2004). Ceci traduit des conditions d'élevages optimales.

Néanmoins, il est intéressant de signaler, que dans nos conditions, la mortalité recensée chez les poulets supplémentés en probiotique a été réduite de moitié par rapport aux témoins. De tels résultats sont également rapportés dans d'autres études (JIN et *al.*, 1998b ; JOHRI, 2004 ; RAMIREZ et *al.*, 2005). PELICANO et *al.* (2004), mentionnent également que l'administration d'une autre souche de lactobacille (*Bacillus subtilis*) réduit le taux de mortalité des poulets durant toute la période d'élevage. Par contre, Vittorio et *al.* (2005) trouvent des taux de mortalité comparables entre les poulets témoins et ceux nourris avec un aliment supplémenté en probiotique : 2,7% vs 2,8%.

Le rôle des bactéries lactiques ajoutées dans l'aliment sur l'état de santé des poulets continue à être approfondi, cependant l'exclusion compétitive, la synthèse d'acide lactique et la baisse du pH induite ou encore la stimulation de l'immunité locale ou systémique figurent parmi les modes déjà documentés agissant favorablement sur l'état sanitaire de l'hôte (VITTORIO et *al.*, 2005).

II. Effet de la supplémentation alimentaire en *P. acidilactici* sur le rendement de carcasse

Le tableau 12 présente les poids moyens (vif et éviscérés) des carcasses, de leurs abats et gras abdominal ainsi que les rendements moyens, mesurés à la fin de la période expérimentale sur 15 poulets par traitement.

Nos résultats montrent que la supplémentation alimentaire en probiotique n'a pas modifié les caractéristiques de la carcasse des poulets : variations non significatives entre les lots supplémentés et témoins, allant de +1 à +2% pour le poids des carcasses PAC, la proportion de gras abdominal et celle du gésier plein.

Notons tout de même, une légère réduction du poids du foie et du cœur chez les poulets recevant le probiotique comparativement aux poulets témoins : -4% ($p=0,10$) et -7% ($p=0,18$) respectivement pour le poids du foie et du cœur rapportés au PV chez les poulets supplémentés comparés aux témoins.

Tableau 12. Effet de la supplémentation alimentaire en probiotique *Pediacoccus acidilactici* sur les caractéristiques de la carcasse du poulet de chair (moyennes, $n = 15$)

	Lot Témoin	Lot Probiotique	SEM [§]	ANOVA ($p=$)
PV (g)	2623	2558	39	0,25
Carcasse PAC (g)	1880	1840	0	0,34
(g/100gPV)	71,85	72,21	0,36	0,47
Gras abdominal (g)	51,2	50,13	3,67	0,83
(g/100gPV)	1,95	1,96	0,14	0,94
Foie (g)	60,53	56,60	1,91	0,10
(g/100gPV)	2,30	2,21	0,05	0,27
Gésier plein (g)	68,13	68,26	2,81	0,97
(g/100gPV)	2,59	2,65	0,09	0,63
Cœur (g)	11,06	10,13	0,46	0,18
(g/100gPV)	0,42	0,39	0,01	0,35

[§] SEM : Erreur standard moyenne

D'après PELICANO et *al.* (2003), l'emploi d'une autre souche de probiotique (*Bacillus subtilis* + *Bacillus licheniformis*) n'a pas d'effet sur le rendement des carcasses.

En revanche, d'autres études mentionnent un effet positif des bactéries lactiques probiotiques sur le rendement de carcasse. Ainsi, selon CHAFFAI (2006), les rendements de carcasse des poulets, abattus à 56 jours d'âge, sont nettement supérieurs chez les poulets ayant consommé des régimes avec *P. acidilactici* : +9% ($P < 0,001$) par rapport aux témoins. Mais, dans ces mêmes conditions, les proportions de gras abdominal ainsi que les poids des abats (foie, rate, cœur, proventricule, gésier et intestins) ne sont pas significativement modifiés. Alors que KALAVATHY et *al.* (2003), montrent que la supplémentation en probiotique à base de *Lactobacillus* réduit significativement la teneur en graisse abdominal à partir de 28 jours d'âge. De même, selon, PEDROSO et *al.* (2003), l'incorporation d'un mélange constitué d'une souche de *Lactobacillus* associé avec une souche de *Bacillus subtilis* dans l'alimentation du poulet influence positivement et significativement les poids du cœur, du foie, du gésier et de l'intestin des poulets abattus à j21 et à j42.

Conclusion générale

Notre travail a permis de préciser, dans nos conditions locales, l'impact d'une addition alimentaire en *Pediococcus acidilactici* sur les performances zootechniques et le rendement des carcasses du poulet de chair.

Dans nos conditions expérimentales, la supplémentation en probiotique n'a pas augmenté significativement la croissance des poulets mais a légèrement réduit la consommation alimentaire, induisant ainsi une nette amélioration de l'indice de consommation. De plus, elle a permis de réduire de moitié les taux de mortalité recensés durant tout l'élevage. En revanche, aucune amélioration des rendements de carcasse des poulets n'a été constatée suite à l'incorporation de *P. acidilactici* dans l'aliment.

