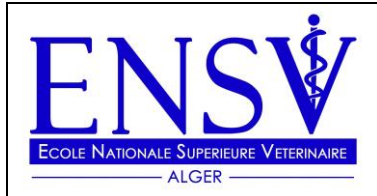


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Democratic and Popular Republic of Algeria / République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للبيطرة ربيع بوشامة
Higher National Veterinary School Rabie Bouchama

École Nationale Supérieure Vétérinaire Rabie Bouchama



N° d'ordre : 043/PFE/2025

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de **Docteur Vétérinaire**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Vétérinaires

THÈME

**Optimisation de la ration du poulet de chair via
un probiotique "*Saccharomyces cerevisiae*" impact
sur les performances zootechniques et la
morphométrie des intestins**

Présenté par :

BENNEGUEOUCH Nouredine
MEBAREK AZZEM Lakhdar Anis

Soutenu publiquement, le 01/07/2025 devant le jury composé de :

Pr. TEMIM S.	Professeur	(ENSV)	Présidente
Dr. BERRAMA Z.	MCA	(ENSV)	Promotrice
Dr. SAHRAOUI L.	MCA	(ENSV)	Examinatrice

Année universitaire : 2024 /2025

Remerciements

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

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

Mes remerciements vont également Mme TEMIM S, Professeur à L'ENSV qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Je tiens aussi à remercier Mme SAHRAOUI L, Maitre de Conférences A à L'ENSV d'avoir bien accepté d'examiner ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, véritables piliers de ma vie, qui m'ont offert la joie de vivre et ont toujours été ma source d'énergie et de motivation. J'espère de tout cœur pouvoir leur apporter satisfaction et fierté. Qu'Allah les protège et les garde auprès de moi, inchaallah.

À toute ma grande famille, pour leur soutien et leur affection.

À mon binôme de PFE, pour sa collaboration, son engagement et les efforts partagés tout au long de ce travail. Merci pour l'esprit d'équipe, les moments de soutien qui ont rendu cette expérience plus enrichissante.

À mes amis de l'ENSV : Aymen, Anes, Amine, AbdRaouf, pour les moments partagés, l'entraide et l'amitié sincère.

À toute la promotion vétérinaire 2020–2025, avec qui j'ai partagé un parcours inoubliable.

À Mme TEMIM S. pour son aide précieuse tout au long de ce travail.

Et enfin,

À ma chère promotrice, Mme BERRAMA Z., que je remercie profondément pour son aide précieuse, son accompagnement et sa bienveillance tout au long de ce travail.

BENNEGUEOUCH Nouredine

Dédicace

Je dédie ce travail à mon père, pilier de ma vie, et à ma mère, source infinie d'amour et de sagesse.

À mon frère Ilyes, ma sœur Maria et ma petite sœur Maram, pour leur tendresse et leur soutien constant.

À mon binôme et camarade de route Nouredine, avec qui j'ai partagé les défis de ce projet.

À mon cher ami Dadi, dont l'amitié fidèle m'a accompagné tout au long de ce parcours. Et à tous mes amis de l'École Supérieure Vétérinaire, pour les souvenirs, les rires et l'entraide qui ont marqué ces années inoubliables.

MEBAREK AZZEM Lakhdar Anis

table des matieres

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I : LA PRODUCTION DE POULET DE CHAIR EN ALGERIE

I. Introduction à l'aviculture en Algérie :	2
II. Historique et évolution de l'élevage de poulet de chair en Algérie	2

III.	Les races et souches utilisées	3
IV.	Les systèmes d'élevage	3
V.	Production nationale	3
VI.	Organisation de la filière.....	5
VI.1.	Structure de la filière :	5
VI.2.	Les acteurs principaux	6
VII.	Alimentation	6
VII.1.	Ration Alimentaire.....	6
VII.2.	Consommation d'eau et d'aliment.....	7

CHAPITRE II : LES PROBIOTIQUES

I.	Définition.....	9
II.	Classification des Probiotiques	9
II.1.	Classification Biologique.....	9
II.2.	Classification fonctionnelle	11
II.3.	Classification relative au mode d'administration.....	14
II.4.	Classification selon l'origine	16

Chapitre III : L'Impact des Probiotiques sur la Santé Intestinale, la Croissance et la Qualité de la Viande

I.	IMPACT DES PROBIOTIQUES SUR LA SANTE INTESTINALE	18
I.1.	Modulation de la microflore intestinale.....	18
I.2.	Inhibition des Bactéries Pathogènes Intestinales	21
II.	IMPACT DES PROBIOTIQUES SUR LA CROISSANCE ET LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES	23
III.	IMPACT DES PROBIOTIQUES SUR LA QUALITE DE LA VIANDE	25
III.1.	Influence sur les Caractéristiques Organoleptiques	25
III.2.	Modification du profil nutritionnel de la viande	26
III.3.	Effets indirects via les performances zootechniques.....	26
IV.	DOSE ET DUREE D'ADMINISTRATION	27
IV.1.	Moment de l'introduction	27

IV.2. Conditions d'élevage	27
----------------------------------	----

Partie expérimentale

I. Objectif	28
II. Matériels et méthode	28
II.1. Lieu, durée et période de l'essai.....	28
II.2. Animaux	28
II.3. Aliment	29
II.4. Bâtiment d'élevage.....	30
II.5. Equipement d'élevage	31
II.6. Matériels pour de la formulation des aliments expérimentaux	33
II.7. Programme sanitaire d'élevage	35
II.8. Matériel de dissection.....	35
II.9. Paramètres Mesurés.....	36
II.10. Analyse statistique	38
III. Résultats.....	39
III.1. Effet des probiotique (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) sur la croissance	39
Conclusion	27
Recommandations & Perspectives	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	24

Liste des Figures

Figure 1 : Production de viandes blanches en Algérie (2000-2024).....	03
Figure 2 : Consommation de viandes blanches (kg / hab / an).....	04
Figure 3 : Composition d'un aliment pour poulet de chair.....	06
Figure 4 : Répartition et mise en des poussins.....	27
Figure 5 : Probiotique à base de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	28
Figure 6 : La ferme pédagogique de l'ENSV	28
Figure 7 : Bâtiment et Batteries d'élevage.....	30
Figure 8 : Abreuvoir Siphonide.....	31
Figure 9 : Mangeoires.....	32
Figure 10 : Système d'abreuvement.....	32
Figure 11 : Extracteur	33
Figure 12 : Mélangeurs de capacité de 50 et 100 Kg.....	33
Figure 13 : Préparation et formulation de l'aliment.....	34
Figure 14 : Ciseau de dissection.....	35
Figure 15 : Pesés et saignée des poulets à J40.....	37
Figure 16 : Pesée et mensuration du tube digestif et des différents segments intestinaux.....	37

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Besoins nutritionnels du Poulet de Chair 2024.....	07
Tableau 2 : Composition de l'aliment poulet de chair.....	29
Tableau 3 : Poids vifs des poulets témoins et supplémentés en probiotique.....	38
Tableau 4 : Gain de poids des poulets témoins et supplémentés en probiotique.....	40
Tableau 5 : Ingéré des poulets témoins et témoins et supplémentés en probiotique.....	42
Tableau 6 : Indice de conversion (IC) des poulets témoins et supplémentés en probiotique.....	44
Tableau 7 : Poids moyens du TD , Duodénum, Jéjunum, Iléon et Caeca des poulets témoins et supplémentés en probiotique.....	46
Tableau 8 : Les longueurs moyenne du TD , Duodénum, Jéjunum, Iléon et Caeca des poulets témoins et supplémentés en probiotique.....	48

Liste des Abréviations

% : pourcentage

°C : degré Celsius

AGCC : Acides Gras à Chaîne Courte

ANOVA : Analysis of Variance (Analyse de la variance)

AOAC : Association of Official Analytical Chemists

Cm : centimètre

CMV : Complément Minéral Vitaminique

DSV : Direction des Services Vétérinaires

FAO : Food and Agriculture Organization

g : gramme

IC : Indice de Conversion

IgA, IgG, IgM : Immunoglobulines de type A, G, M

ITELV : Institut Technique de l'Élevage

J0, J10, etc. : Jour 0, Jour 10 (repères chronologiques dans l'élevage)

kcal/kg : kilocalories par kilogramme

kg : kilogramme

L : litre

LAB : Lactic Acid Bacteria (bactéries lactiques)

m : mètre

ml : millilitre

NK : Natural Killer cells (cellules tueuses naturelles)

NSP : Non-Starch Polysaccharides (Polysaccharides Non Amylacés)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONAB : Organisation Nationale des Aliments du Bétail

SD : Standard Deviation (Déviation Standard)

SE : Standard Error (Erreur Standard)

UI : Unités Internationales (souvent pour les vitamines)

UI/kg : unités internationales par kilogramme

Introduction

Introduction

En Algérie, le secteur avicole, et plus spécifiquement la production de poulets de chair (*Gallus gallus domesticus*), représente une composante stratégique de la sécurité alimentaire nationale. Confrontée à une demande croissante en protéines animales, induite par la modification des habitudes alimentaires et une urbanisation rapide, la filière connaît une expansion continue (FAOSTAT, 2022). Cependant, sa viabilité est structurellement menacée par une contrainte économique majeure : le coût de l'alimentation, qui peut représenter jusqu'à 70-75 % des charges de production (Guesmi et al., 2022). Cette situation est exacerbée par une forte dépendance aux importations de matières premières, notamment le maïs et le tourteau de soja, rendant le secteur extrêmement vulnérable à la volatilité des marchés mondiaux, aux fluctuations monétaires et aux aléas géopolitiques (MADR, 2021).

Face à ce défi économique, l'exploration d'alternatives nutritionnelles locales, durables et économiquement viables est devenue une priorité pour la recherche et le développement. Parmi les stratégies émergentes, l'utilisation d'additifs fonctionnels, tels que les probiotiques, suscite un intérêt scientifique considérable. Définis par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'Organisation mondiale de la Santé (FAO/OMS, 2002) comme des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, confèrent un bénéfice pour la santé de l'hôte, les probiotiques sont reconnus pour leur capacité à améliorer la santé intestinale, optimiser l'efficacité alimentaire et renforcer la réponse immunitaire chez la volaille (Huyghebaert et al., 2011 ; Elshaghabe et al., 2017).

Parmi les souches probiotiques les plus documentées, la levure *Saccharomyces cerevisiae* se distingue par ses multiples propriétés bénéfiques. Riche en protéines, en vitamines du groupe B et en composés bioactifs, elle agit non seulement comme un modulateur du microbiote intestinal mais possède également une valeur nutritionnelle (Gao et al., 2008). De nombreuses études ont démontré son efficacité pour améliorer les performances de croissance, la digestibilité des nutriments et la résistance des volailles face aux stress environnementaux et sanitaires (Zhang et al., 2005 ; Stanley et al., 2016 ; Al-Sagan et al., 2020). Son intégration pourrait donc constituer une stratégie pertinente pour les élevages algériens, souvent confrontés à des conditions sub-optimales. C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude dont l'objectif est d'évaluer, dans les conditions d'élevage algériennes, les effets de l'incorporation de *Saccharomyces cerevisiae* dans la ration alimentaire sur les performances de croissance (poids vif, gain moyen quotidien), l'efficacité alimentaire (consommation et indice de conversion alimentaire) et le développement relatif des principaux organes du tractus digestif du poulet de chair.

Chapitre I : LA PRODUCTION DE POULET DE CHAIR EN ALGERIE

I. Introduction à l'aviculture en Algérie :

L'aviculture est l'un des secteurs agricoles les plus dynamiques en Algérie, jouant un rôle clé dans l'économie nationale et la sécurité alimentaire (**Benabdelaziz et al., 2018**). Au fil des dernières décennies, ce secteur a connu une évolution notable, passant d'une activité artisanale à une industrie moderne et bien organisée (**Moula et al., 2019**). Cette mutation s'inscrit dans le cadre des stratégies de développement rural et de diversification économique mises en œuvre par l'État algérien depuis les années 1980 (**Cherfaoui, 2020**).

Parmi les différentes branches de l'aviculture, l'élevage de poulets de chair occupe une place prépondérante. Il joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement en protéines animales destinées à la consommation locale (**Bouزيد et al., 2021**), en répondant à une demande croissante pour des viandes de qualité, accessibles et à des prix abordables (**Lamri et al., 2019**).

II. Historique et évolution de l'élevage de poulet de chair en Algérie

L'aviculture moderne en Algérie trouve ses origines dans les années 1970, période marquée par la mise en place des premières unités industrielles d'élevage de poulets de chair (**Berchiche et al., 2000**). D'abord concentrée autour des grandes agglomérations, cette activité s'est progressivement diffusée vers les régions intérieures du pays, portée par des politiques incitatives encourageant l'investissement privé (**Hadj Sadok, 2018**).

La décennie 1990 constitue un tournant majeur avec la libéralisation de l'économie, qui a stimulé l'émergence d'un secteur privé avicole dynamique (**Soltane et al., 2015**). Cette période a été marquée par l'introduction de technologies d'élevage avancées, l'amélioration des performances zootechniques et l'adoption de souches de poulets hautement productives, issues principalement d'Europe et des États-Unis (**Benabid et al., 2019**).

Au début des années 2000, le secteur a bénéficié du Plan National de Développement Agricole et Rural (PNDAR), favorisant à la fois l'augmentation des capacités de production et la modernisation des infrastructures (**Ministère de l'Agriculture, 2008**).

Cette dynamique s'est poursuivie à travers les différents programmes quinquennaux, qui ont renforcé le développement du secteur avicole, lui permettant d'atteindre une production annuelle supérieure à 450 000 tonnes (**FAO, 2021**).

III. Les races et souches utilisées

En Algérie, l'élevage de poulets de chair repose essentiellement sur l'utilisation de souches hybrides commerciales importées (**Moumen et al., 2016**). Les lignées les plus couramment utilisées proviennent de grands sélectionneurs internationaux tels que Cobb, Ross, Hubbard et Arbor Acres (**Bouaziz et al., 2018**). Ces souches sont appréciées pour leur croissance rapide, leur excellente conversion alimentaire et leur bonne adaptation aux systèmes d'élevage intensif (**Amellal, 2017**).

La souche Cobb 500 occupe une position dominante sur le marché algérien, représentant environ 45% des effectifs, suivie de Ross 308 (30 %) et d'Hubbard (20 %) (**Statistiques ITEL V, 2021**). Ces lignées se distinguent par des performances zootechniques élevées, atteignant en moyenne un poids vif de 2,2 kg à 42 jours, avec un indice de consommation compris entre 1,6 et 1,8 (**Benaissa et al., 2020**).

IV. Les systèmes d'élevage

En Algérie, l'élevage de poulets de chair est dominé par le système intensif au sol, qui représente plus de 95 % de la production nationale (**Rebai et al., 2018**). Ce mode d'élevage est généralement pratiqué dans des bâtiments fermés, où l'ambiance est régulée afin d'assurer des conditions optimales de croissance (**Cherif et al., 2019**). La densité d'élevage se situe le plus souvent entre 12 et 15 volailles par mètre carré, en fonction des normes en vigueur (**Benameur et al., 2021**).

Les structures utilisées sont majoritairement de type traditionnel, construites en parpaings et équipées de systèmes de ventilation, de chauffage, ainsi que de dispositifs modernes tels que des chaînes d'alimentation automatiques et des abreuvoirs à pipettes (**Hamdi et al., 2018**). Chaque cycle d'élevage dure en moyenne entre 42 et 45 jours, suivi d'une période de vide sanitaire de 10 à 15 jours avant l'introduction d'un nouveau lot (**Boudjemaa, 2019**).

V. Production nationale

Le secteur avicole algérien a enregistré une production annuelle nationale significative, estimée à plus de 253 000 tonnes de viandes blanches et environ 4,5 milliards d'œufs de consommation. Cette production couvrait, en 2011, plus de 50 % des besoins nationaux en produits d'origine animale (**MADR, 2012**) (**Figure 1**).

