République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 20 Août 1955 – Skikda





Faculté Des Sciences

Département Des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : **Sciences Agronomiques**

Spécialité : **Nutrition et production animale**

SUIVI DU PROCESSUS DE FABRICATION DES ALIMENTS DE BÉTAIL AU NIVEAU DE L'UAB D'EL HARROUCH DANS LA WILAYA DE SKIKDA

Présenté par :

Babouri hadjer **larit firdaws**

Membres de jury :

Promotrice Mme Nakib Lydia	**MAA**	**Université 20 Août 1955 Skikda**
Présidente Mme Faiza Oudjene	**MCA**	**Université 20 Août 1955 Skikda**
Examinatrice Mme Zaalani Karima	**MCB**	**Université 20 Août 1955 Skikda**

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir accordé la santé, la force, la patience et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrante, **Mme Nakib Lydia**, pour la confiance qu'elle nous a accordée, son encadrement scientifique rigoureux, sa disponibilité ainsi que ses précieux conseils. Son soutien et ses orientations pertinentes ont été d'une aide précieuse tout au long de la réalisation de ce mémoire de Master.

Nous adressons nos sincères remerciements aux honorables membres du jury, **Mme. Oudjene** et **Mme. Zaalani**, qui ont accepté d'examiner et d'évaluer ce travail. Nous leur sommes reconnaissants pour l'intérêt qu'ils lui portent ainsi que pour les remarques et suggestions constructives qu'ils apporteront.

Nous exprimons également notre reconnaissance à l'ensemble du personnel de l'unité d'aliments de bétail **(UAB)** pour leur accueil, leur disponibilité et les moyens mis à notre disposition durant notre stage.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent particulièrement au personnel des laboratoires de l'UAB, pour leur assistance technique, leurs conseils et leur contribution à la réalisation de la partie expérimentale de cette étude.

Nous tenons également à remercier tous les enseignants du parcours Nutrition et Production Animale pour la qualité de la formation dispensée, ainsi que pour les connaissances scientifiques et techniques qu'ils nous ont transmises tout au long de notre cursus universitaire.

Enfin, nous adressons notre profonde gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à la réussite de ce mémoire.

À tous, nous exprimons notre sincère reconnaissance et nos chaleureux remerciements

Dédicace

Je dédie ce modeste travail,

À mes très chers parents,

En témoignage de ma profonde gratitude et de mon immense amour. Merci pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour moi, pour votre soutien moral et matériel, votre confiance, vos encouragements constants et vos prières qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours. Que Dieu vous protège et vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes chères amies, Yasmine et firdaws,

Pour leur présence précieuse à mes côtés, leur soutien indéfectible, leurs encouragements permanents et leur amitié sincère. Merci d'avoir partagé avec moi les joies et les difficultés de la vie universitaire. Vous avez été de véritables compagnes de route et une source de motivation tout au long de mes études.

À mes honorables enseignants,

Qui n'ont cessé de transmettre le savoir avec dévouement et professionnalisme, et qui ont contribué à ma formation scientifique et humaine.

À mon encadrante, Mme Nakib Lydia,

Pour son accompagnement, sa disponibilité, sa patience et ses précieux conseils. Merci pour tous les efforts fournis et pour avoir veillé à la réalisation de ce mémoire dans les meilleures conditions.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.

Je dédie ce mémoire avec tout mon respect, ma reconnaissance et mon affection

hadjer

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, qui ont toujours été mon premier soutien et la source de ma force, de mon courage et de ma persévérance. Grâce à leurs sacrifices, leurs encouragements et leurs prières, j'ai pu atteindre cette étape importante de mon parcours universitaire.

À mes frères et sœurs, pour leur affection, leur soutien indéfectible et leur présence à mes côtés tout au long de ce chemin.

À mes amis fidèles, qui m'ont accompagnée pas à pas, partageant avec moi les moments de difficulté comme les instants de joie et de réussite.

À ma binôme et amie Hajar, avec qui j'ai partagé toutes les étapes de notre parcours universitaire, les bons comme les mauvais moments. Merci pour ta patience, ton soutien et tous les souvenirs que nous avons construits ensemble jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

À notre encadreuse, Mme Nakib, pour sa disponibilité, sa patience, ses précieux conseils, son professionnalisme et son accompagnement constant. Sans son soutien et son engagement, l'achèvement de ce mémoire n'aurait pas été possible.

Enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ma formation, m'ont soutenue et encouragée tout au long de ce parcours.

À vous tous, j'exprime ma profonde gratitude et dédie le fruit de ce travail.

firdaws

RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

Cette étude a été réalisée au sein de l'unité d'aliments de bétail (UAB) de Skikda dans le but d'évaluer le procédé de fabrication des aliments composés destinés aux différentes espèces animales et d'apprécier certaines pratiques de contrôle qualité appliquées au cours de la production.

Le travail a consisté en une observation détaillée des différentes étapes de fabrication, depuis la réception des matières premières jusqu'au conditionnement du produit fini. Une attention particulière a été accordée aux conditions d'hygiène, au stockage des matières premières, au fonctionnement de la chaîne de production ainsi qu'aux activités du laboratoire de contrôle qualité.

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées afin de déterminer le taux d'humidité et la teneur en matières minérales de plusieurs échantillons d'aliments. Les résultats obtenus ont montré des taux d'humidité compris entre 5,86 % et 10,99 %, valeurs conformes à la limite maximale recommandée de 14 %. Les teneurs en matières minérales variaient entre 5,93 % et 8,13 %, avec une conformité globale des échantillons analysés malgré un léger dépassement observé pour un échantillon.

L'évaluation du procédé a mis en évidence plusieurs points forts, notamment la maîtrise générale des opérations de fabrication, l'existence d'un système de contrôle qualité fonctionnel et des conditions de stockage globalement satisfaisantes. Toutefois, certaines insuffisances relatives à l'hygiène, au respect des équipements de protection individuelle, à la traçabilité et au suivi analytique ont également été identifiées.

Cette étude souligne l'importance du contrôle qualité dans l'industrie des aliments du bétail et met en évidence la nécessité d'une amélioration continue des pratiques de fabrication afin de garantir la qualité nutritionnelle, sanitaire et technologique des aliments destinés aux productions animales.