Les résultats de la présente étude semblent intéressants. Notons tout de même que nos conditions d'élevages étaient optimales d'un point de vue sanitaire, ce qui n'est pas toujours le cas dans les élevages algériens. Nous pouvons alors supposer que cette supplémentation aurait donné des résultats supérieurs dans les conditions d'élevage du terrain.

L'usage des probiotiques en production aviaire est encore à ses débuts. Il est nécessaire de poursuivre les études afin de comprendre pourquoi les résultats *in vivo* sont variables.

Des études ultérieures devraient en outre préciser l'impact de l'ajout du probiotique sur l'état sanitaire des poulets et approfondir la connaissance sur le pédiocoque ou d'autres souches probiotiques pour en élucider le rôle sur les performances zootechniques du poulet de chair.

A

- AHMAD I. (2006) Effect of probiotics on broiler performance. International Journal of Poultry Science 5(6): 593-597.
- AIT BELGNAOUI A. (2006) Influence d'un traitement probiotique (*Lactobacillus farciminis*) sur les altérations de la sensibilité viscérale liées au stress : rôle de la barrière épithéliale colique. Thèse de Doctorat de L'Institut National Polytechnique De Toulouse (France), 203 pages.
- AMROUCHE T. (2005) Contribution à l'étude du pouvoir immunomodulateur des bifidobactéries: analyse in vitro et étude ex vivo des mécanismes moléculaires impliqués.
- AWAAD M. H. H. (2001) Effect of *pediococcus acidilactici* on layer hens zootechnical performance. Internet 2001.

B

- BENTOUMI R. (2004) Effet de la densité et de la souche sur les performances du poulet de chair. Mémoire de fin d'étude INES, Blida, 58 pages.
- BEZKOROVANY A. (2001) Probiotics determinants of survival and growth in the gut. American J. Clin. Nutr., 73(2): 399-405.
- BOUDJENAH A. (2008) Effet d'une supplémentation de l'aliment en levure *Saccharomyces cerevisiae* de la vache laitière en péripartum. Mémoire de magistère. Ecole nationale vétérinaire d'Alger, 161 pages.

C

- CALLAWAY T. R., ANDERSON R. C., EDRINGTON T. S., ELDER R. O., GENOVESE K. J., BISCHOFF K. M., POOLE T. L., JUNG Y S., HARVEY R. B., and NISBET D. J. (2003) Preslaughter intervention strategies to reduce food-borne pathogens in food animals. J. Anim. Sci., 81: 17_23.
- CASAS I. A. and DOBROGOSZ W.J. (2000) Validation of the probiotic concept: *lactobacillus reuteri* confers broad-spectrum protection disease in humans and animals. Microbial ecology in health and disease, 12: 247-285.
- CHAFAI S. (2006) Effet de l'addition des probiotiques dans les régimes alimentaires sur les performances zootechniques du poulet de chair. Mémoire de magister. Université El Hadj Lakhdar de Batna, 97 pages.
- CHANDRA R. K. (2004) Micronutrients, probiotics and the liver. J. Gastroenterol. Hepatol., 19: 398_400.
- CHOCT M. (2001) Alternatives to in-feed antibiotics in monogastric animal industry. ASA Technical bulletin. Vol. An 30.

D

DENIS O. KRAUSE., JAMES D. HOUSE et NYACHOTI C. M. (2004) Alternatives to antibiotics in swine diets: a molecular approach. Department of Animal Science. University of Manitoba. Canada.

DROUAULT S. et CORTHIER G. (2001) Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. Vet. Res., 32: 101_117.

E

EDENS F.W. (2003) An alternative for antibiotics use in poultry: Probiotics. Rev. Bras. Cienc. Avic., Vol.5. N°.2.

ERICKSON K. L. et HUBBARD N.E. (2000) Probiotic immunomodulation in health and disease. Journal of Nutrition, 130, 403-409.

F

FAO/OMS (2002) Guidelines for the evaluation of Probiotics in food, Report of a joint FAO/OMS working group on drafting for the evaluation of Probiotics in food, London Ontario, Canada.

FILHO A. et LIMA E.T. (2005) Bacteriocins: nomenclature, detection, mechanism of action and potential use in poultry production. J. Food, Agri. Enviro., 3 (2): 62-66.

FOOKS L. J. et GIBSON G. R. (2002) Probiotics as modulators of the gut flora. British Journal of Nutrition, 88, 39-49.

FULLER (1989) Probiotics in man and animals.

FULLER (2004) Probiotics: their development and use.

G

GABRIEL I., MALLET S., SIBILLE P. (2005) La microflore digestive des volailles : facteurs de variation et conséquences pour l'animal. INRA Production animale., 18 (5),309-322.

GADOUD R., JOSEPH M., JUSSIAU R., LISBERNEY M., MANGEOL B., MONTMEAS L. et TARRIT A. (1992) Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. 286 pages.

GHADBAN G. S. (2002) Probiotics in broiler production. Rev. Arch. Geflu"gelk., 66 (2): 49 _ 58.

GOURNIER-CHATEAU N., LARPENT J.P., CASTELLANOS M.I. et LARPENT J.L. (1994) les probiotiques en alimentation animale et humaine. ED. TEC et DOC-Lavoisier. Paris. 192 pages.

GRAJEK W., OLEJNIK A., and SIP A. (2005) Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. ACTA Biochimica. Polonica., Vol. 52 N°. 3: 665_671.