Production de viandes blanches (T)

Évolution 2000-2024

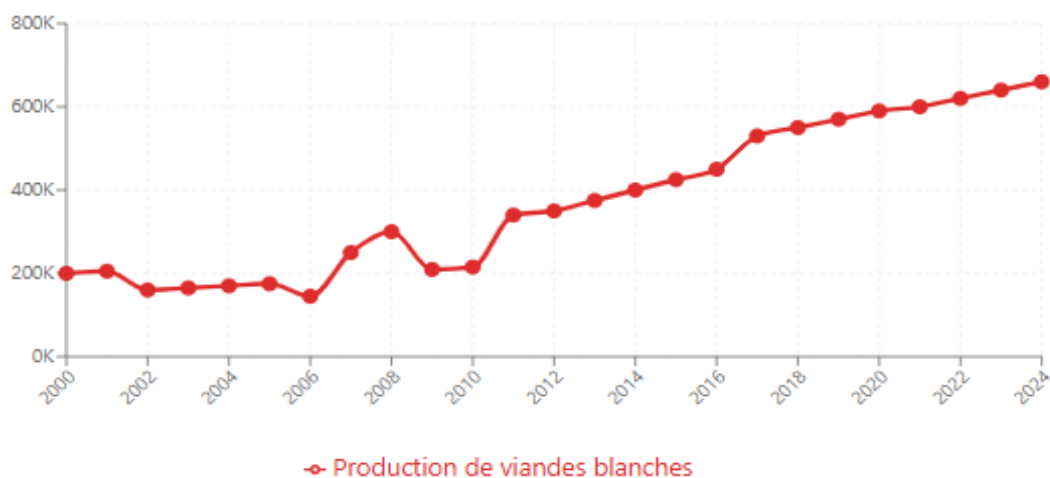


Figure 1 : Production de viande blanche en Algérie (2000-2024)

Sources et Notes :

2000-2011 : Ichiou (2012)

2009, 2017 : Ministre de l'Agriculture (Algerie-eco.com, 2018)

2021 : Basé sur données ONAB - 50 000 tonnes/mois (Ouest Tribune, 2021)

2024 : Estimation basée sur consommation 12 kg/hab/an (ECOTIMES, 2024)

Autres années : Estimations basées sur la tendance de croissance observée

La consommation de viandes blanches en Algérie reste relativement faible comparée à celle observée dans d'autres pays. En 2011, la consommation annuelle par habitant y était nettement inférieure à celle des Européens (23,7 kg), des Brésiliens (37 kg) ou encore des Américains (52,6 kg) (OFIVAL, 2011) (Figure 2).

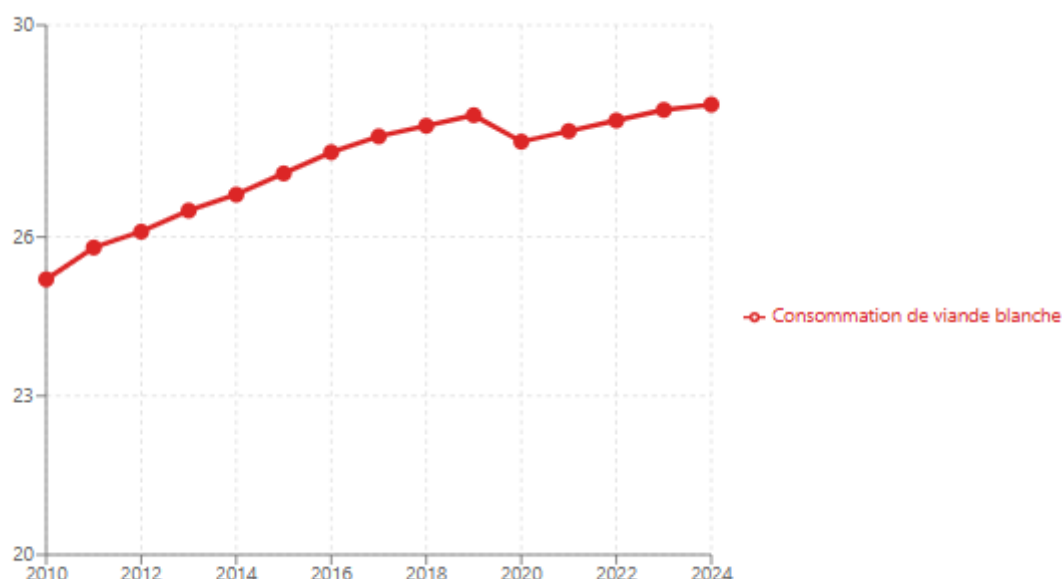


Figure 2 : Consommation de viande blanches (kg / habitant / an)

VI. Organisation de la filière

VI.1. Structure de la filière :

La filière avicole en Algérie se caractérise par une organisation structurée et hiérarchisée, englobant l'ensemble des étapes allant de la fourniture des intrants à la commercialisation des produits finis (**Saidani et al., 2019**).

Elle repose sur cinq segments principaux : l'approvisionnement en intrants (poussins, aliments, équipements), la production primaire (élevage), l'abattage, la transformation, ainsi que la distribution et la commercialisation (**Kebaili, 2018**).

Le segment amont est dominé par les importateurs d'intrants et les fabricants d'aliments pour volaille, principalement installés dans les régions du Centre et de l'Est du pays. Ces opérateurs occupent une position stratégique, car ils assurent l'approvisionnement du secteur tout en influençant sensiblement les coûts de production (**Sahraoui et al., 2020 ; Bouras et al., 2019**).

En ce qui concerne la production primaire, elle est assurée par près de 18 000 éleveurs répartis sur l'ensemble du territoire national, avec une forte concentration dans les wilayas de Sétif, Constantine, Alger et Oran (**Recensement agricole, 2021**). Ces éleveurs présentent une diversité de profils, allant du petit producteur familial à l'exploitation moderne intégrée (**Benabdellah et al., 2018**).

VI.2. Les acteurs principaux

En Algérie, la filière de l'élevage de poulet de chair repose sur un écosystème complexe réunissant plusieurs acteurs aux fonctions complémentaires (**Meziani et al., 2020**). Les couvoirs, au nombre d'environ cinquante, assurent la production de poussins d'un jour à partir de reproducteurs d'origine locale ou importée, couvrant ainsi près de 30 % de la demande nationale en poussins de chair (**ITELV, 2021 ; Statistiques DSV, 2022**).

Par ailleurs, la production d'aliments pour volailles est assurée par plus de 300 unités industrielles réparties à travers le pays, regroupées principalement au sein de l'Organisation Nationale des Aliments du Bétail (**ONAB**). La majorité de ces unités, de statut privé, affichent une capacité annuelle de production excédant les 4 millions de tonnes (**ONAB, 2022 ; MADR, 2021**).

Enfin, les abattoirs avicoles, ayant bénéficié de récents programmes d'investissement, abattent plus de 200 millions de têtes par an. Souvent rattachées à de grandes exploitations, ces structures tendent à se conformer aux normes sanitaires internationales (**Direction de la Production Animale, 2022 ; Boudierba et al., 2019**).

VII. Alimentation

VII.1. Ration Alimentaire

L'alimentation des volailles repose sur neuf éléments nutritionnels fondamentaux, chacun jouant un rôle spécifique pour garantir leur santé, leur croissance et leurs performances. L'énergie, principalement issue du maïs, du blé, du sorgho et des huiles végétales (**Figure 3**), constitue la base de la ration, en assurant les besoins liés à l'entretien, au développement et à la thermorégulation (**Leeson et Summers, 2001 ; Zanu et al., 2012**). Les protéines, quant à elles, sont essentielles à la croissance musculaire et au renouvellement cellulaire. Elles proviennent essentiellement du tourteau de soja, de la farine de poisson et de la luzerne (**NRC, 1994 ; Daghir, 2008**).

Les progrès en sélection génétique, associés à une meilleure maîtrise de l'alimentation, ont permis d'accélérer la croissance des poulets de chair. L'augmentation de la vitesse de croissance et du rendement musculaire est optimisée par une alimentation riche en énergie métabolisable et en acides aminés essentiels à la synthèse des protéines (**Sanchez et al., 2000**). Pour garantir de bonnes performances, l'aliment doit être distribué en quantité suffisante et présenter un équilibre adéquat en nutriments (**Huart, 2004**) (**Tableau 1**). Une formulation alimentaire mal adaptée peut compromettre la rentabilité de l'élevage (**Quentin et al., 2000**).

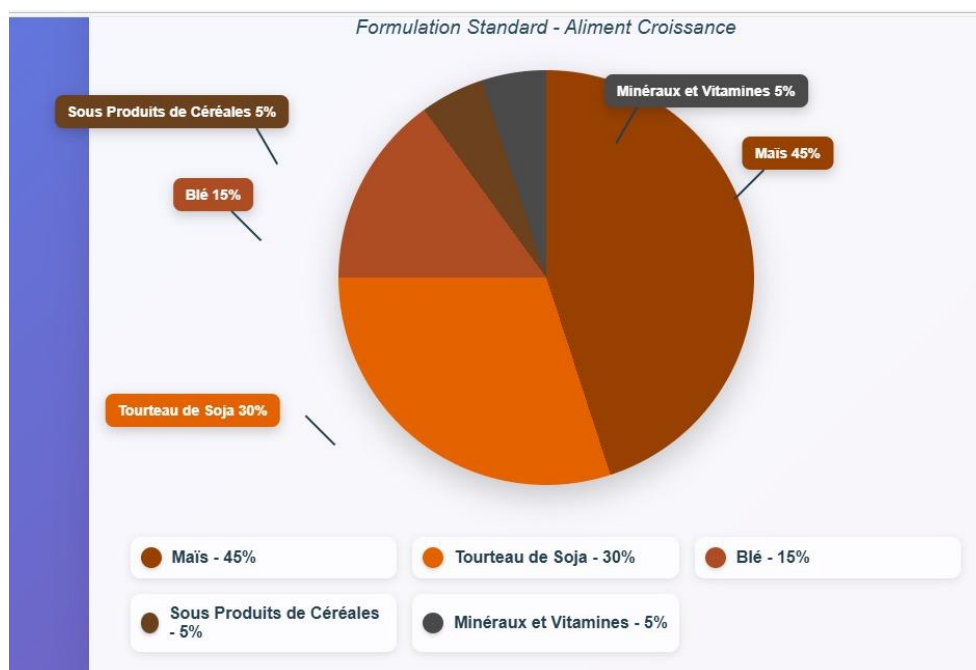


Figure 3 : Composition d'un aliment pour Poulet de Chaire

VII.2. Consommation d'eau et d'aliment

L'évolution de la consommation hydrique et alimentaire chez le poulet de chair (*Gallus gallus domesticus*) présente une dynamique complexe étroitement liée aux phases de développement physiologique et aux besoins métaboliques croissants. Les travaux de **Larbier et Leclercq** (1992) établissent que le ratio hydrique optimal se situe entre 1,6 et 2,0 ml d'eau par gramme d'aliment ingéré, paramètre confirmé par les données contemporaines **d'Indufarm (2022)** qui précisent une valeur moyenne de 1,8 ml/g. L'ontogénèse alimentaire révèle une progression exponentielle de l'ingestion quotidienne, évoluant de 10-15 g durant la phase néonatale (0-7 jours) jusqu'à 150-180 g en phase terminale d'engraissement (35-42 jours), selon les standards de performance Ross (2018). Cette cinétique s'accompagne d'une consommation hydrique proportionnelle, oscillant entre 20-30 ml/jour en début de cycle et 250-350 ml/jour en phase de finition (**Aviagen, 2014**). La thermorégulation constitue un facteur déterminant, avec une augmentation de 6-8% de la consommation hydrique par degré Celsius au-delà du seuil thermoneutralité de 21°C. L'efficacité alimentaire, mesurée par l'indice de consommation, s'optimise avec la maturation physiologique, transitant de 1,0-1,2 en phase de démarrage à 1,6-1,9 en finition (**Sauveur, 1988 ; ITAVI, 2019**), reflétant l'amélioration progressive de l'efficience métabolique et digestive au cours du développement post-éclosion.

Tableau 1 : Besoins nutritionnels du Poulet de Chair 2024 (Aviagen Ltd. 2024)

NUTRIMENTS	UNITÉ	DÉMARRAGE (0-21 jours)	CROISSANCE (22-35 jours)	FINITION (36-42 jours)
ÉNERGIE ET PROTÉINES				
Énergie Métabolisable	kcal/kg	3050	3150	3200
Protéines Brutes	%	21	19	17
ACIDES AMINÉS DIGESTIBLES				
Lysine	%	1,25	1,10	0,95
Méthionine + Cystéine	%	0,90	0,78	0,72
Thréonine	%	0,82	0,72	0,65
Tryptophane	%	0,21	0,19	0,17
MINÉRAUX PRINCIPAUX				
Calcium	%	0,95	0,85	0,80
Phosphore disponible	%	0,48	0,42	0,40
Sodium	%	0,18	0,16	0,15
VITAMINES ESSENTIELLES				
Vitamine A	UI/kg	12 000	10 000	8 000
Vitamine D3	UI/kg	4 000	3 500	3 000
Vitamine E	UI/kg	40	35	30
FORME ALIMENT	/	Miettes	Granulés	Granulés

CHAPITRE II : LES PROBIOTIQUES

I. Définition

Le terme "probiotique" provient des mots grecs "pros" et "bios", qui signifient "pour la vie", par opposition au terme "antibiotique" qui signifie "contre la vie" (**Andrieu, 1995**). Selon Parker (1974), les probiotiques désignent des micro-organismes vivants capables de contribuer à l'équilibre de la flore intestinale. **Fuller (1989)** a ensuite précisé cette définition en les considérant comme des suppléments alimentaires microbiens vivants ayant un effet bénéfique sur l'animal hôte par l'amélioration de l'équilibre microbien intestinal. Plus tard, en 1991, ce même auteur (Fuller) a redéfini les probiotiques comme des préparations microbiennes vivantes, utilisées comme additifs alimentaires, ayant un effet bénéfique sur l'animal hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale (**Casas et Dobrogosz, 2000**).

Plus tard encore, en 2001, l'Organisation mondiale de la Santé (**OMS**) et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO**) ont adopté une définition officielle des probiotiques : ce sont des "micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, exercent des effets positifs sur la santé, au-delà des effets nutritionnels de base.

L'histoire des probiotiques montre que cette définition pourrait encore évoluer, car de nombreuses recherches restent à mener pour mieux comprendre leurs effets, notamment en ce qui concerne leur rôle dans la régulation et l'interaction avec la flore intestinale, leur impact sur la diversité entre individus et espèces, ainsi que sur les facteurs qui influencent leur établissement et leur maintien (**Chafai, 2006 ; Sanders, 2000; Smith et al., 2020**).

II. Classification des Probiotiques

Les probiotiques utilisés en production avicole appartiennent majoritairement aux groupes des bactéries Gram-positives productrices d'acide lactique et à des levures. Il existe plusieurs critères de classification des probiotiques :

II.1. Classification Biologique

Cette classification repose sur les caractéristiques biologiques des micro-organismes probiotiques. La classification d'un micro-organisme comprend le genre, l'espèce et parfois une sous-espèce. L'identité de la souche est très importante, car les propriétés d'un probiotique sont liées à la souche et non par à l'espèce ou le genre.

a- Bactéries Lactiques

Les bactéries lactiques (LAB) sont un groupe de bactéries non pathogènes, non toxigènes, Gram positives, qui fermentent les sucres en acide lactique. Elles sont largement utilisées comme probiotiques et incluent des genres tels que:

- *Lactobacillus* qui comprend de nombreuses espèces comme *Lactobacillus rhamnosus* et *Lactobacillus acidophilus*. Les lactobacilles se trouvent notamment dans les produits laitiers et les produits fermentés comme le yaourt et la choucroute.
- *Bifidobacterium* : Ces bactéries sont essentielles pour la digestion et le maintien d'une flore intestinale saine. Le genre *Bifidobacterium* n'est pas associé à la fermentation alimentaire et est, sur le plan taxonomique, distinct des autres bactéries lactiques.
- *Streptococcus* : Utilisées dans la fermentation des produits laitiers, certaines souches comme *Streptococcus thermophilus* sont utilisées comme probiotiques pour faciliter la digestion du lait chez les personnes intolérantes au lactose.

b. Bactéries Non Lactiques

Les bactéries non lactiques incluent d'autres types de bactéries qui peuvent également avoir des effets probiotiques.

- *Enterococcus*: Par exemple, *Enterococcus faecium* est utilisé pour prévenir les infections intestinales.
- *Bacillus*: Certaines souches de *Bacillus*, comme *Bacillus coagulans*, sont également reconnues pour leurs propriétés probiotiques et leur capacité à former des spores résistantes.

c. Levures

Les levures constituent une autre catégorie de probiotiques, parmi lesquelles *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces boulardii* sont les espèces les plus couramment utilisées (**Kollath, 1953**). Ces levures contribuent à l'équilibre du microbiote intestinal et peuvent améliorer les fonctions digestives en favorisant la dégradation des nutriments et en limitant la prolifération de micro-organismes pathogènes.