Mots-clés : UAB, Skikda, aliments composés, contrôle qualité, humidité, matières minérales, production animale, alimentation animale, procédé de fabrication.

ABSTRACT

This study was conducted at the Animal Feed unit (AFU) in Skikda with the aim of evaluating the manufacturing process of compound animal feeds and assessing certain quality control practices implemented during production.

The work consisted of a detailed observation of the different stages of feed manufacturing, from the reception of raw materials to the packaging of the finished product. Particular attention was given to hygiene conditions, raw material storage, the operation of the production line, and the activities carried out by the quality control laboratory.

Physico-chemical analyses were performed to determine the moisture content and mineral matter content of several feed samples. The results showed moisture levels ranging from 5.86% to 10.99%, all of which complied with the recommended maximum limit of 14%. Mineral matter contents ranged from 5.93% to 8.13%, indicating overall compliance of the analyzed samples, despite a slight exceedance observed in one sample.

The evaluation of the manufacturing process highlighted several strengths, including effective management of production operations, the presence of a functional quality control system, and generally satisfactory storage conditions. However, some shortcomings related to hygiene practices, compliance with personal protective equipment requirements, traceability, and analytical monitoring were also identified.

This study emphasizes the importance of quality control in the animal feed industry and highlights the need for continuous improvement of manufacturing practices to ensure the nutritional, sanitary, and technological quality of feeds intended for animal production.

Keywords: UAB, Skikda, compound feed, quality control, moisture content, mineral matter, animal production, animal nutrition, manufacturing process.

الملخص

أُنجزت هذه الدراسة على مستوى وحدة إنتاج أعلاف الماشية (UAB) بسكيكدة بهدف تقييم عملية تصنيع الأعلاف المركبة الموجهة لمختلف الأنواع الحيوانية، ودراسة بعض إجراءات مراقبة الجودة المطبقة أثناء الإنتاج.

اعتمد العمل على الملاحظة الميدانية لمختلف مراحل تصنيع الأعلاف، بدءًا من استقبال المواد الأولية ومرورًا بعمليات التخزين والتنظيف والجرش والخلط، وصولًا إلى تعبئة المنتج النهائي. كما تم التركيز على ظروف النظافة، وطرق تخزين المواد الأولية، وسير عملية الإنتاج، بالإضافة إلى نشاطات مخبر مراقبة الجودة.

أُجريت تحاليل فيزيائية كيميائية لتحديد نسبة الرطوبة ومحتوى المواد المعدنية في عدد من عينات الأعلاف المنتجة. أظهرت النتائج أن نسبة الرطوبة تراوحت بين 5.86% و10.99%، وهي قيم تقع ضمن الحد الأقصى الموصى به والمقدر بـ 14%، مما يدل على جودة حفظ المنتجات المصنعة. كما تراوحت نسبة المواد المعدنية بين 5.93% و8.13%، حيث أظهرت معظم العينات مطابقة للمعايير المعتمدة مع تسجيل تجاوز طفيف في إحدى العينات.

أبرز تقييم عملية التصنيع عدة نقاط قوة تمثلت في التحكم الجيد في مختلف مراحل الإنتاج، ووجود نظام فعال لمراقبة الجودة، بالإضافة إلى ظروف تخزين مقبولة بشكل عام. في المقابل، تم تسجيل بعض النقائص المتعلقة بتطبيق قواعد النظافة، والالتزام بارتداء معدات الوقاية الفردية، وتحسين نظام التتبع، وتوسيع نطاق التحاليل المخبرية.

تؤكد هذه الدراسة أهمية مراقبة الجودة في صناعة أعلاف الحيوانات، وتبرز ضرورة اعتماد سياسة التحسين المستمر لمختلف مراحل التصنيع من أجل ضمان الجودة الغذائية والصحية والتكنولوجية للأعلاف الموجهة للإنتاج الحيواني.

الكلمات المفتاحية: الديوان الوطني لأغذية الأنعام، سكيكدة، الأعلاف المركبة، مراقبة الجودة، نسبة الرطوبة، المواد المعدنية، الإنتاج الحيواني، تغذية الحيوان، عملية التصنيع.

Sommaire

Remerciements

RÉSUMÉ

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations 01

INTRODUCTION GÉNÉRALE 06

Chapitre 1 : Alimentation animale et les bases de la formulation 06

1.1 Définition et rôle des aliments de bétail 07

1.2. Classification des aliments 07

1.2.1. Classification selon la nature des aliments 08

1.2.2. Classification selon la fonction nutritionnelle 08

1.3. Digestibilité et valeur alimentaire 09

1.4.Facteurs de variation des matières premières 09

1.5.Contraintes économiques et environnementales 11

Chapitre II : Formulation des aliments composés 11

2.1 Définition de la formulation alimentaire 11

2.2. Intérêt de la formulation 11

2.3 Matières premières utilisées dans la formulation 12

2.4 Besoins nutritionnels des animaux 12

2.5. Méthodes de formulation des aliments 14

2.6. Comparaison des méthodes de formulation 15

2.7.Contraintes de formulation 17

Chapitre III : Procédés industriels de fabrication des aliments de bétail 17

3.1. Introduction 17

3.2 .Étapes de production 17

3.2.1. Réception des matières premières 17

3.2.2. Stockage des matières premières 17

3.2.3. Nettoyage des matières premières 18

3.2.4. Broyage 18

3.2.5. Dosage des matières premières 18
3.2.6.Mélange 18
3.2.7. Granulation 18
3.2.8.Refroidissement 19
3.2.9. Ensachage et stockage du produit fini 19
3.3 .Contrôle qualité au cours du processus 19
3.3.1.Contrôle physico-chimique des aliments composés 20
3.3.1.1. Contrôle du taux d'humidité 20
3.3.1.2. Contrôle des protéines brutes 21
3.3.1.3. Contrôle des matières minérales 21
3.3.1.4. Contrôle des matières grasses 21
3.3.1.5. Contrôle de la cellulose brute 21
3.3.1.6. Contrôle de la granulométrie 23
Matériels et Méthodes 23
Chapitre I. Matériels et Méthodes 23
1.Objectif de l'étude 23
2. Présentation de l'unité d'aliments de bétail (UAB) de Skikda 23
2.1. Situation géographique du site d'étude 25
2. 2. Présentation de l'UAB de Skikda 25
2. 3. Activités principales de l'UAB de Skikda 25
2.3.1. Réception et stockage des matières premières 25
2.3.2. Fabrication des aliments composés 26
2.3.3. Contrôle de la qualité 26
2.3.4. Commercialisation et distribution 27
2.4. Organisation de l'unité UAB de Skikda 27
2.4.1. Direction de l'unité 27
2.4.2. Service de production 27
2.4.3. Service de contrôle qualité 27
2.4.4. Laboratoire d'analyses 28
2.4.5. Service maintenance 28
2.4.6. Service stockage et logistique 28