GUILLOT J. F. (2001): Consequences of Probiotics Release in the Intestine of Animals.

H

HERZIG I., GOPFERT E., PISARIKOVA B. et STRAKOVA E. (2003) Testing of growth promoting and protective activity of the probiotic lactiferm in weaned piglets. Acta. Vet.

I

Institut Technique des Elevages (2002) Conduite d'élevage du poulet de chair.

J

JIN L. Z., HO Y. W., ABDULLAH N. and JALALUDIN S. (1998)a Growth performance, intestinal microbial populations, and serum cholesterol of broilers fed diet containing lactobacillus cultures. Poult. Sci., 77:1259-1265.

JIN L.Z., HO Y.W., ABULLAH N., ALI M.A. et JALALUDIN S. (1998)b Anim. Feed Sci. Technol., 70: 197-209.

JOHRI T.S. (2004) Dietary additives for enhancing nutritional value of feeds. FAO.

K

KALAVATHY R., ABDULLAH N., JALALUDIN S. et HO Y.W. (2003) Effects of Lactobacillus cultures on growth performance, abdominal fat deposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens. Br. Poult. Sci., 44(1):139-144.

KAUR I. P., CHOPRA K., et SAINI A. (2002) Probiotics: potential pharmaceutical applications. European Journal of Pharmaceutical Sciences, 15, 1-9.

KEKESSY D.A. et PIGET J.D. (1970) New method for detecting bacteriocin production. Applied Microbiology, 20, 282-283.

KREHBIEL C. R., RUST S. R., ZHANG G., and GILLILAND S. E. (2003) Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. J. Anim. Sci., 81: 120_132.

KUNG L. JR. (2001) Direct-fed microbials and enzymes for dairy cows. Department of Animal & Food Sciences. University of Delaware.

L

LAN (2005) Bactocell lactic ferment for poultry. *Pediococcus acidilactici* MA 18/5M. Document interne Lallemand Animal Nutrition (LAN). 29 pages.

LARBIER et LECLERCQ. (1994) Nutrition et alimentation des volailles. Edition. INRA. 349.

LEAHY S.C., HIGGINS D.G., FITZGERALD G.F., and VAN SINDEREN D. (2005) Getting better with bifidobacteria. J. App. Microbiol., 98: 1303-1315.

LEE K.W., LEE S. K. and LEE B. D. (2006) *Aspergillus oryzae* as Probiotic in Poultry. Poult. Sci., 5 (1)

LILLY D.M. and STILLWELL R.H. (1965) Probiotics: Growth-Promoting Factors Produced by Microorganisms. Science;147:747-8.

LU J., IDRIS U., HARMON B., HOFACRE C., MAURER J. et LEE M.D. (2003) Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69, 6816-6824.

M

MALLET S., BOUVAREL I. et LESSIRE M. (2001) Facteurs de variation de la microflore intestinale des oiseaux domestiques: impact de l'alimentation. 4e journ. Rech. Avicoles. Nantes, France, 27-29 Mars 159-164.

MARTEAU P. et RAMB J.C. (1998) Probiotiques en gastroentérologie n° 4, vol. 5.

MARTEAU P. (2001) Safety aspects of probiotic products. *Scand. J. Nutr.*, 45:8-12.

MEAD G.C. (1989) Microbes of the avian cecum. Types present and substrates utilized. *J. Exp. Zool.*, 3, Suppl, 48-54.

METCHNIKOFF E. (1907). The prolongation of life. Dans: *Optimistic studies*. Butterworth-Heinemann, London.

MOREIRA J. L. S., MOTA R. M., HORTA M. F., TEIXEIRA S. MR., NEUMANN E., NICOLI J. R. and NUNES A. C. (2005) Identification to the species level of *Lactobacillus* isolated probiotic prospecting studies of human, animal or food origin 16S-23S rRNA restriction profiling. *BMC. Microbiol.*, 5:15.

MOUNTZOURIS K., BENEAS H., TSIRTSIKOS P., KALAMARA E., and FEGEROS K. (2006) Evaluation of the effect of a new probiotic product on broiler performance and cecal microflora composition and metabolic activities. *International Poultry Scientific Forum*.

N

NETHERWOOD T., GILBERT H. J., PARKER D. S., and O DONNELL A. G. (1999) Probiotics shown to change bacterial community structure in the avian gastrointestinal tract. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65(11) : 5134-5138.

NOVERR M. C., et HUFFNAGLE G. B. (2004) Does the microbiota regulate immune responses outside the gut? *Trends in Microbiology*, 12, 562-568.

P

PARKER R. (1974) Probiotics, the other half of antibiotic story. *Anim Nutr Health*;29:4-8.

PEDROSO A. A., MENTEN J. F. M., RACANICCI A.M.C., LONGO F. A., SORBARA J. O. B., GAITTO J.B. (2003) Performance and organ morphology of broilers fed microbial or Antimicrobial additives and raised in batteries or floors pens. *Rev. Bras. Cienc.*, Vol.05 (03).

PELICANO E. R. L., DE SOUZAA P. A., DE SOUZAA H. B. A., LEONEL F.R., ZEOLA N.M. B. L., BOIAGO M. M. (2004) Productive traits of broiler chickens fed diets containing different growth promoters. *Rev. Bras. Cienc.*, 6 (03) : 177-182.