II.2. Classification fonctionnelle

Les probiotiques sont classés en fonction de leurs effets spécifiques sur la santé de l'hôte.

II.2.1. Probiotiques à action digestive

Ils constituent une classe essentielle de microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, apportent des bénéfices significatifs à la santé digestive de l'hôte (**OMS, 2021**). Leur efficacité repose sur plusieurs mécanismes complémentaires. D'une part, ils produisent des enzymes digestives telles que la β -galactosidase, l' α -amylase, les lipases, les protéases et les peptidases, qui renforcent l'efficacité de la digestion des nutriments de 30 à 45 % (**Rodriguez et al., 2019 ; García et al., 2020**). D'autre part, ils améliorent l'absorption des nutriments par l'augmentation de la surface d'absorption villositaire, la stimulation des transporteurs membranaires et la régulation du transit intestinal (**Thompson et al., 2021**).

Cette catégorie de probiotiques participe également à la régulation du pH intestinal via la production d'acides organiques, créant un environnement favorable à la digestion tout en limitant la prolifération des pathogènes (**Kumar et al., 2022**).

Parmi ces probiotiques :

- *Lactobacillus acidophilus*, *L. rhamnosus* et *L. plantarum*, qui favorisent respectivement la digestion du lactose, le renforcement de la barrière intestinale et la production enzymatique (**Martinez et al., 2023**).
- *Bifidobacterium longum* qui optimise l'absorption des minéraux, *B. bifidum* synthétise des vitamines et facilite la dégradation des fibres alimentaires (**Chen et al., 2022**).
- Les levures comme *Saccharomyces boulardii* et *S. cerevisiae* interviennent dans la régulation du transit et la production enzymatique (**Wilson et al., 2021**). Ces probiotiques trouvent des applications cliniques dans la prévention et le traitement de troubles digestifs fréquents, notamment les diarrhées, la constipation et l'intolérance au lactose (**Wang et al., 2021**).

II.2.2. Probiotique à action sur la barrière intestinale

Ils contribuent au renforcement de la barrière intestinale en agissant sur plusieurs mécanismes clés. Ils améliorent la cohésion des cellules épithéliales en renforçant les jonctions serrées, limitant ainsi le passage des agents pathogènes et des toxines.

De plus, ils stimulent la production de mucus, qui joue un rôle protecteur en formant une couche physique favorisant l'adhésion des micro-organismes nuisibles à l'épithélium intestinal.

Leur action favorise également l'intégrité de l'épithélium en soutenant le renouvellement cellulaire et en particulier les dommages induits par l'inflammation ou le stress oxydatif.

Enfin, ils participent à la régulation de la perméabilité intestinale, maintenant un équilibre entre l'absorption des nutriments et la protection (**Rodriguez et al. 2023**)

II.2.3. Probiotiques à action immunitaires

a- Rôle dans l'immunité innée

Ils jouent un rôle essentiel dans la modulation du système immunitaire en activant divers mécanismes de défense. Ils stimulent l'activité des macrophages, des cellules immunitaires clés impliquées dans la phagocytose et l'élimination des agents pathogènes. Par ailleurs, ils favorisent la production de cytokines pro-inflammatoires, des molécules de signalisation qui orchestrent la réponse immunitaire en recrutant d'autres cellules immunitaires sur le site de l'infection.

En outre, ces probiotiques augmentent l'activité des cellules Natural Killer (NK), qui sont essentielles à la reconnaissance et à la destruction des cellules infectées ou anormales.

Enfin, ils participent à l'intensification de la réponse inflammatoire locale, favorisant ainsi une réaction rapide et efficace (**Hassan et al., 2021**).

b- Rôle dans l'immunité adaptative

Ils permettent la production d'immunoglobulines, notamment les IgA, IgG et IgM, qui jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des agents pathogènes et la protection des muqueuses (**Kim et al. 2022**).

De plus, ces probiotiques stimulent l'activation des lymphocytes T, des cellules clés dans la coordination de la réponse immunitaire, en favorisant leur prolifération et leur différenciation en sous-populations spécialisées. Par ailleurs, ils participent à la différenciation des lymphocytes B, qui sont responsables de la production d'anticorps, renforçant ainsi la réponse immunitaire humorale.

Enfin, leur action contribue à l'établissement et au maintien de la mémoire immunitaire, permettant à l'organisme de réagir plus rapidement et efficacement lors d'une exposition.

II.2.4. Probiotiques à action antimicrobiennes

Les probiotiques à action antimicrobienne sont des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantité suffisante, confèrent un bénéfice à la santé de l'hôte en inhibant la

croissance ou la colonisation d'agents pathogènes. Leur mécanisme d'action peut être direct, par la production de substances inhibitrices telles que les bactériocines, les acides organiques ou d'autres composés antimicrobiens, ou indirects, en renforçant la barrière intestinale et en modulant la réponse immunitaire. Cette double action contribue à maintenir l'équilibre du microbiote et à prévenir diverses infections (Hill et al., 2014).

➤ **Producteurs de Bactériocines**

Les probiotiques producteurs de bactériocines constituent une classe majeure des agents antimicrobiens naturels en aviculture. Les souches de *Lactobacillus salivarius*, notamment, produisent des bactériocines de classe II qui ciblent spécifiquement les pathogènes aviaires. Les recherches de O'Connor et al. (2020) ont démontré que la *salivaricine P*, produite par *L. salivarius*, inhibe efficacement la croissance de *Campylobacter jejuni* et *Salmonella enteritidis* dans l'intestin des volailles. Martinez et al. (2019) ont également mis en évidence que les entérocoques produites par *Enterococcus faecium* réduisent significativement la colonisation par *Clostridium perfringens*.

➤ **Producteurs d'Acides Organiques**

Les probiotiques producteurs d'acides organiques jouent un rôle crucial dans la modulation du pH intestinal et l'inhibition des pathogènes.

Les bactéries lactiques homo-fermentaires, comme *Lactobacillus acidophilus* et *Pediococcus acidilactici*, produisent principalement de l'acide lactique, tandis que les espèces hétéro-fermentaires comme *Lactobacillus reuteri* produisent un mélange d'acides lactique et acétique. Selon les études de Wang et al. (2021), ces acides organiques diminuent la croissance des entérobactéries pathogènes en abaissant le pH intestinal sous leur seuil de tolérance.

➤ **Producteurs de Peroxyde d'Hydrogène**

Certaines souches probiotiques, particulièrement *Lactobacillus johnsonii* et *Lactobacillus reuteri*, produisent du peroxyde d'hydrogène comme métabolite antimicrobien. Les recherches de Kumar et al. (2018) ont démontré que cette production de H₂O₂ crée un environnement oxydatif hostile pour les pathogènes anaérobies et contribue à la réduction des infections à *Clostridium* dans le tractus digestif des volailles.

➤ **Producteurs de Reutéline**

La reutérine, produite exclusivement par certaines souches de *Lactobacillus reuteri*, représente un composé antimicrobien unique. Les travaux de **Zhang et al. (2022)** ont montré que la reutérine possède un large spectre d'activité contre les pathogènes aviaires, notamment *Salmonella typhimurium* et *Escherichia coli* pathogène. Cette molécule agit en perturbant le métabolisme du glutathion des pathogènes.

➤ **Producteurs de Défenses**

Les probiotiques inducteurs de défensines stimulent la production de peptides antimicrobiens endogènes par l'hôte. Les recherches de **Rodriguez-Lopez et al. (2020)** ont démontré que *Bifidobacterium longum* et certaines souches de *Lactobacillus plantarum* induisent l'expression des β -défensines aviaires, renforçant ainsi la barrière antimicrobienne naturelle de l'intestin.

➤ **Producteurs de Composés Antifongiques**

Certains probiotiques produisent des composés spécifiquement antifongiques, particulièrement importants pour lutter contre les mycotoxines en aviculture. Les études de **Chen et al. (2019)** ont montré que *Propionibacterium freudenreichii* produit des acides gras à chaîne courte qui inhibent la croissance d'*Aspergillus* et de *Fusarium* dans l'alimentation des volailles.

II.3. Classification relative au mode d'administration

II.3.1. Administration dans l'aliment sec

L'administration des probiotiques via l'aliment sec repose sur plusieurs formes galéniques visant à garantir leur viabilité et leur efficacité tout au long de la chaîne digestive.

La forme la plus répandue est celle des poudres lyophilisées, notamment de *Lactobacillus* et *Bacillus*, qui conservent une viabilité supérieure à 90 % durant 12 mois lorsqu'elles sont correctement intégrées à l'aliment (**Chen et al., 2018**).

La microencapsulation, quant à elle, constitue une innovation majeure, permettant de protéger les souches contre l'acidité gastrique et d'en assurer une libération ciblée, avec une survie jusqu'à cinq fois supérieure aux formes non encapsulées (**Santos et al., 2019**).

Les spores probiotiques, comme celles des *Bacillus* formulées en granulés, résistent particulièrement bien aux températures élevées, jusqu'à 85 °C, rencontrées lors de la granulation des aliments (**Kumar et al., 2021**).

D'autres stratégies incluent l'incorporation dans des matrices stabilisantes (protéines hydrolysées ou oligosaccharides), qui améliorent de 40 % la survie des probiotiques pendant le stockage (**Martinez et al., 2020**).

Enfin, l'intégration des probiotiques dans les prémélanges vitaminiques constitue une méthode pratique pour assurer une distribution homogène, bien que cela nécessite une attention particulière aux potentielles interactions entre les composants du prémélange (**Wang et al., 2022**).

II.3.2. L'administration dans l'eau

L'administration de probiotiques via l'eau de boisson est une méthode couramment utilisée en aviculture en raison de sa simplicité, de son efficacité et de son potentiel pour assurer une répartition homogène des micro-organismes bénéfiques parmi les volailles (**Gaggia et al., 2010**). Cette méthode permet une absorption rapide des probiotiques et peut être facilement ajustée en fonction des besoins spécifiques des animaux. Cependant, plusieurs facteurs, tels que la qualité de l'eau, la stabilité des souches probiotiques et les interactions avec d'autres additifs, influencent leur efficacité. Une première approche consiste à administrer des probiotiques sous forme de solutions liquides prêtes à l'emploi, qui sont directement ajoutées à l'eau de boisson. Cette méthode est pratique, mais elle nécessite un stockage adéquat pour préserver la viabilité des micro-organismes (**Khan et al., 2016**). Une autre technique repose sur l'utilisation de probiotiques sous forme de poudres hydrosolubles. Ces formulations permettent un dosage précis et une meilleure conservation, mais elles doivent être bien dispersées pour éviter la sédimentation et assurer une distribution uniforme dans l'eau (**Roto et al., 2015**). L'efficacité des probiotiques administrés par l'eau de boisson dépend fortement de la stabilité des souches face aux conditions environnementales. Les bactéries lactiques, comme *Lactobacillus* et *Enterococcus*, sont souvent utilisées en raison de leur capacité à survivre dans l'eau pendant plusieurs heures (**Chen et al., 2017**). Certains facteurs, comme la température, le pH et la présence de désinfectants tels que le chlore, peuvent réduire leur viabilité (**Lebeer et al., 2011**). Pour surmonter ces défis, des techniques de micro-encapsulation ont été développées pour protéger les probiotiques contre les agressions extérieures et améliorer leur stabilité dans l'eau (**Chen et al., 2017**).

II.4. Classification selon l'origine

II.4.1. Probiotiques naturels

Dans le contexte avicole, les probiotiques naturels représentent une alternative biologique aux antibiotiques promoteurs de croissance, dont l'usage a été progressivement restreint dans de nombreux pays (Gadde et al., 2017). Les sources naturelles de probiotiques offrent plusieurs avantages par rapport aux préparations commerciales : accessibilité, coût réduit, adaptation aux conditions locales, et souvent, une diversité microbienne plus riche.

De plus, leur intégration s'inscrit parfaitement dans les systèmes d'élevage biologiques ou à faibles intrants (Dhama et al., 2015).

➤ Sources naturelles de probiotiques

- **Produits laitiers fermentés**

- **Yaourt**

Le yaourt contient principalement *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, à des concentrations allant de 10^7 à 10^9 UFC/g. L'administration de 20 ml/litre d'eau a significativement amélioré l'indice de consommation chez les poulets de chair (Panda et al., 2008).

- **Kéfir**

Ce produit fermenté constitue un écosystème complexe comprenant plus de 30 espèces, dont *Lactobacillus kefir*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis*, ainsi que diverses levures (*Saccharomyces*, *Kluyveromyces*). L'ajout de kéfir à 10 ml/litre d'eau a réduit la colonisation intestinale par *Salmonella* de 62 % chez des poulets infectés expérimentalement (Rosa et al., 2017).

- **Lactosérum fermenté**

Sous-produit de la fabrication fromagère, il est riche en *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei* et protéines sériques bioactives. Son incorporation à 5 % dans l'aliment a entraîné une amélioration de 7,2 % du gain de poids et une réduction de 3,8 % de la mortalité (Kermanshahi & Rostami, 2006).

II.4.2. Probiotiques industriels

Les probiotiques industriels sont des microorganismes vivants sélectionnés, caractérisés et produits à grande échelle pour être incorporés dans des aliments fonctionnels, des compléments

alimentaires ou des préparations pharmaceutiques, tels que *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pediococcus acidilactici*, *Saccharomyces cerevisiae*.

Ils peuvent être mono-espèce (une seule souche) ou multi-espèces (association de plusieurs souches).

Chapitre III : L'Impact des Probiotiques sur la Santé Intestinale, la Croissance et la Qualité de la Viande

I. IMPACT DES PROBIOTIQUES SUR LA SANTE INTESTINALE

I.1. Modulation de la microflore intestinale

I.1.1. Diversité microbienne et équilibre écologique intestinal

L'administration de probiotiques exerce une influence significative sur la composition et la diversité du microbiote intestinal chez le poulet de chair. Plusieurs études ont mis en évidence une augmentation de la richesse microbienne, en particulier au niveau du cæcum, à la suite de la supplémentation en souches probiotiques telles que *Lactobacillus spp.* **Pan et Yu (2014)** ont notamment rapporté une élévation de l'indice de diversité de Shannon-Weaver, traduisant une microflore plus variée et équilibrée.

En outre, l'introduction de probiotiques contribue à l'établissement d'un écosystème intestinal plus stable, capable de résister aux perturbations induites par divers facteurs de stress environnementaux ou nutritionnels (**Stanley et al., 2016**). Cette stabilité écologique se manifeste, entre autres, par une augmentation du ratio *Firmicutes/Bacteroidetes*, corrélé à une amélioration de l'efficacité de conversion alimentaire et à une meilleure intégrité de la barrière intestinale (**Wang et al., 2017**)

I.1.2. Stimulation des bactéries bénéfiques

L'enrichissement du microbiote intestinal en espèces commensales bénéfiques représente l'un des effets les plus remarquables de l'administration de probiotiques. En particulier, la supplémentation en *Bacillus subtilis* favorise l'implantation de bactéries telles que *Lactobacillus spp.* et *Bifidobacterium spp.* au niveau de l'iléon et du cæcum, contribuant ainsi à l'équilibre fonctionnel de l'écosystème digestif (**Torok et al., 2011**). Ces microorganismes exercent un rôle essentiel dans l'optimisation des processus digestifs, notamment par la production d'enzymes hydrolytiques et d'acides organiques (**Adhikari & Kim, 2017**).

Par ailleurs, l'utilisation de probiotiques multi-souches s'est avérée particulièrement efficace pour accroître les populations de *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.* et *Enterococcus spp.*, tout en préservant une diversité microbienne globale favorable à la résilience de l'écosystème intestinal (**Mountzouris et al., 2010**).

I.1.3. Effet inhibiteur sur les pathogènes intestinaux

Les probiotiques exercent également une action antagoniste à l'encontre des bactéries pathogènes, limitant ainsi leur colonisation et leur prolifération au sein du tractus digestif. L'administration de *Lactobacillus spp.* a permis de réduire significativement la charge en *Salmonella Enteritidis* dans le cæcum des poulets de chair (Higgins et al., 2008). De même, des formulations probiotiques contenant *Enterococcus faecium* ont montré une efficacité notable dans la diminution des populations de *Clostridium perfringens* dans l'intestin grêle, réduisant par conséquent l'incidence de l'entérite nécrotique (Lin et al., 2013).