2.4.7. Service hygiène, sécurité et environnement 28
2.5. Matières premières utilisées 29
2.6. Formulations alimentaires observées 31
3. Démarche méthodologique 32
4. Description de la chaîne de fabrication des aliments composés 35
4.1. Réception et stockage des matières premières 36
4.2. Stockage des matières premières 37
4.3. Nettoyage des matières premières 38
4.4. Dosage pondéral des matières premières 39
4.5. Broyage des matières premières 40
4.6. Mélange des matières premières 41
4.7. Stockage du produit fini 41
4.8. Ensachage et expédition 42
5. Contrôle de qualité 42
5.1. Détermination du taux d'humidité 43
5.2 Analyse des matières minérales 48
RÉSULTATS ET DISCUSSION 48
1.Évaluation des conditions de contrôle qualité au sein de l'UAB de Skikda 50
2. Résultats relatifs aux analyses physico-chimiques 50
2.1. Résultats relatifs a la Détermination du taux d'humidité 51
2.2. Résultats relatifs à la détermination de la teneur en matières minérales 52
3. Évaluation globale du respect des normes de qualité 52
4. Analyse critique du procédé de fabrication 53
4.1. Points forts observés 54
4.2. Insuffisances observées 54
4.3. Propositions d'amélioration du procédé de fabrication 56
Discussion générale 61
CONCLUSION GÉNÉRALE 61
Recommandations 61
1. Renforcement des conditions d'hygiène
2. Amélioration des conditions de stockage 61

3. Renforcement du contrôle des matières premières 62
4. Développement du suivi analytique 62
5. Renforcement de la traçabilité 62
6. Formation continue du personnel 63
7. Mise en place d'une démarche HACCP 65
Références scientifiques 81
Références bibliographiques 83
ANNUXES

La liste des figures

Figure 1 : Processus de fabrication d'aliment de betail.	19
Figure 2 : Localisation géographique de l'UAB de Skikda	29
Figure 3 : Vue générale de l'unité de production de l'UAB de Skikda	29
Figure 4 : Schéma général du procédé de fabrication	33
Figure 5 (a, b, c, d, e) : Système de supervision centralisé de l'unité de production	36
Figure 6 : Trémie de réception utilisée pour le déchargement des matières premières.	37
Figure 7 : Silos métalliques destinés au stockage des matières premières	38
Figure 8 : Installation de nettoyage des matières premières	39
Figure 9 : Dosage pondéral des matières premières	40
Figure 10 : Broyeur à marteaux utilisé pour la réduction granulométrique des matières premières	41
Figure 11 : Mélangeur industriel utilisé dans la fabrication des aliments composés	42
Figure 12 : Ligne d'ensachage automatique et produits finis prêts à l'expédition	43
Figure 13 : l'analyseur d'humidité Sartorius.	45
Figure : les échantillons d'aliments a analyser.	45
Figure 14 : balance de précision	45
Figure 15 : Les creusets en porcelaine contenant l'échantillon a analyser.	45
Figure 16 : Four à moufle de marque Nabertherm	46
Figure 17 : Les cendres des échantillons après incinération au four	46
Figure 18 : les conditions de stockage du produit fini	48

La liste des tableaux

Tableau 1 : Matières premières utilisées	29
Tableau 2 : Principales formulations alimentaires produites au sein de l'UAB de Skikda et catégories de matières premières utilisées dans leur fabrication	30
Tableau 3 : Évaluation des conditions générales de qualité observées au sein de l'unité de production	48
Tableau 4 : Les valeurs de référence utilisées pour l'évaluation des aliments composés	50
Tableau 5 : Résultats de l'analyse du taux d'humidité.	50
Tableau 6 : Résultats de l'analyse des matières minérales	51
Tableau 7 : Évaluation du respect des normes de qualité	52
Tableau 8 : Principaux points forts observés au cours de l'étude	53
Tableau 9 :Principales insuffisances observées	53
Tableau 10 : Propositions d'amélioration	54

La liste des abréviations

UAB: L'UNITE D'Aliments Du Bétail
PDI: Protéines Digestible dans l'intestin
PL: Programmation Linéaire
ISO 6496: Norme internationale relative aux aliments pour animaux, spécifiant la méthode de détermination de la teneur en eau et en autres matières volatiles
ISO 5984: norme internationale relative aux aliments des animaux, spécifiant la méthode de détermination de la teneur en cendres brutes.
CMV: Compléments Minéraux et Vitaminiques
HACCP: Analyse des Dangers et Maîtrise des Points Critiques

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE :

L'élevage constitue l'un des piliers fondamentaux de l'agriculture moderne et joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire mondiale à travers la production de viande, de lait, d'œufs et d'autres produits d'origine animale. Face à l'augmentation continue de la population et à la demande croissante en protéines animales, l'amélioration des performances zootechniques des animaux d'élevage est devenue une priorité pour les systèmes de production modernes (FAO, 2023).

Parmi les nombreux facteurs influençant les performances animales, l'alimentation occupe une place prépondérante. Elle représente généralement plus de 60 à 70 % des coûts de production dans la plupart des filières d'élevage et constitue l'un des principaux déterminants de la croissance, de la reproduction, de la santé et de la productivité des animaux (INRAE, 2018). Une alimentation équilibrée et adaptée aux besoins physiologiques des différentes espèces est donc indispensable pour garantir des performances optimales tout en assurant la rentabilité des exploitations.