PELICANO E. R. L., SOUZAA P. A., SOUZAA H. B. A., OBA A., NORKUSC E. A., KODAWARAC et LIMA T. M. A. (2003) Effect of different probiotics on broiler carcass and

meat quality. Rev. Bras. Cienc., 5(03) : 207-214.

PERCIVAL M. (1997) Choosing a Probiotic Supplement. Clinical. Nutrition. Insights. Vol. 6, No.1.

PRIOULT G., FLISS I., et PECQUET S. (2003) Effect of probiotic bacteria on induction and maintenance of oral tolerance to α -lactoglobulin in gnotobiotic mice. Clinical Diagnostic and Laboratory Immunology, 10, 787-792.

R

RAMIREZ REYES, B., ZAMBRANO SANTISTEBAN, O., RAMIREZ PEREZ, Y., RODRIGUEZ VALERA, Y. et MORALES MEDINA Y. (2005) EvaluaciNn del efecto probiNtico del Lactobacillus spp. origen aviar en pollitas de inicio reemplazo de la ponedora comercial en los primeros 42 días de edad. Redvet. Vol. VI, N° 09.

ROLFE R. D., 2000: The Role of Probiotic Cultures in the Control of Gastrointestinal Health. J. Nutr., 130: 396_402.

S

SAKATA T. et SETOYAM H. (1995) Local stimulatory effect of short chain fatty acids on the mucus release from the hindgut mucosa of rats (*Rattus norvegicus*). Comp. Biochem. Physiol. A. Physiol., 111,429-432.

SALMINEN S., WRIGHT A., MORELLI L., MARTEAU P., BRASSART D; DEVOS W.M., FONDÉN R., SAXELIN M., COLLINS K., MOGENSEN G. and BIRKELAND S.E., MATTILA-SANDHOLM T. (1998) Demonstration of safety of probiotics -- a review, 44(1-2):93-106.

SALMINEN S. (1999) Probiotics: Scientific Support for Use. Food Technology., Vol. 53, N°. 11.

SCHREZENMEIR J. and DEVRESE M. (2001) Probiotics, prebiotics, and synbiotics approaching a definition. Am. J. Clin. Nutr., 73(2): 361-364.

SIMON O. (2005) Micro-Organisms as Feed Additives _Probiotics. Advances in Pork Production Volume 16, pg. 161.

SIMON O., JADAMUS A., et VAHJEN W. (2001) Anim. Feed Sci., 10 : 51-67

SMITH H.W. (1965) Observations on the flora of the alimentary tract of animals and factors affecting its composition. J. Pathol. Bacteriol., 89,95-122.

SOOMRO A.H., MASUD T. and ANWAAR K. (2002) Role of lactic acid bacteria (LAB) in Food Preservation and Human Health. Rev. Pakistan Journal of Nutrition, 1(1) : 20-24.

SOUILEM O. et GOGNY M. (1994) Particularité de la physiologie digestive des volailles. Med. Vet., 145(7):525- 537.

STROMPFOVA V., LAUKOVA A., MUDRONOVA D. (2003) Effect of Bacteriocin-Like Substance Produced by *Enterococcus faecium* EF55 on the composition of Avian Gastrointestinal Microflora. Acta. Vet. Brno.,72: 559-564.

T

TANAKA K. et ISHIKAWA H. (2004) Role of intestinal bacterial flora in oral tolerance induction. Histology and Histopathology, 19, 907-914.

V

VAN BELKUM M. J., and STILES M. E. (2000) Nonantibiotic antibacterial peptides from lactic acid bacteria. Nat. Prod. Rep., 17: 323-335.

VAN EYS J. et DEN HARTOG L. (2003) Feedstuffs; 78:24-29.

VITTORIO S. A., MAURO F., CARLA B., GIOVANNA D. D., GIOVANNI S. et ERIC C. (2005) Effets de l'addition de *pediococcus acidilactici* dans la ration de poulets de chair sur les performances zootechniques et la microflore intestinale. Sixième journée de la recherche avicole. S.Malo.

Z

ZHANG Z. (2004) Development of probiotics and prebiotics opportunities and challenge.

SOURCES INTERNET

Source Internet n° 1 : <http://species.wikimedia.org/wiki/Lactobacillaceae>

(consulté le 18/06/2008 à 19:30)

Source Internet n° 2 : <http://www.anathenature.com>

(consulté le 25/05/2008 à 22:00)

Source Internet n° 3 : www.inapg.inra.fr/dsa/afz/pdf/afz_contact_16.pdf

(consulté le 09/10/2007 à 04:05)

Source Internet n° 4 : <http://www.nutramag.info/monographies/probio.html>

(consulté le 01/06/2006 à 17:30)

Source Internet n° 5 : www.isapp.net/docs/AFFSAprobioticprebioticfloraimmunity05.pdf

(consulté le 24/08/2007 à 23 :15)