Enfin, une réduction marquée de *Campylobacter jejuni*, agent pathogène zoonotique d'importance majeure, a été observée à la suite d'une supplémentation en *Bacillus subtilis* PB6, démontrant ainsi l'intérêt stratégique de certaines souches dans la biosécurité alimentaire (Jayaraman et al., 2013).

I.1.4. Amélioration du profil métabolique intestinal

Les altérations du microbiote intestinal induites par la supplémentation en probiotiques s'accompagnent de modifications notables du profil métabolique local. Chez les poulets de chair, ces changements se traduisent par une augmentation significative des concentrations d'acides gras à chaîne courte (AGCC), notamment l'acétate, le propionate et le butyrate, au niveau du cæcum (Dittoe et al., 2018). Ces métabolites, produits de la fermentation bactérienne des substrats non digestibles, exercent des effets bénéfiques multiples : amélioration de l'intégrité de la barrière intestinale, modulation de l'immunité locale et inhibition de pathogènes tels que *Salmonella spp.* et *Campylobacter spp.* (Meimandipour et al., 2010). Parallèlement, une réduction de la production d'ammoniac et d'amines biogènes, composés potentiellement toxiques pour l'hôte, a été observée chez les sujets supplémentés (Józefiak et al., 2013).

I.1.5. Résilience du microbiote face aux stress environnementaux

Les probiotiques contribuent également au renforcement de la résilience du microbiote intestinal en situation de stress environnemental. En cas de stress thermique, la supplémentation permet de préserver la stabilité de la composition microbienne, contrairement aux groupes témoins qui présentent des dysbioses significatives (Song et al., 2014). De même, les perturbations du microbiote liées au transport sont atténuées chez les animaux ayant reçu une supplémentation probiotique, préservant ainsi la diversité microbienne et la fonctionnalité métabolique du microbiote (Burkholder et al., 2008). En outre, certaines souches probiotiques ont démontré une capacité à

maintenir l'équilibre microbien en présence de mycotoxines alimentaires, limitant ainsi les effets délétères de ces contaminants sur la santé intestinale (**Wu et al., 2019**).

I.1.6. Interaction microbiote-hôte et santé intestinale

La modulation du microbiote par les probiotiques influence positivement les interactions dynamiques entre les micro-organismes intestinaux et les cellules de l'hôte. Plusieurs travaux ont mis en évidence une régulation positive de l'expression des gènes impliqués dans le renforcement de la barrière intestinale, notamment ceux codant pour les protéines des jonctions serrées (**Oakley et al., 2014**). En parallèle, une activation de la production de peptides antimicrobiens par les cellules épithéliales a été observée, renforçant ainsi les défenses immunitaires innées (**Baldwin et al., 2018**). De surcroît, une diminution des marqueurs de l'inflammation intestinale, couplée à une meilleure intégrité de la muqueuse, a été rapportée chez les poulets supplémentés (**Awad et al., 2016**).

I.1.7. Colonisation intestinale et persistance des effets

La capacité des souches probiotiques à coloniser durablement l'intestin est variable et dépend à la fois des caractéristiques propres aux souches et des modalités d'administration. Certaines espèces, telles que *Lactobacillus salivarius* et *Enterococcus faecium*, peuvent persister temporairement dans le tractus digestif après l'arrêt de la supplémentation (**Angelakis et Raoult, 2010**). Toutefois, même après leur élimination, des effets bénéfiques prolongés sont souvent observés, vraisemblablement grâce à des mécanismes indirects tels que l'exclusion compétitive, la modulation de l'environnement intestinal ou encore la stimulation du microbiote commensal (**Olnood et al., 2015**). Néanmoins, une méta-analyse récente souligne l'importance d'une administration continue pour maintenir ces effets à long terme (**Cengiz et al., 2015**).

I.1.8. Approches métagénomiques et avancées récentes

Les avancées en métagénomique ont considérablement enrichi notre compréhension des effets des probiotiques sur le microbiote intestinal aviaire. Le recours au séquençage à haut débit a permis d'identifier des modifications fines tant sur le plan taxonomique que fonctionnel des populations microbiennes suite à la supplémentation (**Rychlik, 2020**). Des analyses fonctionnelles du microbiome ont montré une augmentation des gènes associés au métabolisme des glucides et à la production d'AGCC chez les animaux recevant des probiotiques (**Borda-Molina et al., 2018**).

Par ailleurs, les approches métatranscriptomiques ont mis en évidence une régulation de l'expression de gènes microbiens liés à la dégradation des fibres et à la biosynthèse de métabolites à effet bénéfique pour l'hôte (Shang et al., 2018).

I.2. Inhibition des Bactéries Pathogènes Intestinales

I.2.1. Mécanismes d'exclusion compétitive

Les probiotiques exercent une inhibition efficace contre les pathogènes intestinaux chez les poulets de chair via plusieurs mécanismes d'exclusion compétitive. Les bactéries probiotiques entrent en compétition directe avec les pathogènes pour les sites d'adhésion à la muqueuse intestinale, empêchant ainsi leur colonisation (**Callaway et al. 2008**). Les souches de *Lactobacillus salivarius* et *L. plantarum* réduisent significativement l'adhésion de *Salmonella Enteritidis* aux cellules épithéliales intestinales in vitro (**Pascual et al. 2012**). Cette compétition s'étend également aux nutriments essentiels, les probiotiques limitent la disponibilité du fer pour des pathogènes comme *Clostridium perfringens*, inhibant ainsi leur croissance dans l'environnement intestinal (**Kizerwetter-Świda et Binek 2016**).

I.2.2. Production de substances antimicrobiennes

La production de substances antimicrobiennes représente un mécanisme majeur par lequel les probiotiques inhibent les pathogènes intestinaux. Les recherches de (**Messaoudi et al. 2013**) ont révélé que certaines souches de *Lactobacillus* produisent des bactériocines qui inhibent spécifiquement la croissance de *Salmonella* et d'*E. coli* pathogène. De même, (**Park et al. 2016**) ont démontré que *Bacillus subtilis* sécrète des peptides antimicrobiens actifs contre *Clostridium perfringens*, réduisant significativement les comptages de ce pathogène dans le caecum des poulets challengés. La production d'acides organiques (lactique, acétique) par les probiotiques diminue le pH intestinal, créant un environnement hostile pour des pathogènes comme *Campylobacter jejuni* et *Salmonella Typhimurium*, sensibles aux conditions acides (**Lin et al. 2013**).

I.2.3. Effets contre *Salmonella* spp.

Les probiotiques démontrent une efficacité remarquable contre les différentes espèces de *Salmonella* colonisant l'intestin des poulets. **Higgins et al. (2011)** ont rapporté que l'administration de cultures définies de *Lactobacillus* réduit la colonisation caecale par *Salmonella Enteritidis* de plus de 60% chez les poulets challengés. Les probiotiques multi-souches administrés dans l'eau de boisson réduisent la prévalence de *Salmonella Heidelberg* dans le caecum et les organes internes des poulets de chair (**Carter et al. 2017**). **Menconi et al. (2011)** ont démontré que des probiotiques

à base de *Lactobacillus* spp. administrés in ovo ou immédiatement après l'éclosion confèrent une protection précoce contre la colonisation par *Salmonella* Typhimurium. Les probiotiques réduisent l'expression des gènes de virulence de *Salmonella*, diminuant ainsi sa capacité d'invasion des cellules épithéliales intestinales (**Juricova et al. 2013**) .

I.2.4. Action contre *Clostridium perfringens* et entérite nécrotique

Les probiotiques constituent une stratégie efficace contre *Clostridium perfringens*, agent causal de l'entérite nécrotique chez les poulets de chair. *Bacillus subtilis* réduit significativement les lésions intestinales et la mortalité associées à l'entérite nécrotique dans un modèle de challenge (**Jayaraman et al. 2013**).

La supplémentation en *Lactobacillus acidophilus* diminue les populations de *C. perfringens* dans l'iléon et le caecum, tout en améliorant les performances de croissance des poulets challengés (**Lee et al. 2010**) . De manière intéressante, les travaux de **M'Sadeq et al. (2015)** ont révélé que les probiotiques inhibent la production d'alpha-toxine par *C. perfringens*, réduisant ainsi sa pathogénicité. Les probiotiques modifient également l'environnement intestinal, notamment en stimulant la production de mucines protectrices qui limitent l'adhésion et la colonisation de *C. perfringens* à la muqueuse intestinale (**Tactacan et al. 2013**).

I.2.5. Inhibition de *Campylobacter jejuni*

Les probiotiques exercent une action inhibitrice significative contre *Campylobacter jejuni*, un pathogène zoonotique majeur. Selon **Willis et Reid, (2008)**, l'administration d'un mélange de *Lactobacillus* réduit la colonisation caecale par *C. jejuni* d'environ 2 log₁₀ UFC/g chez les poulets de chair. **Ghareeb et al. (2012)** ont démontré que la supplémentation en probiotiques multi-souches réduit la transmission horizontale de *C. jejuni* au sein des troupeaux de poulets. **Neal-McKinney et al. (2012)** ont mis en évidence que des souches de *Lactobacillus* inhibent l'adhésion et l'invasion des cellules épithéliales par *C. jejuni* via la compétition pour les récepteurs cellulaires. Les souches probiotiques produisant des bactériocines spécifiquement actives contre *C. jejuni*, offrant ainsi des perspectives pour le développement de stratégies ciblées de biocontrôle (**Arsi et al. 2015**) .

I.2.6. Protection contre *Escherichia coli* pathogène

Les probiotiques offrent une protection efficace contre les souches d'*Escherichia coli* pathogènes chez les poulets de chair. L'administration orale de *Lactobacillus johnsonii* réduit significativement la colonisation intestinale par *E. coli* O78, un sérotype associé à la colibacillose aviaire (**Ragione et al. 2004**). De même, **Dalloul et al. (2003)** ont observé que les probiotiques

diminuent l'adhésion des *E. coli* entérotoxigènes aux entérocytes, limitant ainsi leur pathogénicité. Les probiotiques modulent l'expression des récepteurs TLR4 impliqués dans la reconnaissance d'*E. coli*, améliorant ainsi la réponse immunitaire innée contre ce pathogène (**Jin et al. 2008**). Un mécanisme original par lequel certaines souches probiotiques produisent de l'acétate, qui renforce la fonction de barrière épithéliale et protège contre les dommages induits par *E. coli* (**Fukuda et al. 2011**).

I.2.7. Effets sur les pathogènes opportunistes et émergents

Les probiotiques démontrent également une efficacité contre divers pathogènes opportunistes et émergents dans l'intestin des poulets. Selon les travaux de **Stringfellow et al. (2011)**, la supplémentation en probiotiques réduit les populations intestinales de *Staphylococcus aureus*, un contaminant potentiel des carcasses de volaille. **Brisbin et al. (2011)** ont observé que les lactobacilles probiotiques inhibent la colonisation par *Listeria monocytogenes* dans le caecum des poulets. Concernant les pathogènes émergents, certaines souches probiotiques réduisent la colonisation par *Arcobacter butzleri*, un agent zoonotique émergent apparenté à *Campylobacter* (**Line et al. 2008**). Les probiotiques limitent la translocation intestinale de *Mycoplasma gallisepticum*, contribuant à réduire l'impact de l'infection systémique chez les poulets (**Sterzo et al. 2007**) .

II. IMPACT DES PROBIOTIQUES SUR LA CROISSANCE ET LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Une méta-analyse portant sur 35 études menées au Brésil entre 1995 et 2005 suggère que les probiotiques pourraient constituer une alternative prometteuse aux antibiotiques utilisés comme additifs dans l'alimentation des volailles (**Faria Filho et al., 2006, Yang et al., 2009**). Toutefois, l'effet des probiotiques sur les performances de croissance dépend de plusieurs facteurs : la nature spécifique des souches probiotiques utilisées, le dosage (concentration, durée d'administration), l'âge des animaux, ainsi que le mode d'incorporation (par l'eau de boisson ou par l'aliment).

Par ailleurs, l'efficacité des probiotiques peut être influencée par des éléments environnementaux et nutritionnels, tels que les conditions sanitaires de l'élevage (**Edens, 2003, Yang et al., 2009**), ce qui peut expliquer la variabilité des résultats observés dans différentes études. Les micro-organismes probiotiques ont également la capacité d'améliorer la valeur nutritionnelle de l'aliment, notamment en réduisant la présence de toxines comme les mycotoxines (**Trufanov et al., 2008 ; Niderkorn et al., 2009**). Ils jouent un rôle favorable sur l'indice de conversion alimentaire, ce qui se traduit par une meilleure efficacité de transformation de l'aliment.

Cette amélioration est souvent corrélée à une augmentation significative de la taille et du volume des villosités intestinales, ce qui favorise une digestion plus efficace (Awad et al., 2009, cité par Temim et al., 2009).

Selon Al-Masud et al. (2016), l'utilisation combinée de probiotiques et d'acides organiques s'avère plus bénéfique que leur utilisation séparée, en améliorant des paramètres tels que le poids vif, l'indice de conversion et la rentabilité globale de l'élevage. Une étude réalisée par Idoui et al. (2009) sur des poulets de chair de souche ISA15 a montré des performances de croissance significativement supérieures ($p < 0,05$) chez les sujets supplémentés en probiotiques. L'analyse microbiologique a également révélé une bonne implantation de *Lactobacillus plantarum* dans le tube digestif des animaux, avec des interactions positives sur la flore endogène. Les différences entre les lots étaient hautement significatives ($p < 0,01$), indiquant une meilleure valorisation de l'aliment et une réduction du coût de production.

Marta et al., (2009) rapportent que les probiotiques améliorent le poids vifs, rendement final et l'indice de consommation alimentaire. De nombreuses études ont été menées pour évaluer l'impact de l'utilisation de différents probiotiques tels que *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* et *Saccharomyces cerevisiae* — sur les performances zootechniques des volailles.

Une supplémentation de l'alimentation avec un mélange de *Bacillus licheniformis* et de spores de *Bacillus subtilis* à hauteur de 0,05 % (soit $2,3 \times 10^8$ UFC/g pour chaque souche) a permis une amélioration significative du taux de conversion alimentaire par rapport au groupe témoin (Midilli et al., 2008). De même, l'administration de *Bacillus coagulans* a significativement optimisé le gain de poids quotidien et total, ainsi que l'indice de consommation, en comparaison avec un groupe non supplémenté (Kral et al., 2012 ; Hume, 2011 ; Huyghebaert et al., 2011 ; Francesca et al., 2010).

Chez des oiseaux infectés par *Clostridium perfringens*, une supplémentation en *Bacillus subtilis* à raison de 10^6 UFC/g d'aliment a significativement amélioré ($p < 0,001$) le gain de poids et la conversion alimentaire à J42, comparativement aux témoins infectés non supplémentés (Bortoluzzi et al., 2019). Par ailleurs, l'ajout de *B. subtilis* à raison de 10^5 UFC/kg d'aliment a entraîné une augmentation de 4,4 % du poids vif, par rapport à un groupe recevant de l'enramycine comme promoteur de croissance (Mehdi et al., 2018).

L'administration d'un probiotique de type DFM (*Direct-Fed Microbial*) à base de *Bacillus amyloliquefaciens* à raison de 20 g/kg d'aliment pendant 35 jours a aussi montré une amélioration

significative des performances de production chez le poulet de chair (**Ahmed et al., 2014**). De plus, une supplémentation en *B. licheniformis* a permis d'augmenter le gain de poids corporel, d'améliorer et le facteur d'efficacité de production par rapport à *B. subtilis* ($p < 0,05$) (**Zaghari et al., 2020**). De manière similaire, l'incorporation d'un mélange de *Lactobacillus* et de *Saccharomyces cerevisiae* à hauteur de 0,2 % a entraîné une amélioration globale des performances de croissance (**Bai et al., 2013**).

Cependant, tous les probiotiques ne présentent pas les mêmes effets. Par exemple, l'utilisation de *Butyricicoccus pullicaecorum* n'a montré aucun effet significatif sur le poids des femelles, tout en réduisant celui des mâles ($p < 0,05$). Toutefois, chez les femelles, le FCR était significativement plus faible pendant les phases de croissance et de finition par rapport au groupe témoin (**Eeckhaut et al., 2016**).

III. IMPACT DES PROBIOTIQUES SUR LA QUALITE DE LA VIANDE

III.1. Influence sur les Caractéristiques Organoleptiques

Les probiotiques influencent positivement plusieurs paramètres sensoriels et technologiques de la viande de poulet de chair.