Au cours des dernières décennies, le développement de l'élevage intensif a conduit à une utilisation croissante des aliments composés industriels. Ces aliments sont formulés à partir de différentes matières premières d'origine végétale, minérale et parfois animale, associées selon des proportions précises afin de satisfaire les besoins nutritionnels des animaux. Leur fabrication repose sur des procédés technologiques complexes faisant intervenir plusieurs opérations successives telles que la réception des matières premières, le stockage, le nettoyage, le broyage, le dosage, le mélange, la granulation et le conditionnement (McEllhiney, 1994 ; Behnke, 2001).

La qualité des aliments composés dépend non seulement de la valeur nutritionnelle des matières premières utilisées, mais également de la maîtrise des différentes étapes du procédé de fabrication. Une mauvaise gestion de ces opérations peut entraîner des déséquilibres nutritionnels, une diminution de la valeur alimentaire des produits ou encore des risques sanitaires susceptibles d'affecter les performances des animaux et la sécurité des denrées alimentaires d'origine animale (FAO, 2021).

Dans ce contexte, le contrôle qualité occupe une place centrale au sein de l'industrie des aliments du bétail. Il permet de vérifier la conformité des matières premières et des produits finis aux normes en vigueur, de prévenir les risques de contamination et d'assurer la stabilité des caractéristiques nutritionnelles des aliments fabriqués. Parmi les paramètres les plus fréquemment contrôlés figurent notamment le taux d'humidité, la teneur en matières minérales, la composition nutritionnelle et les conditions de stockage (Thomas et Van der Poel, 1996).

En Algérie, le secteur de l'alimentation animale occupe une importance stratégique en raison du développement progressif des filières bovine, ovine et avicole. L'unité d'aliments de bétail (UAB) joue un rôle majeur dans ce domaine en assurant la production et la commercialisation d'aliments composés destinés aux différentes espèces animales. À travers son réseau d'unités de fabrication réparties sur le territoire national, l'UAB contribue à l'approvisionnement régulier des éleveurs en aliments équilibrés répondant aux exigences de la production animale moderne.

L'unité de l'UAB de Skikda constitue l'une des structures industrielles participant à cet effort national. Elle assure la transformation des matières premières en aliments composés grâce à une chaîne de fabrication automatisée intégrant plusieurs opérations de contrôle qualité destinées à garantir la conformité des produits fabriqués.

Cependant, malgré les progrès réalisés dans le domaine de la fabrication industrielle des aliments composés, la qualité du produit final demeure étroitement liée à la maîtrise de l'ensemble des opérations de production ainsi qu'à l'efficacité des procédures de contrôle qualité mises en œuvre. Toute défaillance au niveau de la réception des matières premières, du stockage, du dosage, du broyage, du mélange ou encore du suivi analytique peut affecter la qualité nutritionnelle et sanitaire des aliments fabriqués. Dans ce contexte, il apparaît nécessaire d'évaluer les pratiques appliquées au sein de l'UAB de Skikda afin de déterminer dans quelle mesure elles permettent de garantir la conformité et la qualité des aliments destinés aux différentes productions animales.

Ainsi, le présent travail a pour objectif principal d'étudier le procédé de fabrication des aliments composés au sein de l'UAB de Skikda et d'évaluer certaines pratiques de contrôle qualité appliquées tout au long de la chaîne de production. Plus spécifiquement, Cette étude

vise à décrire les différentes étapes du procédé de fabrication, à observer les conditions de stockage et de transformation des matières premières, à analyser certains paramètres physico-chimiques des aliments produits, notamment le taux d'humidité et la teneur en matières minérales, ainsi qu'à identifier les principaux points forts et les insuffisances susceptibles d'influencer la qualité du produit final. Des propositions d'amélioration ont également été formulées dans une perspective d'amélioration continue du système de production.

Pour atteindre ces objectifs, une approche descriptive et analytique a été adoptée. Le travail a reposé sur l'observation directe des différentes étapes de fabrication au sein de l'unité de production, sur le suivi des opérations réalisées au laboratoire de contrôle qualité ainsi que sur l'exploitation des résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur certains échantillons d'aliments composés. Les données recueillies ont permis d'évaluer le niveau de maîtrise du procédé de fabrication et de discuter la conformité des produits fabriqués par rapport aux exigences de qualité appliquées dans l'industrie des aliments du bétail.

Le présent mémoire est structuré en trois chapitres principaux. Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique portant sur l'alimentation animale, les étapes de production des aliments de bétail , les matières premières utilisées ainsi que les principes du contrôle qualité dans l'industrie des aliments du bétail. Le deuxième chapitre présente le matériel et la méthodologie adoptés, ainsi que la description détaillée de l'unité de production et du procédé de fabrication observé au sein de l'UAB de Skikda. Enfin, le troisième chapitre expose les résultats obtenus, leur discussion, l'analyse critique du procédé de fabrication, ainsi que les principales recommandations proposées en vue d'améliorer la qualité des aliments produits et la maîtrise du système de production.

Chapitre 1 : Alimentation animale et les bases de la formulation

Chapitre 1 : Alimentation animale et les bases de la formulation :

L'alimentation animale constitue un levier stratégique majeur dans les systèmes d'élevage modernes, en influençant directement les performances zootechniques, la rentabilité économique et l'impact environnemental des productions. Contrairement au potentiel génétique, qui est intrinsèque à l'animal, l'alimentation représente le principal facteur modulable permettant d'exprimer ce potentiel dans des conditions optimales (Akintan et al., 2024).

Une alimentation rationnelle vise à couvrir de manière précise les besoins nutritionnels des animaux en énergie, protéines, minéraux et vitamines, tout en optimisant l'efficacité alimentaire et en réduisant les pertes. Dans un contexte marqué par la variabilité des matières premières et les contraintes économiques, la maîtrise de la formulation des aliments devient essentielle.

1.1 Définition et rôle des aliments de bétail

Les aliments de bétail regroupent l'ensemble des substances, naturelles ou transformées, destinées à être ingérées par les animaux afin d'assurer leur entretien, leur croissance et leur production (FAO, 2011 ; Mottet et al., 2017 ; Henchion et al., 2017).