ANNEXE 1

PLAN DE PROPHYLAXIE APPLIQUE DURANT L'ESSAI

Age en jour	Vaccination et traitement	Mode d'administration
1	Anti-stress pendant 05 jours	Eau de boissons
2	Vaccination contre la maladie de Newcastle (souche vaccinale HB1)	Eau de boissons
7	Vitamine (AD3E+C)	Eau de boissons
14	Vaccination contre la maladie de Gumboro (souche vaccinale D78)	Eau de boissons
17	Traitement anticoccidien pendant 05 jours selon les lots (voir protocole)	Eau de boissons
21	Rappel de vaccination contre la maladie de Newcastle (souche vaccinale La Sota)	Eau de boissons
34	Rappel traitement anticoccidien pendant 05 jours selon les lots (voir protocole)	Eau de boissons

ANNEXE 2

FICHE TECHNIQUE DE LA BACTERIE PROBIOTIQUE *PEDIOCOCCUS ACIDILACTICI* UTILISEE DANS L'ESSAI

BACTOCELL® ME

BACTÉRIE LACTIQUE MONOGASTRIQUES

BACTOCELL® ME est un concentré de ferment lactique développé spécifiquement pour la nutrition et la santé des monogastriques.

La souche de ferment lactique (*Pediococcus acidilactici* MA 18/5M) a été sélectionnée pour ses propriétés spécifiques:

- Production massive et exclusive d'acide lactique L+,
- Régulation des écosystèmes microbiens,
- Réduction des microorganismes indésirables,
- Robustesse et stabilité.

GARANTIES

SOUCHES DE BACTERIE LACTIQUE :

- Espèce *Pediococcus acidilactici* enregistrée à la Collection Nationale de Cultures de Microorganismes (CNCM, Institut Pasteur, Paris) sous le numéro MA 18/5 M. (Autorisation Européenne : 9 pour porclet et E1712 pour porc engrais et poulet de chair)

	BACTOCELL® ME
CONCENTRATION MA 18/5M (u/c*/g)	$1,0 \times 10^{10}$
CONSERVATION**	12 mois

*unité formant colonies. ** conservé en emballage fermé, stocké dans un endroit frais et sec.

DOSES D'UTILISATION (dans l'aliment)

	BACTOCELL® ME	
	g/tonne	u/c*/kg
• PORC		
• PORCELET JUSQU'À 35KG	100 g	1×10^9
• PORC À L'ENGRAIS	100 g	1×10^9
• VOLAILLE		
• POULET DE CHAIR (démarrage/croissance/finition)	de 100 g à 1000 g	de 1×10^8 à 1×10^{10}
• PONDEUSE***	100 g	1×10^9
• DINDE***	100 g	1×10^9
• AUTRES VOLAILLES***	100 g	1×10^9
• AQUACULTURE		
• SALMONIDE & POISSON MARIN***	100 g	1×10^9
• CREVETTE***	de 500 g à 1000 g	de 5×10^8 à 1×10^{10}

***Autorisé dans de nombreux pays (USA...) mais pas sous la législation additif européen

MÉTHODES D'ANALYSE

Comptage de cellules vivantes par dilution décimale dans milieu M.R.S. agar incubées à 37°C.
Normes NF V 08-010 et NF V 08-100. Identification génétique : électrophorèse en champ pulsé.

SÉCURITÉ D'EMPLOI

De part ses composants, BACTOCELL® ME est sans toxicité. Il ne laisse aucun résidu et ne nécessite aucune période de retrait.

PRÉSENTATION

Caisse outre de 20 kg avec sachet aluminisé.



LALLEMAND SAS
19, rue des Briquetiers - BP 59
31702 Blagnac Cedex - FRANCE
Tél : +33(0) 5-62-74-55-55
Fax : +33(0) 5-62-74-55-00