La tendreté de la viande est significativement améliorée chez les animaux supplémentés, avec une réduction moyenne de 18 % de la force de cisaillement, indiquant une texture plus tendre. Cette amélioration est attribuée à une meilleure régulation du pH post-mortem et à une intensification de l'activité protéolytique musculaire (**Zheng et al., 2018**).

La capacité de rétention d'eau est également renforcée. **Kalavathy et al. (2017)** ont rapporté une augmentation de 12 à 15 % de cette capacité dans la viande de poulets ayant reçu des probiotiques. Cette propriété se traduit par une meilleure jutosité et une texture plus agréable, et constitue un avantage notable lors des étapes de transformation et de cuisson.

Concernant le profil aromatique, des panels sensoriels ont identifié des arômes plus complexes et agréables dans la viande issue d'animaux supplémentés, avec une diminution des notes indésirables liées à l'oxydation lipidique. **Chen et al. (2020)** ont notamment établi une corrélation entre l'administration de *Bacillus subtilis* et l'amélioration du profil sensoriel global de la viande.

III.2. Modification du profil nutritionnel de la viande

Les probiotiques modifient de manière significative la composition nutritionnelle de la viande de poulet de chair, avec des effets bénéfiques sur le profil lipidique, les micronutriments et la qualité antioxydante.

Une réduction des acides gras saturés a été observée par **Zhou et al. (2016)**, qui rapportent une diminution de 23 % de ces composés dans la viande de poulets supplémentés en *Bacillus coagulans*. Cette amélioration du profil lipidique serait liée à une régulation négative de l'expression des gènes impliqués dans la lipogenèse hépatique.

L'enrichissement en acides gras polyinsaturés, en particulier en oméga-3, a été documenté par **Yang et al. (2018)**, qui ont constaté une augmentation de 27 % des acides gras oméga-3 et une amélioration du ratio oméga-6/oméga-3, passant de 15:1 à 8:1, chez les poulets ayant reçu *Clostridium butyricum*. Ces effets sont attribués à une fermentation intestinale accrue, générant des acides gras à chaîne courte capables de moduler le métabolisme lipidique de l'hôte.

Concernant la teneur en vitamines et antioxydants, **Kim et al. (2016)** ont rapporté des concentrations significativement plus élevées en vitamine E (+32 %) et en sélénium (+18 %) dans la viande des poulets supplémentés en probiotiques multi-souches. Cette amélioration contribue à la fois à la valeur nutritionnelle de la viande et à sa stabilité oxydative.

III.3. Effets indirects via les performances zootechniques

L'amélioration des performances zootechniques induite par l'utilisation de probiotiques se traduit indirectement par une meilleure qualité de la viande, en agissant sur le métabolisme, la morphologie intestinale et le stress oxydatif.

Le développement musculaire est optimisé par une utilisation plus efficace des nutriments. **Wang et al. (2017)** ont rapporté une augmentation de 8 à 12 % de l'efficacité d'utilisation des protéines alimentaires chez les poulets supplémentés en probiotiques, favorisant un développement musculaire harmonieux et une composition tissulaire améliorée. Les analyses histologiques ont révélé une densité accrue des fibres musculaires ainsi qu'une répartition plus homogène du collagène intramusculaire, indicateurs d'une meilleure qualité technologique de la viande.

L'amélioration de la morphologie intestinale constitue un autre levier important. **Gadde et al. (2017)** ont observé une augmentation significative de la hauteur des villosités intestinales (+32 %) et une réduction de la profondeur des cryptes (-18 %) chez les poulets supplémentés. Ces

modifications histo-anatomiques optimisent l'absorption des nutriments essentiels, et leur corrélation avec une amélioration des performances de croissance et de la qualité de la viande a été clairement établie.

Enfin, la modulation du stress oxydatif contribue à la préservation des qualités organoleptiques de la viande. **Fouad et El-Senousey (2019)** ont mis en évidence une diminution de 35 % des concentrations de malondialdéhyde, marqueur de la peroxydation lipidique, dans les tissus musculaires des animaux supplémentés. Cette réduction du stress oxydatif permet de stabiliser les lipides membranaires et d'améliorer la conservation et la qualité sensorielle de la viande.

IV. DOSE ET DUREE D'ADMINISTRATION

Les effets probiotiques sont généralement dose-dépendants, avec une concentration optimale se situant entre 10^6 et 10^8 UFC/g d'aliment pour obtenir un impact mesurable sur la santé intestinale (**Gadde et al., 2017**).

IV.1. Moment de l'introduction

L'administration précoce, idéalement dès l'éclosion, favorise une implantation durable des souches bénéfiques et prévient la colonisation par des bactéries indésirables (**Jha et al., 2020**).

IV.2. Conditions d'élevage

Les paramètres zootechniques tels que la densité de peuplement, la qualité de la litière et la ventilation influencent fortement la réponse aux probiotiques. Des conditions de stress peuvent limiter leur efficacité, tandis qu'un environnement stable en optimise l'action (**Santos et al., 2019**).

Partie expérimentale

I. Objectif

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'incorporation alimentaire d'un probiotique à base de levure, *Saccharomyces cerevisiae* (**Levucell SB®**), sur les performances zootechniques, le poids intestinal et la morphométrie intestinale des poulets de chair élevés en cages.

II. Matériels et methode

II.1. Lieu, durée et période de l'essai

Cet essai a été réalisé à la ferme pédagogique de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Oued Smar, Alger et s'est déroulé du 17 mars au 26 mai 2025, soit une durée de 40 jours.

II.2. Animaux

A la mise en place, **70 poussins mâles d'un jour**, de lignée commerciale Hubbard, issus d'un même couvoir, ont été pesés, triés et répartis-en **2 groupes de poids vifs homogènes de $37,73 \text{ g} \pm 0,71$** . Chaque groupe comptait 35 sujets, répartis aléatoirement sur 5 cages à raison de 7 sujets par cage. (**Figure 4**). Chaque sujet a été identifié individuellement au niveau de la tête, à l'aide d'un marquage de couleur, dans chaque cage.



Figure 4 : Répartition et mise en des poussins (photo personnelle)

Au cours des premières 48 heures, les sujets morts ont été pesés et remplacés par des sujets de même poids.

À l'âge de 33 jours, le nombre de poulets par cage a été réduit à 4 sujets afin de maintenir une densité d'élevage conforme aux standards recommandés pour l'élevage en cage.

Les deux groupes expérimentaux sont définis comme suite :

- Un groupe « **Témoin** » nourri avec un aliment classique ad libitum adapté à l'âge.
- Un groupe « **Probiotique** » recevant un aliment avec un taux d'intégration des probiotique à base de *Saccharomyces cerevisiae* de 0,01% (**Figure 5**).

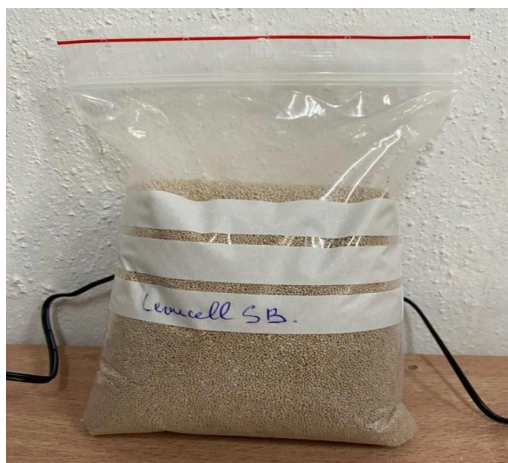


Figure 5 : Probiotique à base de *Saccharomyces cerevisiae* (photo personnelle)

II.3. Aliment

Trois types d'aliments adaptés aux 3 phases d'élevage ont été formulés à la ferme pédagogique de l'ENSV (**Figure 6**) et distribués à chaque groupe expérimental :

- Un aliment « Démarrage » distribué entre J1 et J10.
- Un aliment « Croissance » distribué entre J11 et J30.
- Un aliment « Finition » distribué entre J31 et J40.



Figure 6 : La ferme pédagogique de l'ENSV (photo personnelle)

La composition et les caractéristiques de chaque aliment sont présentées dans le **Tableau 2**. Durant tout l'essai, les aliments ont été fournis *ad libitum*.

Tableau 2 : Composition de l'aliment poulet de chair

Matières Premières %	Démarrage		Croissance		Finition	
	Témoin	Probiotique	Témoin	Probiotique	Témoin	Probiotique
MAIS	60,34	59,93	58,15	55,94	66,40	65,84
SOJA 48%	31	31	35	34,5	25	24,70
SON FIN Blé	4	8	2,5	6	4	6
HUILE de Soja	1,5	1	0,9	0,3	2	0,9
CMV CHAIR D/C 1.2%	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
CARBONATE de Ca	1,3	1,25	1,4	1,4	0,9	0,85
PHOSPHATE monocal.	0,65	0,6	0,8	0,8	0,5	0,5
DL METHIONINE 99%	0,01	0,01	0,04	0,04	/	/
L LYSINE	0	0	0,01	0,01	0	0
LEVUCCELL SB	0	0,01	0	0,01	0	0,01

II.4. Bâtiment d'élevage

Le bâtiment d'élevage présente une superficie de 31,02 m² pour une hauteur de 3,5 m. Il est équipé d'une toiture métallique, d'un plafond recouvert de panneaux sandwich et d'un sol en ciment. Le bâtiment est doté d'une fenêtre, d'un système d'extraction de l'air et d'un humidificateur.

Il est également équipé de deux batteries. Chaque batterie se compose de trois étages, chacun comportant quatre cages, soit un total de 24 cages par batterie (**Figure 7**). Les deux batteries sont équipées d'un système d'abreuvement automatique (par pipettes), d'une mangeoire mobile et d'un plateau de récupération des fientes par cage.



Figure 7 : Bâtiment et Batteries d'élevage (photo personnelle)

II.5. Equipement d'élevage

II.5.1. Matériels d'alimentation

Durant tout l'essai, des mangeoires adaptées à l'âge des poulets ont été utilisées :

- Des assiettes circulaires en plastique, du 1^{er} au 10^{ème} jour d'âge.
- Des mangeoires linéaires intégrées aux batteries, du 10^{ème} au 42^{ème} jour d'âge.

II.5.2. Matériels d'abreuvement

Du premier au dixième jour d'âge, un abreuvoir siphon en plastique (**Figure 8**) a été utilisé dans chaque cage, simultanément avec le système d'abreuvement automatique.

À partir du 11^{ème} jour, les abreuvoirs siphons ont été retirés.



Figure 8 : Abreuvoir Siphöide

II.5.3. Matériel de chauffage et d'éclairage

Le chauffage a été assuré par quatre radiateurs électriques, répartis uniformément dans le bâtiment d'élevage, afin de maintenir une température ambiante optimale pour les poussins.

Avant la mise en place des animaux, le bâtiment a été préchauffé à 34 °C. Par la suite, la température a été progressivement diminuée, pour atteindre 30 °C à la fin de la deuxième semaine d'élevage.

L'éclairage fonctionnait de manière continue, 24 heures sur 24, pendant toute la durée de l'élevage. Il était assuré par deux tubes néon installés au plafond du bâtiment.

II.5.4. Condition d'ambiance

Le suivi des variations de la température ambiante et de l'humidité relative du bâtiment d'élevage a été assuré à l'aide de sept thermo-hygromètres, installés à une hauteur moyenne de 1,5 mètre, et répartis en différents points stratégiques du bâtiment.



Figure 9 : Mangeoires (photo personnelle)

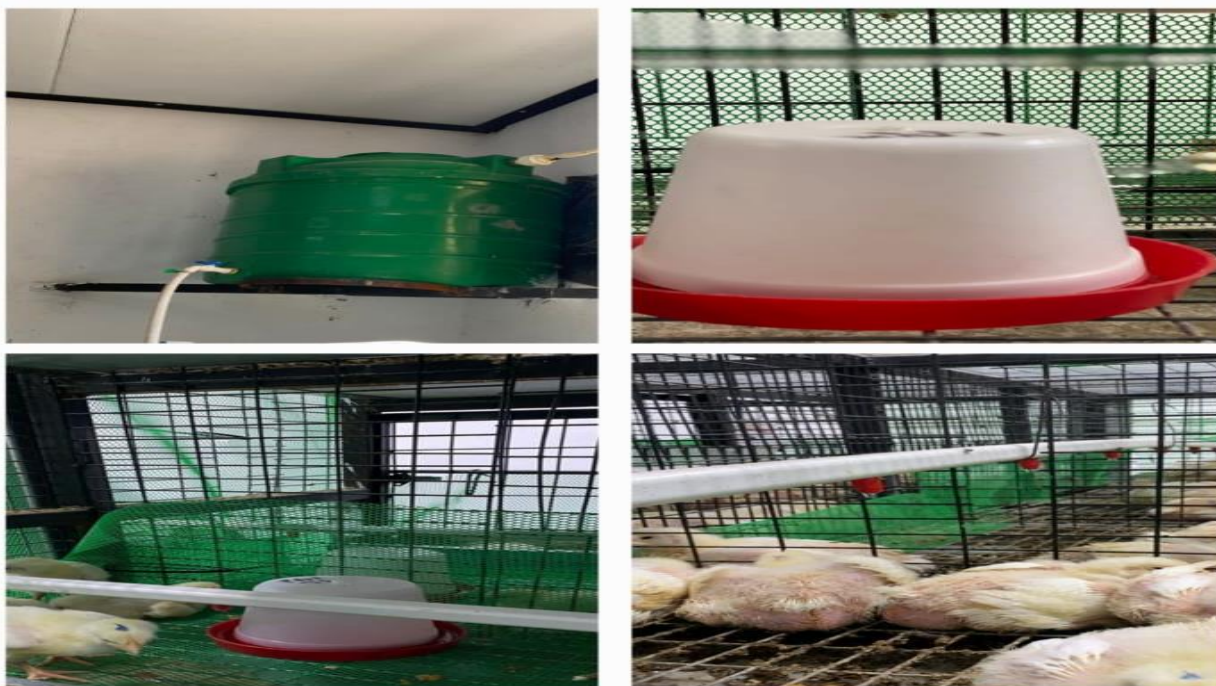


Figure 10 : Système d'abreuvement (photo personnelle)



Figure 11 : Extracteur (photo personnelle)

II.6. Matériels pour de la formulation des aliments expérimentaux

La préparation de l'aliment de cette expérimentation a été réalisée localement, au sein de la ferme pédagogique de l'École.

Deux mélangeurs d'une capacité respective de **50 kg** et **100 kg** ont été utilisés pour effectuer le **pré-mélange** et le **mélange final** des matières premières (Figure 12).



Figure 12 : Mélangeurs de capacité de 50 et 100 Kg (photo personnelle)

Divers équipements ont été utilisés pour assurer une formulation précise :

- **Des récipients de différentes capacités** pour la pesée et le transfert des ingrédients ;
- **Des béciers et des éprouvettes graduées** pour le dosage de l'huile ;
- **Des balances de précision, de 6 kg et 30 kg**, pour la pesée des matières premières et des additifs.



Figure 13 : Préparation et formulation de l'aliment (photo personnelle)

II.7. Programme sanitaire d'élevage

Un pédiluve a été installé à l'entrée du bâtiment d'élevage, et le port de surbottes et de blouses était obligatoire lors de la mise en place des animaux, afin de limiter le risque d'introduction d'agents pathogènes.

Par ailleurs, un **nettoyage quotidien des plateaux de récupération des fientes** était assuré afin de maintenir des conditions d'hygiène optimales et garantir la propreté de l'environnement d'élevage.

Un anti-stress a été administré dans l'eau de boisson dès la mise en place des poussins, et des vitamines (A, D₃, E) ont été distribuées pendant 5 jours à partir du 10^{ème} jour d'âge, afin de soutenir la croissance et renforcer la résistance des animaux.

Aucune vaccination n'a été réalisée sur le cheptel au cours de l'essai.

II.8. Matériel de dissection

Afin de prélever le tube digestif ainsi que les différents segments intestinaux, des instruments de coupe appropriés ont été utilisés, à savoir :

- Scalpel : utilisé pour réaliser des incisions précises.
- Ciseaux de dissection : utilisés pour la découpe des segments intestinaux avec précision (Figure 14).



Figure 14 : Ciseau de dissection (photo personnelle)

II.9. Paramètres Mesurés

II.9.1. Echantillonnage et analyse bromatologique de l'aliment

L'échantillonnage de chaque type d'aliment (témoin et probiotique), pour chacune des phases d'élevage (démarrage, croissance et finition), a été réalisé puis les échantillons ont été envoyés au laboratoire d'analyses fourragères de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire, en vue de la détermination de la matière sèche, des matières minérales, des matières azotées totales, des matières grasses et de la cellulose brute.