Ils jouent plusieurs rôles fondamentaux :

- Couverture des besoins énergétiques
- Apport en acides aminés essentiels
- Maintien de la santé et de l'immunité
- Optimisation des performances zootechniques

Cependant, la qualité nutritionnelle d'un aliment ne dépend pas uniquement de sa composition chimique, mais également de sa digestibilité et de sa valorisation par l'animal.

1.2. Classification des aliments

Les aliments de bétail peuvent être classés selon plusieurs critères, notamment leur origine, leur composition et leur fonction nutritionnelle. Cette classification est essentielle pour

comprendre leur rôle dans la formulation des rations (Agabriel, 2010 ; McDonald et al., 2021).

1.2.1. Classification selon la nature des aliments

a) Les fourrages

Les fourrages regroupent les aliments riches en fibres, principalement utilisés dans l'alimentation des ruminants. Ils comprennent :

- les fourrages verts (fourrages artificiels, fourrages naturels)
- les fourrages conservés (foin, ensilage)

Ces aliments jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement du rumen et la régulation de la digestion (Agabriel, 2010).

b) Les concentrés

Les concentrés sont des aliments riches en énergie ou en protéines et pauvres en fibres. Ils sont utilisés pour compléter les fourrages et améliorer les performances de production. On distingue :

-Les concentrés énergétiques (maïs, orge, blé);

-Les concentrés protéiques (tourteau de soja, colza);

Ces aliments permettent d'augmenter la densité énergétique des rations (McDonald et al., 2011).

c) Les aliments composés

Les aliments composés résultent d'un mélange de plusieurs matières premières formulées pour répondre aux besoins spécifiques des animaux. Ils peuvent être :

- aliments complets (couvrant tous les besoins nutritionnels)
- aliments complémentaires (destinés à compléter une ration de base)

Ces aliments sont largement utilisés en élevage intensif et en industrie (W. P. Weiss, 2021).

1.2.2. Classification selon la fonction nutritionnelle

Les aliments de bétail peuvent être classés selon leur fonction nutritionnelle :

A) Aliments énergétiques

Ils sont riches en glucides, ils constituent la base des rations (maïs, orge, blé).

B) Aliments protéiques

Ils fournissent les acides aminés essentiels nécessaires à la synthèse des tissus (tourteaux de soja, colza).

C) liments minéraux et vitaminiques

Ils sont indispensables au métabolisme et à la reproduction.

D) Additifs alimentaires

Ils améliorent la digestibilité, la conservation et les performances.

1.3. Digestibilité et valeur alimentaire

La valeur nutritionnelle d'un aliment dépend de sa digestibilité, c'est-à-dire de la proportion réellement utilisable par l'animal. Cette digestibilité est influencée par :

- La composition chimique
- Le traitement technologique (broyage, granulation)
- L'espèce animale

Les systèmes modernes utilisent des indicateurs tels que l'énergie métabolisable et les protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Des approches récentes intègrent également la digestibilité réelle des acides aminés et l'efficacité d'utilisation de l'azote afin de réduire les pertes environnementales (W. P. Weiss, 2021).

1.4.Facteurs de variation des matières premières

La qualité des matières premières varie selon :

- Les Conditions climatiques
- Les Pratiques agricoles.

- Le Stockage.
- La Présence de mycotoxines

Cette variabilité constitue une contrainte majeure pour la formulation et nécessite des analyses régulières. Des études récentes montrent que l'intégration de modèles prédictifs permet d'anticiper ces variations et d'améliorer la précision des formulations (Akintan et al., 2024).

1.5 .Contraintes économiques et environnementales

L'alimentation animale est fortement influencée par :

-La fluctuation des prix des matières premières;

-La dépendance aux importations;

-La compétition avec l'alimentation humaine;

Par ailleurs, les enjeux environnementaux imposent de réduire les émissions de méthane, les rejets azotés et l'empreinte carbone des aliments. Des travaux récents soulignent que l'optimisation de la formulation permet de diminuer significativement les émissions de gaz à effet de serre tout en maintenant les performances animales (Herrero et al., 2015 ; Kebreab et al., 2016).

- Les émissions de méthane;
- Les rejets azotés;
- L'empreinte carbone des aliments;

L'alimentation animale repose sur un équilibre complexe entre exigences nutritionnelles, contraintes économiques et enjeux environnementaux. La compréhension approfondie des matières premières, de leur digestibilité et de leur variabilité constitue une base indispensable pour la formulation des aliments composés.

Chapitre II : Formulation des aliments composés :

2.1 Définition de la formulation alimentaire

La formulation des aliments composés constitue une étape fondamentale dans l'industrie de l'alimentation animale. Elle consiste à associer différentes matières premières dans des proportions précises afin d'obtenir un aliment capable de satisfaire les besoins nutritionnels des animaux tout en respectant les contraintes techniques et économiques de production. Selon McDonald et al. (2011), la formulation vise à fournir aux animaux les quantités adéquates d'énergie, de protéines, de minéraux, de vitamines et d'autres nutriments indispensables à leur croissance, leur entretien, leur reproduction et leurs productions.

L'élaboration d'une formulation équilibrée nécessite une connaissance approfondie des besoins nutritionnels des animaux ainsi que de la composition chimique des matières premières disponibles. La qualité de la formulation influence directement les performances zootechniques, la santé animale et la rentabilité des systèmes d'élevage.

2.2. Intérêt de la formulation

La formulation des aliments composés poursuit plusieurs objectifs complémentaires. Le premier consiste à satisfaire les besoins nutritionnels des animaux en fonction de leur espèce, de leur âge, de leur stade physiologique et de leur niveau de production. Le second objectif est d'assurer une utilisation rationnelle des matières premières disponibles tout en limitant les coûts de production.

Par ailleurs, la formulation contribue à améliorer les performances zootechniques, à renforcer la qualité des produits animaux et à réduire les pertes de nutriments dans l'environnement. Selon Agabriel (2010), une formulation équilibrée permet d'optimiser l'efficacité alimentaire et d'améliorer la valorisation des ressources alimentaires utilisées dans les élevages.

2.3 Matières premières utilisées dans la formulation

Les aliments composés sont élaborés à partir de différentes catégories de matières premières possédant chacune un rôle nutritionnel spécifique. Les matières premières énergétiques, représentées principalement par les céréales telles que le maïs, l'orge et le blé, constituent la

principale source d'énergie des rations. Les matières premières protéiques, notamment les tourteaux de soja, de tournesol et de colza, assurent l'apport en protéines et en acides aminés indispensables à la croissance et aux productions animales.