Nutrition Animale

ACTIVELABOR
09/2014 - 10000

ANNEXE 3

BATIMENT D'ELEVAGE UTILISE POUR L'ESSAI



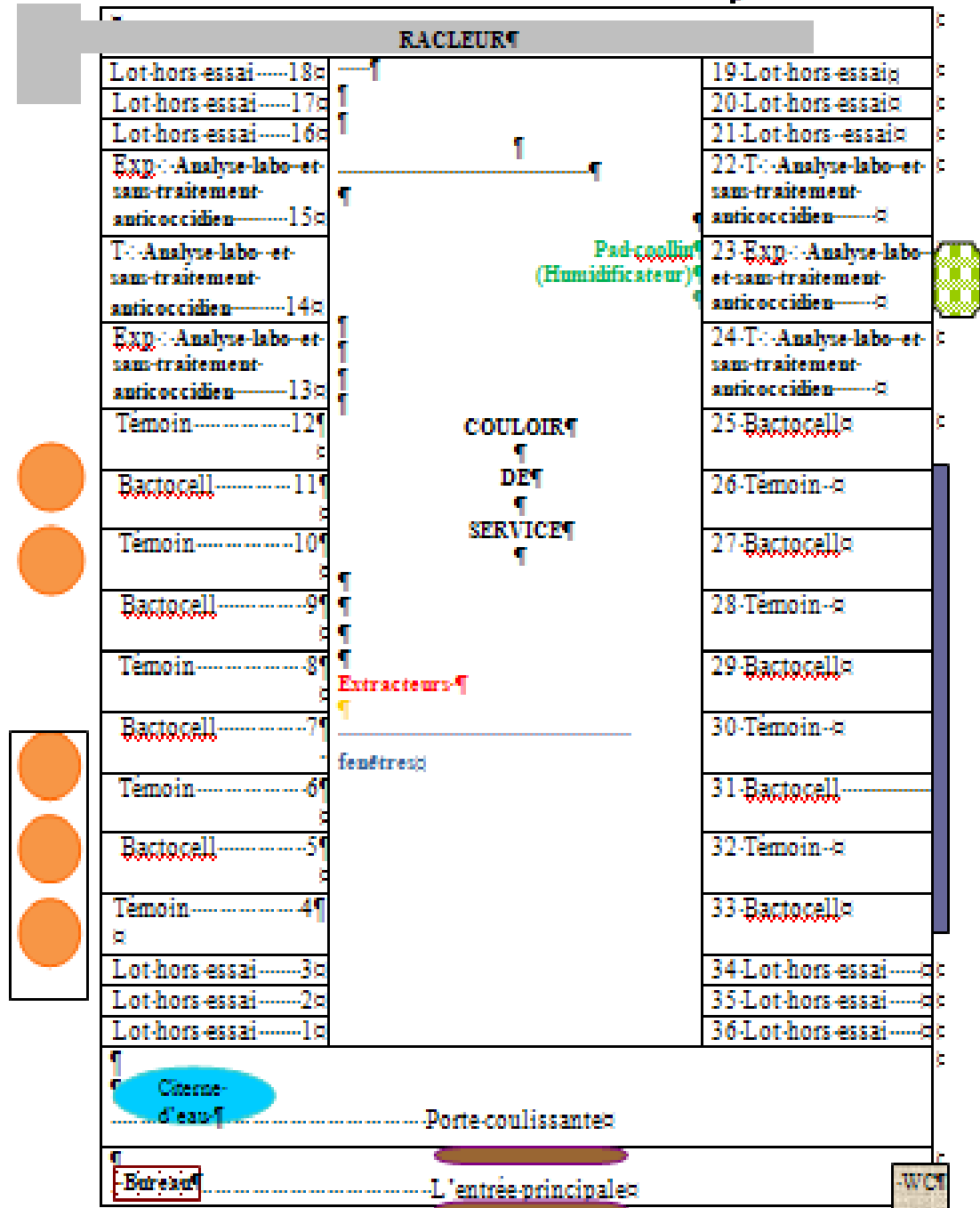
Vue extérieure du bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai. (Cliché personnel, 2007)



Vue intérieure du bâtiment d'élevage utilisé pour l'essai. (Cliché personnel, 2007)

ANNEXE 4

SCHEMA EXPERIMENTAL DU BATIMENT



ANNEXE 5

MATERIEL D'ALIMENTATION 1ER AGE ET 2EME AGE UTILISE DURANT L'ESSAI



Matériel d'alimentation (1^{er} âge) utilisé durant l'essai. (Cliché personnel, 2007)



Matériel d'alimentation (2^{ème} âge) utilisé durant l'essai. (Cliché personnel, 2007)

ANNEXE 6

MATERIEL D'ABREUVEMENT 1ER AGE ET 2EME AGE UTILISE DURANT L'ESSAI



Matériel d'abreuvement (1^{er} âge) utilisé durant l'essai. (Cliché personnel, 2007)



Matériel d'abreuvement (2^{ème} âge) utilisé durant l'essai. (Cliché personnel, 2007)

ANNEXE 7

OPERATIONS EFFECTUEES POUR LA DETERMINATION DU RENDEMENT DE CARCASSES (Cliché personnel, 2007).



1. Pesée du poulet de chair avant abattage



2. Abattage (saignée) du poulet de chair



3. Plumaison du poulet de chair (après échaudage)



4. Pesée des carcasses (avant éviscération)



5. Accrochage du poulet de chair



6. Carcasses éviscérées (PAC)

ANNEXE 8

RAPPEL ANATOMO-PHYSIOLOGIQUE DU POULET DE CHAIR

ANATOMIE DU POULET :

La cavité buccale ne comprend ni lèvres ni dents, mais un bec corné qui permet la préhension et une certaine fragmentation des aliments. Les glandes salivaires, peu développées, sécrètent la ptyaline. Il n'y a ni voile du palais ni épiglotte, si bien que la déglutition est un phénomène uniquement mécanique par redressement de la tête. L'œsophage contient un renflement dont l'épithélium est riche en glandes à mucus : le jabot, organe de stockage des aliments et fonctionne chez le poulet alimenté à volonté.

L'estomac comprend deux parties :

- le ventricule succenturié est un estomac *chimique*, dont la muqueuse est riche en glandes,
- le gésier est un estomac *mécanique*, peu sécréteur, caractérisé par une couche superficielle très dure, entourée de muscles puissants, Il y règne un pH très bas (2 à 3,5) et il peut contenir de petits graviers, nécessaires au broyage des aliments.

L'intestin grêle est un tube d'environ 1,2 m de longueur dont la paroi est bien équipée en glandes sécrétrices, il reçoit à son début les sécrétions du pancréas et du foie. Le gros intestin est peu développé et se réduit pratiquement à deux caecums où ont lieu des fermentations bactériennes. Après un court rectum, on trouve le cloaque. Carrefour des voies génitales, urinaires et intestinales.