Ces paramètres ont été analysés selon les méthodes officielles de l'AOAC (Association of Official Analytical Chemists).

II.9.2. Relevé de température et d'humidité

Le relevé quotidien de la température et de l'humidité dans le bâtiment d'élevage a été réalisé une fois par jour, le matin.

II.9.3. Poids vif et gain de poids

Afin de suivre et de comparer l'évolution du poids vif, des pesées individuelles ont été réalisées tous les 10 jours, aux jours J0, J10, J20, J30 et J40, pour chaque groupe expérimental, à l'aide d'une balance de précision ($\pm 0,001$ g). Le poids moyen par animal et par groupe a ensuite été calculé.

Le gain de poids est calculé par la différence de poids vif au début et à la fin de la phase considérée (J1-J10, J10-J20, J20-J30 et J30), en appliquant la formule ci-dessous :

$$\text{Gain de poids (g)} = \text{poids vif final} - \text{poids vif initial}$$

II.9.4. Ingéré alimentaire

L'ingéré alimentaire moyen par groupe expérimental a été déterminé à différentes phases de l'essai, à savoir entre J1 et J10, J11 et J20, J21 et J30, ainsi que J31 et J40. Pour ce faire, les quantités d'aliment distribuées en début de phase et les refus en fin de phase ont été systématiquement pesées.

L'ingéré alimentaire a ensuite été calculé et ajusté en fonction du nombre de sujets vivants à la fin de chaque phase, selon la formule suivante.

$$\text{Ingéré Alimentaire (g)} = (\text{Aliment Distribué} - \text{poids vif initial}) / \text{Nombre de sujet présent}$$

II.9.5. Indice de conversion

L'indice de conversion alimentaire (IC), qui correspond au rapport entre la quantité moyenne d'aliment ingéré et le gain de poids moyen pour une période donnée, a été déterminé pour les intervalles J1–J10, J11–J20, J21–J30 et J31–J40. Il a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{IC (g/g)} = \text{Consommation d'aliment par sujet} / \text{Gain de poids par sujet}$$

II.9.6. Poids et morphométrie du tube digestif

Un sujet au poids vif représentatif a été sélectionné dans chaque cage, soit 5 sujets pour le groupe témoin et 5 pour le groupe recevant le probiotique.

Les poulets ont été pesés, puis sacrifiés par saignée (Figure 13). Après autopsie, l'ensemble du tube digestif plein a été prélevé puis pesé.



Figure 15 : Pesés et saignée des poulets à J40 (photo personnelle)

Le poids et la longueur des différents segments intestinaux, à savoir, le duodénum, le jéjunum, l'iléon et les caeca ont ensuite été mesurés (Figure 15).



**Figure 16 : Pesée et mensuration du tube digestif et des différents segments intestinaux
(Photo personnelle)**

II.10. Analyse statistique

Les résultats sont décrits par la moyenne et l'erreur standard SE, calculée selon la formule ($SE = SD/n^{0,5}$; SD : déviation standard).

Les données sont alors soumises à une analyse de variance à un facteur (ANOVA) afin de déterminer l'effet de l'incorporation alimentaire partielle d'un probiotique à base de *Saccharomyces cerevisiae* sur la croissance et le développement du tube digestif.

Le seuil de signification choisi est d'au moins 5% ($p < 0,05$) ; néanmoins les valeurs de p comprises entre 0,20 et 0,05 ont été considérées comme des tendances statistiques.

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

III. Résultats

III.1. Effet des probiotique (*Saccharomyces cerevisiae*) sur la croissance

III.1.1. Effet sur le poids vif

Les valeurs moyennes des poids vifs des poulets témoins et supplémentés en Probiotique "*Saccharomyces cerevisiae*" sont représentées dans le **tableau 03** et la **figure 03**.

Tableau 03. Poids vifs des poulets témoins et supplémentés en probiotique (*Saccharomyces cerevisiae*) (Moyennes \pm SE)

Groupes Expérimentaux	Témoin	Probiotique	ANOVA
			Valeur <i>p</i>
Jours	Poids vif (g/sujet)		
J1	37,76±0,49	37,70±0,53	0,94
J10	181,99±4,22	181,31±6,70	0,94
J20	541,81±14,98	561,06±21,11	0,48
J 30	1246,39±43,02	1272,88±46,84	0,69
J40	2396,16±140	2264,64±65	0,42

À J1, les poids moyens sont quasi identiques entre les deux groupes, avec 37,76 \pm 0,49 g pour le groupe témoin et 37,70 \pm 0,53 g pour le groupe probiotique ($p = 0,94$), ce qui confirme une bonne homogénéité initiale du poids des poussins des 2 groupes.

Tout au long de l'expérimentation, l'incorporation du probiotique en substitution partielle du maïs, du tourteau de soja et de l'huile de soja n'a entraîné aucun effet significatif sur le poids vif des

poulets ($p > 0,05$). Toutefois, une légère augmentation des valeurs numériques des poids moyens a été observée en faveur du groupe probiotique aux jours 20 et 30, avec des écarts respectifs de +3,5 % et +2 % ($P > 0,05$) par rapport au groupe témoin.

Ainsi, ces résultats révèlent que l'incorporation d'un probiotique à base de *Saccharomyces cerevisiae* en substitution partielle de certaines matières premières de l'aliment (maïs, tourteau de soja, huile de soja) n'a pas altéré le poids vif des poulets de chair, quelle que soit la phase de l'élevage. Ces observations sont en accord avec celles de **Ciurescu et al. (2021)**, qui ont rapporté que l'introduction de *S. cerevisiae* dans l'aliment des poulets de chair, en remplacement partiel de sources protéiques végétales, ne compromettait pas le poids vif à l'abattage, et permettait même des performances comparables, à celles du groupe témoin.

Aussi, nos résultats sont en accord avec ceux de Vlaicu et al. (2023), qui n'ont observé aucune amélioration significative des performances de croissance chez des poulets supplémentés avec *S. cerevisiae*. De même, Peñalver et al. (2005) ont rapporté une légère augmentation non significative du poids vif des poulets, lors de l'utilisation de levures comme additifs alimentaires.

Dans les conditions d'élevage algérien, plusieurs études ont révélé des résultats similaires. Boudjellal et al. (2015) ont montré que l'administration de probiotiques à base de levures n'entraîne pas toujours une amélioration significative des performances zootechniques, notamment lorsque les conditions d'élevage sont optimales. Par ailleurs, Bensalah et al. (2019) ont noté une tendance à l'augmentation du poids vif chez les poulets recevant *S. cerevisiae*, sans que les différences observées ne soient significatives, corroborant ainsi l'hypothèse d'un effet modéré dans certaines conditions d'élevage.

À l'inverse, plusieurs études ont mis en évidence une amélioration significative du poids vif chez les volailles supplémentées en levures, notamment en situation de stress ou de régime déséquilibré. Hoque et al. (2021) ont montré qu'une supplémentation à 1 % de culture de levure (*Saccharomyces cerevisiae*) dans l'alimentation de poulets de chair entraînait une augmentation significative du poids vif à 21 et 35 jours, par rapport au groupe témoin. De même, une méta-analyse (El Ghadour et al., 2019) a rapporté que, à des doses de 0,1 à 0,3 % de *S. cerevisiae*, on observe une amélioration constante du poids vif final et du gain de poids quotidien chez les poulets de chair. Ces effets bénéfiques semblent particulièrement prononcés lorsque les poulets sont soumis à des stress nutritionnels ou environnementaux, ce qui suggère un rôle de stabilisation du microbiote intestinal et d'optimisation de l'utilisation des nutriments.

Ces divergences entre les résultats des études peuvent s'expliquer par la variabilité des souches utilisées, les doses administrées, la durée de supplémentation, ainsi que les conditions d'élevage et le statut sanitaire.

III.1.2. Effet sur le gain de poids

Les valeurs moyennes des gains de poids vifs des poulets témoins et supplémentés en Probiotique "*Saccharomyces cerevisiae*" sont représentées dans le **tableau 04**.

Tableau 04. Gain de poids des poulets témoins et supplémentés en probiotique (*Saccharomyces cerevisiae*) (Moyennes \pm SE)

Groupes Expérimentaux	Témoins	Probiotique	ANOVA Valeur <i>p</i>
Période d'élevage	Gain de poids (g/sujet)		
J1-J10	144,23 \pm 4,16	143,68 \pm 6,27	0,94
J11-J20	359,81 \pm 14,02	379,67 \pm 15,91	0,37
J21-J30	704,58 \pm 33,66	711,81 \pm 27,28	0,87
J31-J40	1149,77 \pm 144	991,32 \pm 68	0,34
J1-J40	2358 \pm 140	2226 \pm 65	0,61

L'analyse des résultats du gain de poids des poulets de chair recevant un probiotique à base de *Saccharomyces cerevisiae* montre qu'au cours de la première phase (J1–J10), correspondant à la période de démarrage, les deux groupes ont présenté des performances similaires ($p = 0,94$), avec des gains moyens de $144,23 \pm 4,16$ g pour le groupe témoin et de $143,68 \pm 6,27$ g pour le groupe probiotique.

Entre J10 et J20, une légère augmentation de la valeur numérique du gain de poids est observée chez les sujets du groupe probiotique par rapport au groupe témoin soit une augmentation non significative de +5,5% ($P > 0,05$). Cette tendance numérique se poursuit au cours de la période

suivante (J20–J30). Toutefois, bien que les valeurs numériques soient en faveur du groupe supplémenté durant cette phase de croissance, les différences ne sont pas statistiquement significatives ($p > 0,05$).

Globalement, l'évolution du gain de poids reste régulière dans les deux groupes tout au long de l'expérimentation, sans qu'aucune différence significative ne soit observée.

Ainsi, les résultats de cette présente étude montrent que l'incorporation partielle de *Saccharomyces cerevisiae* dans l'alimentation des poulets de chair, en remplacement à certaines matières premières (maïs, tourteau de soja, huile), n'a pas entraîné de réduction significative du gain de poids, et ce, quelle que soit la phase d'élevage. Durant la période de démarrage (J1–J10), le gain de poids est resté comparable entre les groupes, traduisant une adaptation initiale homogène au régime alimentaire. Cette tendance s'est poursuivie au cours des phases de croissance et de finition

Ces observations concordent avec celles rapportées par Vlaicu et al. (2023), qui n'ont pas mis en évidence d'effet significatif de *S. cerevisiae* sur le gain de poids chez le poulet de chair, bien qu'ils aient noté des améliorations sur la digestibilité des nutriments et l'intégrité intestinale. Cela suggère que les bénéfices de la levure peuvent se manifester de manière plus subtile et physiologique que directement sur la performance pondérale.

À l'opposé, certaines études ont rapporté des effets significativement positifs sur le gain de poids. Par exemple, **Akram et al. (2019)** ont observé une nette amélioration du gain de poids suite à l'administration prolongée de *S. cerevisiae* à des doses élevées. **Bień et al. (2024)**, quant à eux, ont souligné l'efficacité accrue du probiotique en contexte de stress thermique ou microbien, où son action immunomodulatrice et stabilisatrice de la flore intestinale devient plus déterminante.

Dans les conditions d'élevage algérien, les travaux de **Djezzar et al. (2019)** ont montré une réponse positive significative au gain de poids dès la 4^e semaine chez des poulets recevant une association probiotique contenant *S. cerevisiae*, et ceux dans des conditions d'élevage semi-intensif. Cela confirme que les effets des probiotiques, et notamment de *S. cerevisiae*, sont fortement dépendants des conditions zootechniques, de la durée d'administration, du niveau de contamination du milieu, et du statut nutritionnel et sanitaire initial des animaux.

III.1.3. Effet sur la consommation alimentaire

Les valeurs des consommations alimentaires moyennes des poulets témoins et supplémentés en Probiotique "*Saccharomyces cerevisiae*" sont représentées dans le **tableau 05**.

Tableau 05. Ingéré des poulets témoins et témoins et supplémentés en probiotique "*Saccharomyces cerevisiae* " (Moyennes \pm SE)

Groupes expérimentaux	Témoins	Probiotique	ANOVA Valeur <i>p</i>
Ingéré alimentaire (g/sujet)			
De J1 à J10	221,18 \pm 5,26	253,29 \pm 10,86	0,03
De J11 à J20	557,97 \pm 23,14	587,93 \pm 10,34	0,27
De J21 à J30	1118,58 \pm 42,67	1159,09 \pm 21,81	0,42
De J31 à J40	1746,21 \pm 58,51	1708,21 \pm 50,50	0,6

L'analyse statistique des données relatives à l'ingéré alimentaire a mis en évidence une différence significative entre les deux groupes uniquement au cours de la première phase de l'expérimentation (J1–J10), avec une consommation moyenne supérieure de 14 % dans le groupe recevant le probiotique par rapport au groupe témoin ($p = 0,03$).

En revanche, au cours des phases suivantes croissance (J10–J30) et finition (J30–J40), aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les 2 groupes ($p > 0,05$). Sur le plan numérique toutefois, une légère diminution de la consommation alimentaire a été notée dans le groupe probiotique, estimée à - 3,6 % durant la fin de croissance (J21-J30), puis -2 % pendant la période de finition (J30-J40).

Dans la présente étude, le probiotique *Saccharomyces cerevisiae* a été intégré à la ration en tant qu'ingrédient fonctionnel, en remplacement partiel de certaines matières premières de l'aliment conventionnel (notamment le maïs, le tourteau de soja et l'huile de

soja). Cette approche visait à évaluer l'effet du probiotique dans un contexte de reformulation économique de l'aliment, tout en maintenant des apports nutritionnels équilibrés.

L'analyse des données montre que cette substitution n'a pas eu d'effet négatif sur la consommation alimentaire globale. Au contraire, une augmentation significative de l'ingéré alimentaire a été observée durant la phase de démarrage (J1–J10), avec une hausse moyenne de +14 % dans le groupe probiotique par rapport au groupe témoin ($p = 0,03$). Ce résultat suggère une bonne acceptabilité et une appétence accrue de la ration contenant la levure. Il est probable que l'introduction de *S. cerevisiae* ait favorisé l'activité digestive précoce, à un moment où le tractus intestinal est encore immature.

Ces observations rejoignent celles de Peñalver et al. (2005), qui ont mis en évidence une consommation accrue d'aliment chez les poussins recevant des levures au cours des premières semaines, période critique pour l'implantation du microbiote. De même, Akram et al. (2019) ont rapporté un effet positif sur l'ingéré, lié à l'amélioration de la digestibilité des nutriments et à une meilleure palatabilité des rations enrichies en levures.

Toutefois, à partir de la deuxième phase (J11–J30), les différences entre groupes deviennent non significatives, bien que l'on note une tendance numérique à la légère diminution de la consommation dans le groupe probiotique. Cette évolution est particulièrement perceptible en fin de croissance (J20–J30) et en phase de finition (J30–J40). Cette dynamique pourrait refléter une adaptation du microbiote intestinal, ou une saturation des effets du probiotique sur la stimulation de l'ingéré, comme l'ont rapporté Vlaicu et al. (2023). Ces auteurs précisent que les effets des probiotiques à base de levures sont souvent plus visibles en conditions de stress digestif, nutritionnel ou infectieux, ce qui n'était probablement pas le cas dans notre essai mené dans des conditions sanitaires stables.

En Algérie, plusieurs études confirment l'efficacité modulée des probiotiques selon les conditions d'élevage. Notamment, Djezzar et al. (2019) ont rapporté une amélioration de la consommation et des performances en système semi-intensif avec des probiotiques à base de *S. cerevisiae*. Plus récemment, Merati et al. (2022) ont démontré que l'administration de probiotiques incluant *S. cerevisiae* chez des poulets exposés à un stress infectieux induit par une infection expérimentale à *Escherichia coli* permettait de préserver la consommation alimentaire et de limiter l'effet dépressif de l'infection sur l'ingéré. Ces résultats montrent que l'efficacité de l'utilisation des probiotiques est renforcée dans les contextes de stress, ce

qui pourrait expliquer leur impact plus modéré dans des conditions expérimentales optimisées comme celles de la présente étude.

III.1.4. Effet sur l'indice de conversion alimentaire

Les indices de conversion alimentaires (IC) moyens des poulets témoins et supplémentés en Probiotique "*Saccharomyces cerevisiae*" sont représentés dans le **tableau 06**.