Les formulations intègrent également des compléments minéraux et vitaminiques destinés à couvrir les besoins en macroéléments, oligoéléments et vitamines. L'utilisation combinée de ces différents ingrédients permet d'obtenir des aliments équilibrés adaptés aux exigences nutritionnelles des animaux d'élevage.

2.4 Besoins nutritionnels des animaux

Les besoins nutritionnels varient selon l'espèce animale, l'âge, le sexe, le stade physiologique et le niveau de production. Les animaux nécessitent des apports suffisants en énergie pour couvrir leurs dépenses métaboliques ainsi qu'en protéines pour assurer la croissance et le renouvellement des tissus.

Les minéraux et les vitamines jouent également un rôle essentiel dans les fonctions physiologiques, la reproduction et la résistance aux maladies. Selon les recommandations du NASEM (2021), la satisfaction des besoins nutritionnels constitue la base de toute stratégie alimentaire efficace.

2.5. Méthodes de formulation des aliments

La formulation des aliments pour animaux repose sur plusieurs méthodes, allant des approches simples aux techniques avancées basées sur l’optimisation mathématique.

Ces méthodes permettent de déterminer les proportions optimales des ingrédients afin de satisfaire les besoins nutritionnels tout en respectant les contraintes économiques et technologiques (Brah et al., 2015 ; W. P. Weiss, 2021).

a) Méthodes empiriques (manuelles)

Ces méthodes sont utilisées pour des formulations simples et reposent sur des calculs de base :

- Méthode du carré de Pearson : utilisée pour équilibrer un nutriment (souvent les protéines) entre deux ingrédients. Elle est simple mais limitée à un seul critère nutritionnel.

- Méthodes algébriques : permettent de résoudre des systèmes d'équations pour combiner plusieurs ingrédients, mais restent limitées à un nombre restreint de variables.
- Méthode essais-erreurs : basée sur des ajustements successifs des proportions jusqu'à atteindre les objectifs nutritionnels.

Ces méthodes sont faciles à appliquer mais manquent de précision pour les formulations complexes.

b) Méthodes de programmation mathématique

Avec le développement des outils informatiques, des méthodes d'optimisation ont été introduites :

- Programmation linéaire (PL) : méthode la plus utilisée en industrie, permettant de minimiser le coût de la ration tout en respectant les contraintes nutritionnelles. Elle repose sur la résolution de systèmes d'équations linéaires (Dantzig, 1963 ; Brah et al., 2015).
- Programmation non linéaire : utilisée lorsque les relations entre variables ne sont pas linéaires, notamment pour modéliser les interactions entre nutriments.
- Programmation multi-objectifs : permet d'optimiser simultanément plusieurs critères (coût, performances, impact environnemental).

Ces méthodes offrent une grande précision mais nécessitent des données fiables et des outils informatiques adaptés.

c) Méthodes modernes basées sur l'intelligence artificielle

Les avancées récentes ont introduit des approches basées sur l'intelligence artificielle :

- Algorithmes génétiques : inspirés de la sélection naturelle, ils permettent d'explorer plusieurs solutions pour trouver une formulation optimale.
- Machine learning : utilisé pour prédire les performances animales et ajuster les rations en fonction des données historiques.

Ces méthodes permettent d'améliorer la précision des formulations et de s'adapter aux variations des matières premières (Akintan et al., 2024).

La formulation des aliments vise à déterminer la combinaison optimale d'ingrédients permettant de satisfaire les besoins nutritionnels des animaux tout en minimisant le coût. Les approches récentes intègrent également des objectifs environnementaux et sanitaires dans les modèles de formulation (Akintan et al., 2024).

2.6. Comparaison des méthodes de formulation

Les différentes méthodes de formulation des aliments pour animaux présentent des avantages et des limites en fonction de leur complexité et de leur domaine d'application. Les méthodes empiriques, telles que le carré de Pearson ou les approches par essais et erreurs, sont simples à mettre en œuvre et adaptées aux formulations de base. Cependant, elles sont limitées car elles ne permettent de prendre en compte qu'un nombre restreint de nutriments et d'ingrédients, ce qui réduit leur précision dans des contextes de formulation complexes (Brah et al., 2015).

En revanche, la programmation linéaire constitue aujourd'hui la méthode la plus utilisée dans l'industrie des aliments composés. Elle permet d'optimiser simultanément plusieurs contraintes nutritionnelles tout en minimisant le coût de la ration. Cette approche repose sur des modèles mathématiques rigoureux capables d'intégrer un grand nombre d'ingrédients et de nutriments, ce qui améliore significativement la précision des formulations (Dantzig, 2016 ; W. P. Weiss , 2021). Toutefois, cette méthode reste limitée par son caractère déterministe, ne prenant pas toujours en compte la variabilité des matières premières ou les interactions complexes entre nutriments.

Pour pallier ces limites, des méthodes plus avancées, telles que la programmation non linéaire et la programmation multi-objectifs, ont été développées. Ces approches permettent d'intégrer plusieurs critères simultanément, tels que la performance animale, le coût et l'impact environnemental, offrant ainsi une vision plus globale de la formulation (Akintan et al., 2024). Néanmoins, leur mise en œuvre nécessite des données fiables et des outils informatiques performants.

Plus récemment, les techniques basées sur l'intelligence artificielle, notamment les algorithmes génétiques et le machine learning, ont émergé comme des solutions prometteuses. Elles permettent d'explorer un grand nombre de combinaisons possibles et d'adapter les formulations aux variations des matières premières et aux conditions de production. Ces méthodes offrent une flexibilité accrue et une meilleure capacité d'adaptation, bien qu'elles restent encore peu utilisées à grande échelle en raison de leur complexité et des exigences en matière de données (Akintan et al., 2024).

Ainsi, le choix de la méthode de formulation dépend du niveau de précision recherché, des moyens techniques disponibles et du contexte de production. Dans la pratique, la programmation linéaire demeure la méthode de référence en industrie, tandis que les approches basées sur l'intelligence artificielle représentent une perspective d'avenir pour une formulation plus précise et durable.