La longueur totale du tube digestif est d'environ 2 mètres chez le poulet adulte (GADOUD et *al.*, 1992)

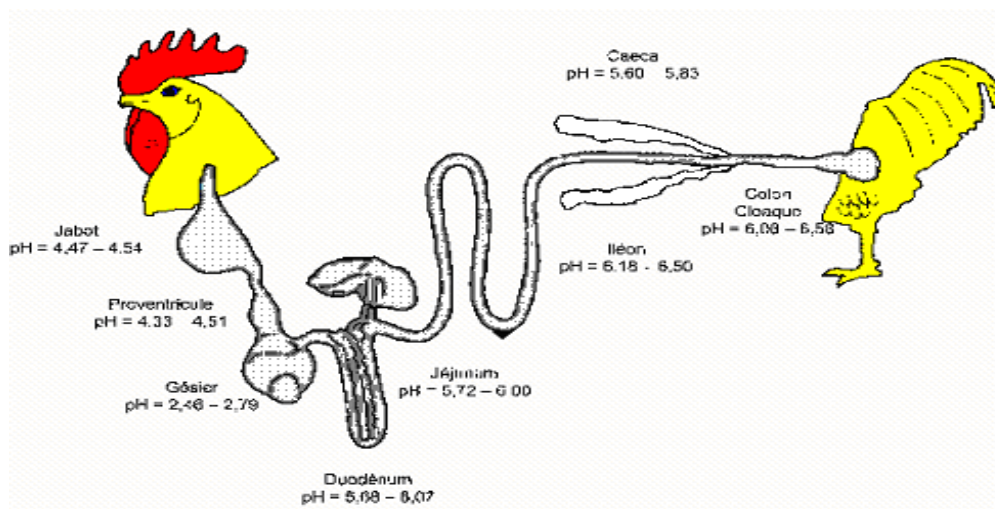


Figure 2 : Schéma du tractus digestif des volailles et valeurs des pH des contenus digestifs.

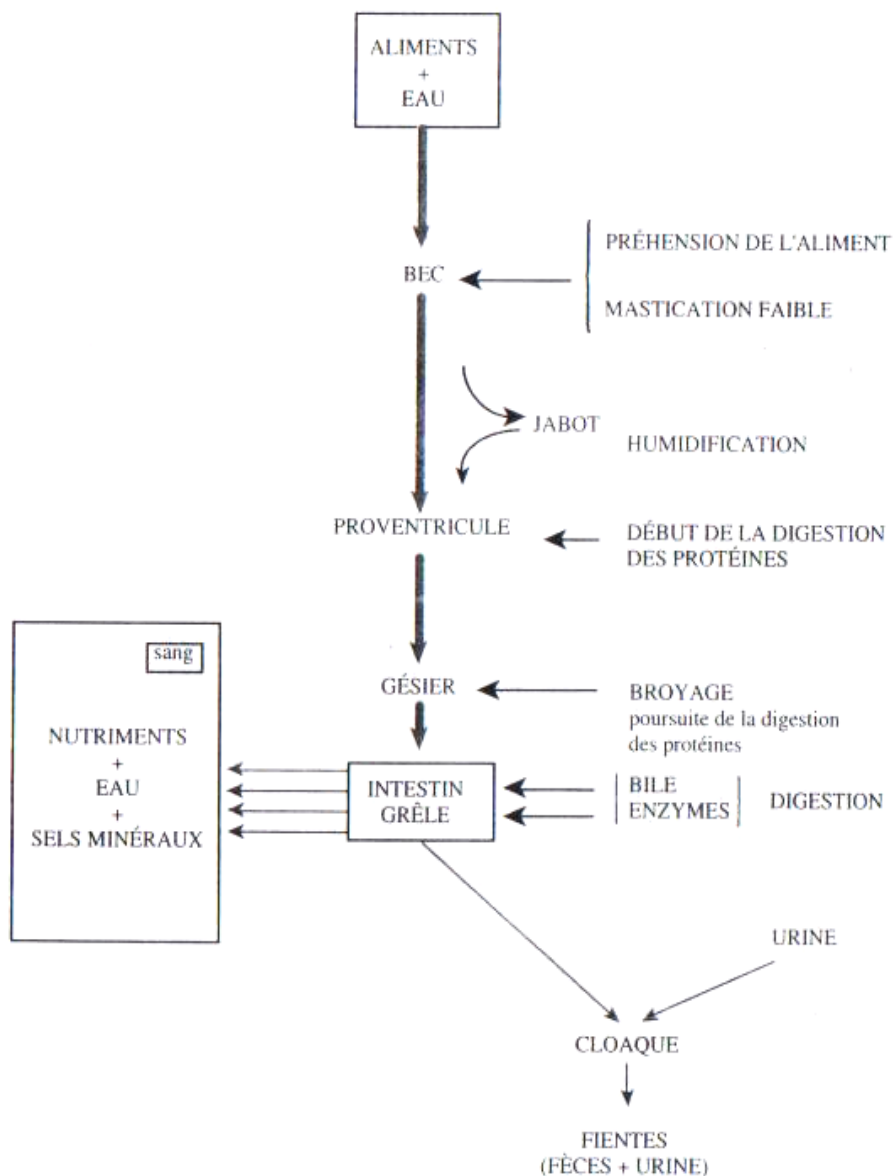
(GABRIEL I., MALLET S., SIBILLE P., 2005 : La microflore digestive des volailles : facteurs de variation et conséquences pour l'animal. INRA Production animale.18 (5), 309-322)