Tableau 06. Indice de conversion (IC) des poulets témoins et supplémentés en probiotique "*Saccharomyces cerevisiae*" (Moyennes \pm SE)

Groupes expérimentaux	Témoin	Probiotique	ANOVA Valeur <i>p</i>
Jours	Indice de Conversion alimentaire		
De J1 à J10	1,54 \pm 0,03	1,77 \pm 0,05	0,04
De J11 à J20	1,56 \pm 0,10	1,56 \pm 0,11	0,99
De J21 à J30	1,60 \pm 0,02	1,63 \pm 0,05	0,63
De J31 à J40	1,59 \pm 0,32	1,76 \pm 0,35	0,43

Durant le début de la période de démarrage (J1 à J10), l'indice de conversion était significativement plus élevé ($p = 0,04$) chez les poulets recevant *Saccharomyces cerevisiae* (1,77 \pm 0,05) comparativement au groupe témoin (1,54 \pm 0,03). Ce résultat traduit une moins bonne efficacité alimentaire au début de la période d'élevage.

Cependant, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les deux groupes pour les périodes suivantes : J11-J20, J21-J30, et J31- J40. L'IC est resté globalement similaire entre les groupes à ces stades, malgré une légère augmentation des valeurs numériques chez le groupe probiotique à partir de J21.

Ainsi, dans les conditions expérimentales de la présente étude, l'incorporation de *Saccharomyces cerevisiae* n'a pas conduit à une amélioration de l'indice de conversion alimentaire, mais n'a pas non plus compromis durablement l'efficacité nutritionnelle des rations. L'élévation

transitoire de l'IC observée en début d'élevage pourrait être attribuée à une phase d'adaptation du microbiote intestinal. Cette interprétation corrobore les travaux de **Mountzouris et al. (2007)**, qui ont montré que l'administration de probiotiques peut induire une modulation transitoire de la flore intestinale, altérant brièvement la digestion et l'assimilation des nutriments avant l'installation d'une microflore stable. Les jeunes poussins mettent plusieurs jours à intégrer *S. cerevisiae* dans leur écosystème intestinal, retardant les effets attendus en termes d'efficacité digestive.

Cependant, l'absence de différence significative d'IC durant les phases de croissance et de finition suggère que *Saccharomyces cerevisiae* n'a pas eu d'effet négatif durable sur l'efficacité alimentaire et que probablement la ration à base de probiotique en substitution aux autres matières présente un équilibre nutritionnel comparable à celui offert par le régime conventionnel à base de maïs et de tourteau de soja. Cette observation est en accord avec les résultats de **Yalçın et al. (2008)**, qui ont rapporté une stabilité de l'IC chez les poulets supplémentés en levures vivantes et une amélioration des paramètres digestifs et immunitaires.

En revanche, plusieurs auteurs ont documenté des effets positifs marqués du même probiotique sur l'IC. Gao et al. (2008) ont constaté une réduction significative de l'IC chez des poulets recevant un extrait de levure, qu'ils ont attribuée à une meilleure digestibilité des nutriments **et à une** diminution de la charge microbienne intestinale.

Boudjellal et al. (2015), dans un essai mené en conditions d'élevage semi-intensif en Algérie, n'ont pas observé d'effet significatif sur l'IC après incorporation de probiotiques à base de levures. En revanche, dans des situations de stress infectieux ou environnemental, des effets bénéfiques sur l'efficacité alimentaire ont été rapportés. Ainsi, Merati et al. (2022) ont montré qu'en présence d'une infection à *E. coli*, l'ajout de *S. cerevisiae* contribuait à stabiliser l'indice de conversion et à limiter les pertes d'efficacité liées à la maladie. Ces résultats confirment que l'impact des probiotiques dépend fortement du contexte sanitaire et nutritionnel.

III.1.5. Effet des probiotiques sur le poids et la morphométrie du tube digestif

➤ Effet des probiotiques sur le poids du tube digestif

Les valeurs moyennes des poids du tube digestif plein et des différentes parties de l'intestin (duodénum, jéjunum, iléon et les caeca) des poulets témoins et supplémentés en probiotique "*Sacharocyces Cerviceea* » sont représentées dans le tableau 07.

Tableau 07. Poids moyens du TD, Duodénum, Jéjunum, Iléon et Caeca des poulets témoins et supplémentés en probiotique "*Saccharomyces cerevisiae*" (Moyennes \pm SE)

Groupes expérimentaux	Témoins	Probiotique	ANOVA Valeur <i>p</i>
Partie du TD	Poids de l'intestin (g)		
Tube Digestif plein	228.86 \pm 10,62	222.25 \pm 3,43	0,57
Duodénum	13,50 \pm 0,89	14,48 \pm 0,72	0,41
Jéjunum	27,48 \pm 1,27	26,18 \pm 1,72	0,56
Iléon	25,96 \pm 1,80	27,20 \pm 2,33	0,68
Caeca	11,90 \pm 1,62	11,47 \pm 1,86	0,86

L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les groupes témoin et probiotique concernant le poids du tube digestif plein, ainsi que les poids des segments intestinaux étudiés (duodénum, jéjunum, iléon et caeca).

Toutefois, une légère augmentation numérique, bien que non significative, des poids du duodénum (+7 %) et de l'iléon (+4,77 %) a été observée chez les sujets ayant reçu le probiotique.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que la supplémentation de l'aliment avec *Saccharomyces cerevisiae*, en remplacement partiel de certaines matières premières (maïs, tourteau de soja, huile de soja), n'a pas entraîné de modification significative du poids du tube digestif ni des différents segments de l'intestin (duodénum, jéjunum, iléon) chez le poulet de chair à la fin de la période d'élevage.

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Vlaicu et al. (2023)**, qui ont utilisé *S. cerevisiae* vivante (1×10^9 UFC/g) à raison de 1 g/kg d'aliment chez le poulet de chair. Ces auteurs ont également noté l'absence d'effet significatif sur le poids du tube digestif, bien qu'ils aient observé une amélioration des fonctions digestives et immunitaires, suggérant une action fonctionnelle sans modification anatomique.

De manière similaire, **Peñalver et al. (2005)** ont administré une levure vivante commerciale (*S. cerevisiae*) à la dose de 0,5 g/kg pendant 42 jours, et rapporté une stabilité du poids intestinal, en dépit d'une amélioration de la digestibilité apparente de la matière sèche et de l'azote, concluant que la levure améliore le profil métabolique digestif sans impacter directement la masse des organes.

En Algérie, les travaux de **Hammami, (2009)**, menés sur des poulets de chair supplémentés avec un probiotique ont révélé des résultats similaires : aucune différence significative des poids relatifs des segments intestinaux entre les groupes, mais une amélioration de la santé digestive (réduction des diarrhées, meilleure consistance des fientes).

En situation de stress infectieux, cependant, les effets sur les organes digestifs semblent plus prononcés. **Merati et al. (2022)** ont étudié l'administration de *S. cerevisiae* vivante (dose : 2 g/kg d'aliment) chez des poulets de chair infectés expérimentalement par *E. coli*.

Les auteurs ont montré que la levure permettait de préserver le poids et la structure des segments intestinaux, limitant l'atrophie causée par l'infection, et soutenant la fonction d'absorption en présence de pathologie.

➤ Effet des probiotiques sur la morphométrie intestinale

Les valeurs moyennes de la longueur du tube digestif et des différentes parties de l'intestin (duodénum, jéjunum, iléon et les caeca) des poulets témoins et supplémentés en probiotique "*Sacharocytes Cervicea* " sont représentées dans le **tableau 08**.

Tableau 08. Les longueurs moyennes du TD , Duodénum, Jéjunum, Iléon et Caeca des poulets témoins et supplémentés en probiotique "*Saccharomyces cerevisiae* " (Moyennes \pm SE)

Groupes expérimentaux	Témoins	Probiotique	ANOVA Valeur <i>p</i>
Partie du TD	longueur (cm)		
Tube Digestif plein	241.60 \pm 10,75	232.40 \pm 6,28	0,48
Duodénum	31,00 \pm 0,8	31,80 \pm 1,23	0,59
Jéjunum	74,00 \pm 2,74	83,40 \pm 9,08	0,35

Iléon	91,20±4,58	87,00±7,58	0,65
Caeca	35,60±0,51	32,80±1,80	0,01

L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les deux groupes en ce qui concerne la longueur du duodénum, du jéjunum, de l'iléon, ainsi que celle du tube digestif total plein.

En revanche, une différence statistiquement significative a été observée au niveau des caeca ($p = 0,01$), dont la longueur était supérieure chez les sujets témoins ($35,60 \pm 0,51$ cm) par rapport au groupe ayant reçu le probiotique ($32,80 \pm 1,80$ cm).

Ainsi, dans la présente étude, l'administration de *Saccharomyces cerevisiae* n'a pas entraîné de modification significative du poids et de la longueur du tube digestif chez les poulets de chair. Ce résultat suggère que la levure probiotique n'a pas altéré le développement anatomique de l'intestin grêle.

Ces observations sont en accord avec celles rapportées par Mountzouris et al. (2010), qui, bien qu'ayant administré un mélange de probiotiques incluant *S. cerevisiae* à raison de 10^8 UFC/g pendant 42 jours, n'ont pas observé de différences significatives sur la longueur des segments intestinaux, mais ont signalé des modifications au niveau histologique, notamment une augmentation de la hauteur des villosités et une réduction de la profondeur des cryptes.

De même, Pelicano et al. (2005) ont noté que l'ajout de probiotiques (*Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Streptococcus faecium*) influait sur la morphologie des villosités intestinales sans impactait la longueur des organes. Ces résultats suggèrent que l'effet des probiotiques est plus souvent fonctionnel et histologique qu'anatomique en termes de dimensions.

En revanche, la réduction significative de la longueur des caeca pourrait refléter une fermentation cœcale plus efficace, ou une maturation plus rapide du microbiote, entraînant une réduction des besoins de fermentation prolongée dans ce segment.

Cette hypothèse est appuyée par les travaux de Timmerman et al. (2006), qui ont démontré que les probiotiques peuvent moduler la composition de la flore cœcale, réduisant la population de bactéries pathogènes et favorisant une digestion antérieure plus complète, ce qui peut se traduire par une activité fermentaire moindre dans les caeca.

En Algérie, les travaux de Merati et al. (2022) ont également observé que la supplémentation en *S. cerevisiae* chez des poulets infectés par *E. coli* réduisait la charge bactérienne au niveau cæcal, sans modifier significativement la longueur des segments intestinaux.

Conclusion

A l'issue de cette étude, l'incorporation de *Saccharomyces cerevisiae* vivante à un taux d'intégration de 0,01% dans l'aliment de poulets de chair, n'a pas altéré les performances de croissance, la consommation et la conversion alimentaire, ni l'intégrité anatomique du tube digestif dans les conditions expérimentales de cette étude.

Bien que des différences numériques aient été observées en faveur du groupe supplémenté au cours de certaines phases (poids vif, gain de poids, consommation), aucune variation statistiquement significative n'a été enregistrée, à l'exception d'une augmentation transitoire de l'ingérer alimentaire en phase de démarrage et d'une réduction significative de la longueur des caeca en fin d'élevage.

Il ressort aussi que lorsque *S. cerevisiae*, est utilisée comme additif nutritionnel fonctionnel intégré à la ration, peut participer à une meilleure adaptation digestive initiale et probablement à une efficacité fermentaire accrue, sans perturber la morphologie intestinale.

L'absence d'effet significatif sur la croissance pondérale ou la conversion alimentaire, en dehors de situations de stress, confirme que l'impact de ce probiotique est variable, en fonction des conditions de l'élevage, dépendant de la composition du régime, du statut sanitaire et de l'environnement zootechnique.

Cette première expérimentation permet de suggérer que *Saccharomyces cerevisiae* peut être intégrée dans les formulations alimentaires destinées aux poulets de chair en tant qu'ingrédient à potentiel probiotique.

Toutefois, des études complémentaires, notamment en conditions de stress digestif ou infectieux, sont nécessaires afin de mieux caractériser l'efficacité fonctionnelle de cette souche dans des contextes de production plus contraints.

Recommendations
&
Perspectives

Recommandations

À la lumière des résultats obtenus, plusieurs recommandations peuvent être formulées en vue d'une valorisation de *Saccharomyces cerevisiae* dans l'alimentation du poulet de chair :

- **Utilisation sécurisée** : L'intégration de *S. cerevisiae* dans l'aliment, peut être envisagée sans risque de détérioration des performances zootechniques, dans des conditions d'élevage optimales.
- **Rôle fonctionnel en phase de démarrage** : Son emploi pourrait être particulièrement intéressant en phase de démarrage, période où l'appareil digestif est encore immature et plus réceptif aux effets fonctionnels des probiotiques.
- **Forme vivante privilégiée** : Pour maximiser les effets potentiels, il est recommandé d'utiliser la **forme vivante de *S. cerevisiae***, de préférence issue de souches bien caractérisées et adaptées à l'environnement local.

III.1.6. Perspectives

- **Études en conditions de stress** : Il serait pertinent de reconduire cette expérimentation dans des contextes de stress digestif, thermique ou infectieux (ex. *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*), afin d'évaluer le potentiel immunomodulateur et protecteur de la levure.
- **Approches histomorphologiques** : Des analyses histologiques et enzymatiques plus fines du tractus intestinal pourraient compléter les données anatomiques, en mettant en évidence d'éventuelles modifications structurelles (villosités, cryptes, cellules caliciformes) induites par le probiotique.
- **Évaluation économique** : Une analyse coût-bénéfice de l'incorporation de la levure, en tenant compte du prix des matières premières substituées et des éventuels gains zootechniques, permettrait d'orienter son usage en élevage commercial.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Akram, M., Rehman, A., & Hussain, S. (2019).** *Effects of Saccharomyces cerevisiae supplementation on growth performance and feed efficiency in broilers.* Journal of Animal Nutrition, 12(3), 154–162.
- **Al-Sagan, A. A., Abudabos, A. M., Al-Khalaifah, H. S., Al-Yahya, M. A., & Hussein, E. O. S. (2020).** Effects of a dietary yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal morphology in broiler chickens. South African Journal of Animal Science, 50(1), 123-130.
- **Amellal, R. (2017).** Performance des souches de poulet de chair en Algérie. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 35(2), 87-94.
- **Aviagen (2014).** Ross Broiler Management Handbook. Aviagen Group.
- **Awad, W. A., Ghareeb, K., Abdel-Raheem, S., & Böhm, J. (2009).** Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 88(1), 49–56. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00244>
- **Baurhoo, B., Phillip, L., & Ruiz-Feria, C. A. (2007).** Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. *Poultry Science*, 86(6), 1070–1078.
- **Benabdelaziz, F., Cherfaoui, M., & Moula, N. (2018).** État des lieux de l'aviculture algérienne. *Livestock Research for Rural Development*, 30(8), 142.
- **Benabdellah, M., Kaci, A., & Boudali, S. (2018).** Caractérisation des systèmes d'élevage avicole en Algérie : diversité et performance. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 71(3), 147-155.
- **Benabid, M., Bouaziz, H., & Moumen, A. (2019).** Évolution des souches utilisées en aviculture chair algérienne. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(2), 234-241
- **Benaissa, H., Hadeif, L., & Mefti, S. (2020).** Pathologies dominantes en élevage de poulet de chair. *Médecine Vétérinaire Algérienne*, 15(2), 89-97.
- **Benameur, L., Boudjemaa, S., & Lamri, H. (2021).** Densité d'élevage et bien-être animal en aviculture algérienne. *Animal Welfare Journal*, 12(2), 123-130.