2.7.Contraintes de formulation

La formulation doit tenir compte de nombreuses contraintes tel que :

- ✓ Les contraintes nutritionnelles concernent les teneurs minimales ou maximales en énergie, protéines, minéraux et vitamines.
- ✓ Les contraintes technologiques sont liées aux caractéristiques physiques des matières premières et aux exigences du procédé de fabrication.
- ✓ Les contraintes économiques occupent également une place importante puisque les formulateurs cherchent généralement à produire des aliments de qualité au coût le plus faible possible.
- ✓ Enfin, les contraintes réglementaires imposent le respect des normes sanitaires et des limites d'incorporation de certains ingrédients ou additifs.

Chapitre III : Procédés industriels de fabrication des aliments de bétail

Chapitre III : Procédés industriels de fabrication des aliments de bétail :

3.1. Introduction

La fabrication des aliments composés constitue une activité essentielle dans les systèmes modernes de production animale. Elle consiste à transformer différentes matières premières en un aliment homogène capable de satisfaire les besoins nutritionnels des animaux tout en garantissant sa qualité sanitaire et technologique. Selon Behnke (2001), la qualité d'un aliment composé dépend à la fois de la formulation nutritionnelle et de la maîtrise des différentes opérations technologiques réalisées au cours du procédé de fabrication.

3.2 .Étapes de production

3.2.1. Réception des matières premières

La réception des matières premières représente la première étape du processus de fabrication. Elle permet de vérifier la conformité des matières premières avant leur introduction dans la chaîne de production. Lors de cette opération, plusieurs contrôles sont réalisés, notamment l'identification des lots, la vérification des documents de livraison, l'évaluation visuelle de la qualité des produits ainsi que le prélèvement d'échantillons destinés aux analyses de laboratoire. Selon la FAO et l'IFIF (2020), le contrôle à la réception constitue un point essentiel pour garantir la qualité du produit final et assurer la traçabilité des matières premières.

3.2.2. Stockage des matières premières

Après leur réception, les matières premières sont orientées vers les installations de stockage adaptées. Les céréales sont généralement conservées dans des silos métalliques tandis que certains ingrédients spécifiques sont stockés dans des entrepôts spécialisés. Cette étape vise à préserver la qualité nutritionnelle des matières premières et à limiter les risques de contamination. Le contrôle de l'humidité, de la température et de la ventilation constitue un élément essentiel pour prévenir le développement des moisissures et la prolifération des insectes (Magan et Aldred, 2007).

3.2.3. Nettoyage des matières premières

Avant leur transformation, les matières premières subissent différentes opérations de nettoyage destinées à éliminer les impuretés et les corps étrangers. Cette étape fait appel à des tamis, des séparateurs et des aimants permanents permettant d'éliminer les pierres, les poussières, les débris végétaux ainsi que les particules métalliques. Le nettoyage améliore la qualité sanitaire des aliments et protège les équipements industriels contre les détériorations mécaniques.

3.2.4. Broyage

Le broyage consiste à réduire la taille des particules afin d'améliorer l'homogénéité du mélange et la digestibilité des aliments. Cette opération est généralement réalisée à l'aide de broyeurs à marteaux ou à cylindres. La granulométrie obtenue influence directement la qualité du produit final. Une granulométrie trop grossière peut diminuer la digestibilité tandis qu'une granulométrie trop fine favorise la production de poussières. Selon Thomas et Van der Poel (1996), une granulométrie comprise entre 2 et 3 mm est adaptée à la majorité des aliments composés.

3.2.5. Dosage des matières premières

Le dosage consiste à peser avec précision les différentes matières premières entrant dans la composition de l'aliment. Cette étape est généralement automatisée dans les unités industrielles modernes afin de limiter les erreurs humaines et d'assurer une meilleure reproductibilité des formulations. Une erreur de dosage peut entraîner un déséquilibre nutritionnel susceptible d'affecter les performances des animaux.

3.2.6.Mélange

Le mélange vise à obtenir une répartition homogène des différents ingrédients incorporés dans l'aliment composé. Cette étape permet d'assurer une distribution uniforme des nutriments, des minéraux et des additifs. L'homogénéité du mélange constitue l'un des principaux critères de qualité des aliments composés (McDonald et al., 2011).

La durée du mélange varie généralement entre cinq et dix minutes selon les équipements utilisés.

3.2.7. Granulation

La granulation consiste à transformer la farine obtenue après mélange en granulés compacts sous l'effet de la pression et de la chaleur. Cette opération présente plusieurs avantages tels que la réduction des poussières, l'amélioration de l'appétence, la diminution du gaspillage alimentaire et la facilitation du transport. Selon Behnke (2001), la granulation améliore également la qualité physique des aliments composés.

3.2.8.Refroidissement

Après la granulation, les granulés présentent une température élevée qui doit être réduite avant le stockage. Le refroidissement permet de stabiliser la structure des granulés, de diminuer leur humidité résiduelle et d'améliorer leur conservation. Cette étape contribue à préserver la qualité physique et nutritionnelle du produit fini.

3.2.9. Ensachage et stockage du produit fini

Une fois refroidis, les aliments sont conditionnés dans des sacs adaptés ou stockés en vrac. L'ensachage assure la protection du produit, facilite sa commercialisation et garantit sa traçabilité. Le stockage final doit être réalisé dans des locaux propres, secs et bien ventilés

afin de préserver les qualités nutritionnelles et sanitaires des aliments jusqu'à leur distribution. La figure 1 représente le processus de fabrication de l'aliment de bétail.