ANNEXE 9

PHYSIOLOGIE DIGESTIVE DES VOLAILLES

La physiologie digestive comprend l'ensemble des processus de digestion et d'absorption. Les premiers qui sont mécaniques, chimiques et enzymatiques se produisent dans tout le tube digestif. L'absorption s'effectue essentiellement dans l'intestin grêle. Les mécanismes mis en jeu assurent le transfert des nutriments depuis la lumière intestinale jusqu'au sang porte qui les véhicule au foie puis aux différents tissus utilisateurs. L'activité métabolique de l'organisme, correspondant à l'entretien et aux productions, dépend de l'apport de nutriments. Pour un ingéré donné d'un aliment de composition connue, la qualité de nutriments disponible pour le métabolisme sera plus ou moins grande en fonction de l'efficacité des processus digestifs : importance des dénaturations, rendement des réactions enzymatiques d'hydrolyse, rapidité du transit digestif, vitesse d'absorption intestinale, rôle de la flore du tube digestif. (LARBIER et LECLERCQ, 1994).

Le transit des aliments est relativement rapide, il dure en moyenne 24 heures. Dans la bouche, les aliments sont peu fragmentés et grossièrement insalivés; l'action de la ptyaline sur l'amidon y débute et se poursuit dans le jabot. Ce dernier assure le stockage et le ramollissement des aliments grâce au mucus qui y sécrété ; plus ou moins rempli, il participe au transit alimentaire en jouant le rôle de pompe aspirante et foulante. Le ventricule succenturié ou pro ventricule sécrète en abondance l'acide chlorhydrique mais le pH qui y règne n'est pas très bas (3 à 4,5). Le gésier présente un pH bas (2 à 3,5), c'est donc là que se produit véritablement la protéolyse sous l'action de la pepsine. En outre, la présence de petits cailloux dans cette poche permet à l'oiseau d'y broyer les graines. Si l'alimentation est à base de grains intacts, il importe de mettre des petits cailloux à disposition des animaux. Si les volailles sont nourries avec des farines, l'activité mécanique du gésier est très réduite. L'intestin grêle est le lieu préférentiel de la digestion chimique sous l'action des enzymes intestinales, pancréatiques et de la bile. Le caecum est le siège de fermentations bactériennes, sans doute d'importance secondaire, qui permettraient une utilisation partielle des glucides pariétaux des enveloppes des grains. Il s'y produit aussi une synthèse de vitamines B qui pourraient profiter à ce niveau absorption importante d'eau et de sels minéraux (GADOUD et *al.*, 1992).



(d'après Surdeau et Hénaff, 1979)

Fig. 2.14 – Schéma de la digestion chez le poulet.

Schéma De La Digestion Chez Le Poulet

(GADOUD R., JOSEPH M., JUSSIAU R., LISBERNEY M., MANGEOL B., MONTMEAS L., TARRIT A., 1992 : Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, figure 2.14 page 53)

Résumé :

L'objectif de cet essai est d'évaluer l'impact de la supplémentation alimentaire en *Pediococcus acidilactici* sur les performances zootechniques. Durant 49 jours, 720 poussins sont répartis en 2 lots, nourris avec le même aliment de base supplémenté ou non avec 10^9 UFC de *Pediococcus acidilactici*/kg d'aliment. Nos résultats ont montré que l'addition du probiotique n'a pas modifié significativement la croissance du poulet de chair ($P=0.34$) mais tend à réduire légèrement la consommation d'aliment (-4%, $P=0.07$) ce qui a amélioré significativement l'indice de consommation (-4%, $P<0.001$). De plus, dans nos conditions expérimentales, l'ajout de probiotique à l'aliment a induit une diminution significative du taux de mortalité (-50%) mais n'a pas amélioré significativement le rendement de carcasse. De tels résultats suggèrent un effet positif du probiotique *Pediococcus acidilactici* sur les performances zootechniques et le taux de mortalité. L'impact du probiotique *Pediococcus acidilactici* sur l'utilisation digestive et métabolique de l'aliment nécessite néanmoins des études ultérieures pour en élucider les mécanismes d'action.

Mots clés : *Pediococcus acidilactici*, Probiotique, Supplémentation, Poulet de chair, Alimentation, Performances zootechniques.

Abstract :

The aim of this study was to evaluate the impact of dietary *Pediococcus acidilactici* supplementation on the zootechnical performances. During 49 days, 720 chicks were divided into 2 groups which were fed with the same basic diet supplemented or not with 10^9 UFC of *Pediococcus acidilactici* / kg of food. Our results showed that the addition of did not modify significantly the growth of chickens ($P=0.344$) but tended to slightly reduce the food consumption (-4%, $P=0.07$) which significantly improved the efficiency of the food transformation (-4%, $P<0.001$). Moreover, in our conditions, the probiotic supplementation induced a significant reduction in the death rate (-50%) but failed to ameliorate the output of carcass. Such results suggest a positive effect of probiotic *Pediococcus acidilactici* on the zootechnical performances and the death rate. However, the impact of probiotics on digestive and metabolic utilisation requires further studies..

Key words: *Pediococcus acidilactici*, Probiotic, supplementation, Fowl table, Food, Performances zootechnical.

• • • • •

• • • • •