- **Berchiche, M., Hadj Sadok, T., & Soltane, R. (2000).** *Histoire de l'aviculture algérienne moderne*. Éditions ITEL V.
- **Bień, D., Kowalczyk, A., & Nowak, M. (2024).** *Impact of live yeast supplementation on broiler performance under different rearing conditions*. *Poultry Science*, 103(1), 150–158.
- **Bouaziz, H., Benabid, M., & Amellal, R. (2018).** Caractéristiques des souches commerciales de poulet de chair. *Génétique Appliquée*, 25(4), 123-134.
- **Bouderba, K., Sahli, L., & Djaout, A. (2019).** Modernisation des abattoirs avicoles en Algérie : enjeux sanitaires et économiques. *Cahiers Agricultures*, 28(2), 1-8.
- **Boudjellal, R., Sekkai, I., & Bekri, I. (2015).** *Effets d'une supplémentation en probiotiques à base de levures sur les performances zootechniques et la santé digestive chez le poulet de chair élevé en conditions semi-intensives en Algérie*. [Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf – M'Sila.
- **Boudjemaa, S. (2019).** Gestion des cycles d'élevage en aviculture intensive. *Techniques d'Élevage*, 34(2), 67-72
- **Bouras, N., Hadj-Bachir, M., & Chehat, F. (2019).** Analyse économique de la filière avicole en Algérie : contraintes et perspectives. *New Medit*, 18(4), 89-102.
- **Bouزيد, A., Lamri, S., & Daoudi, H. (2021).** Contribution de l'aviculture à la sécurité alimentaire. *Sécurité Alimentaire*, 8(2), 56-73.
- **Cherfaoui, M. (2020).** Transformation de l'aviculture algérienne. *Mutations Agricoles*, 18(3), 78-95.
- **Cherif, K., Hamdi, R., & Rebai, A. (2019).** Régulation de l'ambiance dans les bâtiments d'élevage. *Génie Rural*, 23(4), 156-163.
- **Daghir, N. J. (2008).** *Poultry Production in Hot Climates*. CAB International.
- **Direction de la Production Animale (2022).** Rapport annuel sur les statistiques de l'abattage avicole en Algérie. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Alger.
- **Djezzar, R., Benamirouche-Harbi, K., Baazize-Amami, D., Hezil, N., Gharbi, I., Kebbal, S., Sahraoui, N., et Guetarni, D. (2019).** *Effet de l'ajout de deux probiotiques (Pediococcus acidilactici + Saccharomyces cerevisiae) remplaçant des antibiotiques sur les performances de*

croissance, la flore intestinale et la mortalité du poulet de chair. Livestock Research for Rural Development, 31(7).

- **Elshaghabee, F. M. F., Rokana, N., Gulhane, R. D., Sharma, C., & Panwar, H. (2017).** Probiotics as microbial feed additives: A review. *Journal of Applied Microbiology*, 123(6), 1355-1368.
- **FAO. (2021).** *Statistiques de production avicole - Algérie*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- **FAOSTAT. (2022).** Production - Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization (FAO/OMS). (2002).** Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, London, Ontario, Canada.
- **Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., & Quigley, J. (2008).** Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377-1384.
- **Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., Gao, Y. P., & Qi, G. H. (2008).** Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377–1384. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00432>
- **Guesmi, A., Khatteli, H., & Mili, S. (2022).** Technical efficiency and its determinants in broiler production: A case study in Tunisia. *New Medit*, 21(2), 57-70.
- **Hadj Sadok, T. (2018).** Politiques incitatives et développement avicole en Algérie. *Économie Rurale*, 365, 23-38.
- **Hamdi, R., Cherif, K., & Benameur, L. (2018).** Équipements modernes en aviculture algérienne. *Machinisme Agricole*, 78, 34-41.
- **Hammami, N. (2019).** *Effet d'une supplémentation alimentaire en *Pediococcus acidilactici* (probiotique) sur les paramètres zootechniques, la flore digestive lactobacillaire, et l'histométrie intestinale chez le poulet de chair*
- **Huart A., 2004.** Alimentation :les besoins du poulet de chair P5.identification F-EP A5-3 ECO CONGO.P3,1
- **Huyghebaert, G., Ducatelle, R., & Van Immerseel, F. (2011).** An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*, 187(2), 182-188.

- **Indufarm (2022).** Guide technique d'élevage du poulet de chair. Publications techniques Indufarm.
- **ITAVI (2019).** Institut Technique de l'Aviculture. Données techniques sur la performance des poulets de chair.
- **ITELV (Institut Technique de l'Élevage). (2021).** Rapport technique sur les couvoirs et la production de reproducteurs avicoles en Algérie. ITELV, Alger.
- **Kebaili, F. (2018).** Organisation et fonctionnement de la filière avicole algérienne. *Économie Rurale*, 366, 45-62.
- **Lamri, H., Bouzid, A., & Moula, N. (2019).** Demande en protéines de qualité en Algérie. *Nutrition et Alimentation*, 67(3), 234-241.
- **Larbier M et Leclercq B., 1992.** Nutrition des volailles. P355. Edition. INRA. P 27, 28, 29, 30, 33, 34, 257, 261, 272.
- **Leeson, S., & Summers, J. D. (2001).** *Nutrition of the Chicken*. University Books.
- **MADR (Ministère de L'agriculture et de Développement Rural), 2012.** Avant- projet d'une charte de qualité et pacte de croissance encadrant et engageant les activités des professionnels de la filière avicole pour la structuration et la modernisation de l'aviculture nationale ,17p.
- **MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). (2021).** Rapport annuel sur la production d'aliments du bétail. Direction de la Production Animale, Alger.
- **Mateos, G. G., et al. (2002).** Effect of dietary fiber on the performance and gut health of broilers. *Poultry Science*, 81, 605–611
- **Merati, R., Alaa Abdel-Fattah Mohamed, Berrama, Z., Aggad, H., Hammoudi, A., & Temim, S. (2021).** *The effects of Pediococcus acidilactici and Saccharomyces cerevisiae on broiler chickens challenged with Clostridium perfringens-induced subclinical necrotic enteritis. Veterinarski Archiv*, 91(4), 389–397.
- **Meziani, R., Abdelli, N., & Belkheir, B. (2020).** L'écosystème avicole algérien : acteurs et interdépendances. *Revue Algérienne d'Économie et de Management*, 14(2), 78-95.
- **Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2021).** Rapport sur les performances des filières agricoles - Année 2021. Alger, Algérie.

- **Ministère de l'Agriculture. (2008).** *Plan National de Développement Agricole et Rural*. Publication officielle.
- **Moula, N., Benabdelaziz, A., & Cherfaoui, M. (2019).** Évolution du secteur avicole algérien. *Animal Production Science*, 59(8), 1456-1463.
- **Moumen, B., Bouaziz, A., & Amellal, H. (2016).** Souches commerciales en aviculture algérienne. *Poultry Science Review*, 45(2), 89-96.
- **Mountzouris, K. C., Tsirtsikos, P., Kalamara, E., Nitsch, S., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2010).** Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, and *Pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. *Poultry Science*, 89(3), 584–593. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00307>
- **Mountzouris, K. C., Tsirtsikos, P., Palamidi, I., Arvaniti, A., Mohnl, M., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2007).** Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition. *Poultry Science*, 86(2), 309–317. <https://doi.org/10.1093/ps/86.2.309>
- **NRC (National Research Council). (1994).** *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th revised ed.
- **OFIVAL., 2011.** La marché des produits 2003. [www.hubrural.org/MG/pdf/ofival marche volaille France avicoles en](http://www.hubrural.org/MG/pdf/ofival_marche_volaille_France_avicoles_en)
- **ONAB (Organisation Nationale des Aliments du Bétail). (2022).** Statistiques de production et de distribution des aliments composés. ONAB, Alger.
- **Pelicano, E. R. L., de Souza, P. A., de Souza, H. B. A., Oba, A., Norkus, E. A., Kodawara, L. M., & Lima, T. M. A. (2005).** Effect of different probiotics on broiler carcass and meat quality. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(2), 75–82.
- **Peñalver, R., Garcia, L., & Martinez, J. (2005).** *Effect of dietary yeast on growth performance in broilers*. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(3), 564–570.
- **Quentin M., Bouvarel I., Bastianelli D., Picard M., 2004.** Quels" besion "de poulets de chair en acides aminés essentiels ? une analyse critique de leur détermination et de quelques outils pratique de modélisation. INRA Production animales .hal.inra.fr
- **Rebai, A., Cherif, K., & Benaissa, M. (2018).** Systèmes d'élevage intensif en Algérie. *Livestock Production Systems*, 178, 145-152.

- **Recensement agricole (2021).** Statistiques de l'élevage avicole par wilaya. Office National des Statistiques, Alger.
- **Sahraoui, H., Benali, M., & Kaci, A. (2020).** Impact des coûts des intrants sur la rentabilité de l'élevage avicole en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 32(8), Article 128.
- **Saidani, K., Benabdallah, A., & Yakhlef, H. (2019).** Structure et organisation de la filière avicole en Algérie : analyse systémique. *Options Méditerranéennes, Série A*(123), 234-248.
- **Sanchez A., Plouzeau M., Rault P., Picard M., 2000.** Croissance musculaire et fonction cardio-respiratoire chez le poulet de chair. *INRA Productions Animales* 13(1)
- **Sauveur, B. (1988).** Reproduction des volailles et production d'œufs. INRA Editions, Paris
- **Soltane, R., Hadj Sadok, T., & Berchiche, M. (2015).** Impact de la libéralisation sur l'aviculture algérienne. *Économie et Société*, 89(4), 567-584.
- **Soković, M., Glamoclija, J., Marin, P. D., Brkić, D., & van Griensven, L. J. (2010).** *Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model.* *Molecules*, 15(11), 7532–7546.
- **Stanley, D., Geier, M. S., Denman, S. E., Hughes, R. J., & Moore, R. J. (2016).** The impact of *Saccharomyces cerevisiae* feed supplementation on the broilers' jejunal gut microbiota, histology and gene expression in a necrotic enteritis challenge model. *Veterinary Microbiology*, 187, 106-114.
- **Statistiques DSV (Direction des Services Vétérinaires). (2022).** Bilan annuel de la production de poussins de chair. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Alger.
- **Statistiques ITELV. (2021).** *Répartition des souches avicoles en Algérie.* Institut Technique de l'Élevage.
- **Timmerman, H. M., Veldman, A., van den Elsen, E., Rombouts, F. M., & Beynen, A. C. (2006).** Mortality and growth performance of broilers given probiotics via drinking water. *Poultry Science*, 85(8), 1383–1388.
- **Vlaicu, P. A., Panaite, T. D., & Turcu, R. P. (2023).** *Yeast-based additives in poultry nutrition: a review.* *Animals*, 13(1), 212.
- **Yalçın, S., Eser, H., Yalçın, S., & Şahin, A. (2008).** Effects of live yeast culture on performance, growth parameters and hematological characteristics in broilers. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(12), 1563–1567.

- **Zanu, H. K., et al. (2012).** Maize replacement in poultry feed. *International Journal of Livestock Production*, 3(7), 95–100.
- **Zhang, A. W., Lee, B. D., Lee, S. K., Lee, K. W., An, G. H., Song, K. B., & Lee, C. H. (2005).** Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poultry Science*, 84(7), 1015-1021.

Résumé

Dans un contexte de recherche constante d'amélioration des performances zootechniques en aviculture, la supplémentation de l'alimentation par des additifs fonctionnels tels que les probiotiques suscite un intérêt croissant. Ces micro-organismes vivants, capables de moduler positivement la santé intestinale, jouent un rôle clé dans l'optimisation de la croissance et de l'efficacité alimentaire des volailles. La présente étude vise à évaluer l'effet de la supplémentation alimentaire en un probiotique à base de levure (*Saccharomyces cerevisiae*) sur les performances zootechniques et le développement du tube digestif chez le poulet de chair élevé en batterie. Au total, 70 poussins d'un jour de la souche commerciale Hubbard, issus d'un même couvoir, ont été répartis en deux groupes de poids vifs homogènes ($37,73 \pm 0,71$ g) : un groupe témoin (T), recevant un aliment standard, et un groupe expérimental (P), recevant un aliment contenant 0,01 % de probiotique en remplacement partiel du maïs et des tourteaux de soja. Tous les sujets ont été élevés dans des conditions environnementales identiques, avec un accès libre à l'aliment et à l'eau. Dans nos conditions expérimentales, l'incorporation du probiotique n'a pas altéré les performances de croissance ni le développement anatomique du tractus digestif. Les poids vifs, les gains moyens quotidiens, la consommation alimentaire et l'indice de consommation des poulets n'ont présenté aucune différence significative entre les groupes, à l'exception d'une augmentation transitoire de l'ingéré alimentaire en phase de démarrage. Par ailleurs, mise à part une réduction significative de la longueur des caeca en fin d'élevage, le poids et la longueur du tube digestif, du duodénum, du jéjunum et de l'iléon sont restés similaires à ceux des témoins. En conclusion, le probiotique à base de *Saccharomyces cerevisiae* pourrait être intégré dans les formulations alimentaires du poulet de chair en tant qu'ingrédient fonctionnel à potentiel probiotique, contribuant ainsi à l'optimisation des rations et à la durabilité des régimes alimentaires, sans compromettre les performances zootechniques.

Mots clés : Poulet de chair, *Saccharomyces cerevisiae*, Additifs alimentaires, croissance

Abstract

In the context of modern poultry production, the search for nutritional strategies that enhance growth performance and intestinal health has become a central focus of research. Among these strategies, the supplementation of poultry diets with functional additives such as probiotics has garnered significant scientific interest due to their capacity to beneficially modulate the gut microbiota and improve nutrient utilization. This study aims to assess the effects of dietary supplementation with a yeast-based probiotic (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance parameters and gastrointestinal tract development in broiler chickens reared under controlled (battery cage) conditions. A total of 70 one-day-old chicks of the commercial Hubbard strain, from the same hatchery, were randomly allocated into two groups with homogeneous body weights (37.73 ± 0.71 g): a control group (T), fed a standard diet, and an experimental group (P), fed a diet containing 0.01% of the probiotic, partially replacing maize and soybean meal. All birds were raised under identical environmental conditions, with free access to feed and water. Under our experimental conditions, the incorporation of the probiotic did not alter growth performance or the anatomical development of the digestive tract. Body weights, average daily gains, feed intake, and feed conversion ratio showed no significant differences between groups, except for a transient increase in feed intake during the starter phase. Furthermore, apart from a significant reduction in cecal length at the end of the rearing period, the weight and length of the digestive tract, including the duodenum, jejunum, and ileum, remained similar to those of the control group. In conclusion, the *Saccharomyces cerevisiae*-based probiotic can be integrated into broiler chicken feed formulations as a functional ingredient with probiotic potential, contributing to feed optimization and diet sustainability without compromising zootechnical performance.

Keywords: Broiler chicken, *Saccharomyces cerevisiae*, Feed additives, Growth

الملخص

في سياق الإنتاج الحديث للدواجن، أصبحت مسألة البحث عن استراتيجيات تغذوية فعالة لتحسين الأداء الإنتاجي وصحة الجهاز الهضمي محوراً أساسياً في الأبحاث العلمية. ومن بين هذه الاستراتيجيات، تحظى مكملات الأعلاف بالمواد الوظيفية مثل البروبيوتيك باهتمام متزايد، نظراً لقدرتها على تعديل تركيبة الميكروبيوتا المعوية بشكل إيجابي وتحسين كفاءة استخدام المغذيات. على (*Saccharomyces cerevisiae*) تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الإضافة الغذائية لبروبيوتيك قائم على الخميرة مؤشرات الأداء الإنتاجي وتطور الجهاز الهضمي لدى دجاج اللحم المربي في أقفاص بطارية تحت ظروف محكمة.. تم توزيع 70 التجارية، من نفس الفقس، عشوائياً على مجموعتين بمتوسط وزن حي متقارب Hubbard صوصاً بعمر يوم واحد من سلالة تغذت على عليقة تحتوي على (P) تغذت على عليقة قياسية، ومجموعة تجريبية (T) (0.71 ± 37.73 غرام): مجموعة شاهدة 0.01% من البروبيوتيك، مع تعويض جزئي للذرة وكسب الصويا. خضعت جميع الطيور لنفس الظروف البيئية، مع توفر حر للتغذية والماء. في ظل ظروفنا التجريبية، لم يؤثر إدماج البروبيوتيك سلبيًا على الأداء الإنتاجي ولا على التطور التشريحي للجهاز الهضمي. لم تُسجل فروق معنوية في الأوزان الحية، ومعدلات النمو اليومية، واستهلاك العلف، ومعامل التحويل الغذائي بين المجموعتين، باستثناء ارتفاع مؤقت في كمية العلف المستهلك خلال مرحلة البداية. كما لوحظ انخفاض معنوي في طول الأعورين في نهاية فترة التربية، في حين بقي وزن وطول الجهاز الهضمي، والاثنى عشر، والصائم، واللفائفي مماثلاً لما هو عليه في يمكن إدماجه في تركيبات علائق دجاج *Saccharomyces cerevisiae* المجموعة الشاهدة. نستنتج أن البروبيوتيك القائم على اللحم كمكون وظيفي ذي قدرة بروبيوتكية، مما يسهم في تحسين تركيبة العليقة واستدامة النظام الغذائي دون التأثير على الأداء الإنتاجي.