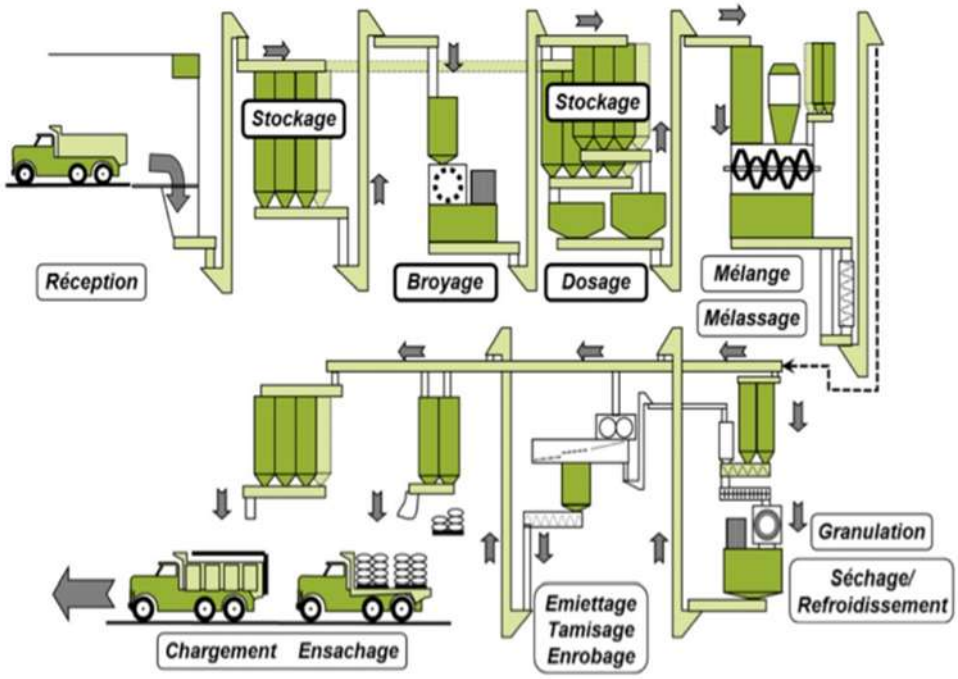


Figure 1 : Processus de fabrication d'aliment de betail.

3.3 .Contrôle qualité au cours du processus

Le contrôle qualité est un élément fondamental dans la fabrication des aliments de bétail. Il permet de garantir la conformité du produit final aux normes nutritionnelles et sanitaires.Les contrôles physico-chimiques incluent notamment la mesure de l'humidité, la granulométrie et la composition en nutriments. La maîtrise de ces paramètres est essentielle pour assurer la stabilité des aliments et leur bonne assimilation par les animaux (McDonald et al., 2011).

3.3.1.Contrôle physico-chimique des aliments composés

Le contrôle physico-chimique constitue une étape essentielle dans l'assurance qualité des aliments composés destinés aux animaux d'élevage.

Il permet de vérifier la conformité des matières premières et des produits finis aux exigences nutritionnelles et technologiques définies lors de la formulation. Les analyses physico-chimiques fournissent des informations importantes sur la composition des aliments et

permettent de garantir leur stabilité, leur valeur nutritionnelle ainsi que leur aptitude à la conservation.

Parmi les paramètres les plus fréquemment contrôlés figurent le taux d'humidité, la teneur en protéines brutes, les matières minérales, les matières grasses et parfois la cellulose brute. Ces analyses permettent d'évaluer la qualité globale des aliments et de détecter d'éventuelles anomalies susceptibles d'affecter les performances des animaux.

3.3.1.1. Contrôle du taux d'humidité

L'humidité constitue l'un des principaux critères de qualité des aliments du bétail. Une teneur excessive en eau favorise le développement des moisissures, des levures et de certains micro-organismes pouvant altérer les qualités nutritionnelles et sanitaires des aliments. Une humidité élevée augmente également le risque de production de mycotoxines lors du stockage.

La détermination de l'humidité permet donc d'évaluer la stabilité du produit et sa durée potentielle de conservation. Selon la FAO et l'IFIF (2020), les aliments composés destinés aux animaux doivent généralement présenter une humidité inférieure à 12 %, tandis qu'une humidité supérieure à 14 % est considérée comme un facteur de risque pour le développement des contaminations fongiques.

La méthode de référence utilisée pour la détermination de l'humidité est décrite dans la norme ISO 6496 relative aux aliments pour animaux.

3.3.1.2. Contrôle des protéines brutes

Les protéines représentent l'un des nutriments les plus importants dans l'alimentation animale. Elles assurent la croissance des tissus, le renouvellement cellulaire, la production de lait, d'œufs et de viande ainsi que le bon fonctionnement des mécanismes physiologiques de l'organisme.

La teneur en protéines brutes est généralement déterminée par dosage de l'azote total selon la méthode de Kjeldahl ou d'autres méthodes équivalentes. Le résultat obtenu est ensuite multiplié par le facteur conventionnel 6,25 afin d'estimer la teneur en protéines brutes de l'aliment.

Le contrôle des protéines permet de vérifier la conformité des formulations et d'assurer que les besoins nutritionnels des animaux sont correctement couverts.

Selon McDonald et al. (2011), toute variation importante de la teneur en protéines peut affecter directement les performances zootechniques et la rentabilité des élevages.

3.3.1.3. Contrôle des matières minérales

Les matières minérales, également appelées cendres brutes, correspondent au résidu obtenu après incinération complète de l'échantillon dans un four à moufle à haute température. Elles représentent la fraction minérale totale de l'aliment.

La détermination des matières minérales permet d'évaluer la teneur globale en éléments minéraux et de vérifier la conformité des apports en calcium, phosphore et autres éléments indispensables à la croissance et à la santé des animaux.Selon Sauvant et al. (2004), les teneurs en cendres observées dans les aliments composés varient généralement entre 5 et 10 % selon les espèces animales et les formulations utilisées. La détermination des cendres brutes est réalisée conformément aux recommandations de la norme ISO 5984.

3.3.1.4. Contrôle des matières grasses

Les matières grasses constituent une source importante d'énergie dans les aliments composés. Elles améliorent également l'appétence des aliments et favorisent l'absorption de certaines vitamines liposolubles.Le dosage des matières grasses permet de contrôler la qualité nutritionnelle de l'aliment et de vérifier la conformité des formulations. Une teneur insuffisante peut réduire la valeur énergétique de la ration, tandis qu'un excès peut entraîner des problèmes de conservation liés à l'oxydation des lipides.

3.3.1.5. Contrôle de la cellulose brute

La cellulose brute représente la fraction fibreuse de l'aliment. Elle joue un rôle important dans le fonctionnement digestif, notamment chez les ruminants.

Le contrôle de la cellulose permet d'évaluer la digestibilité potentielle des aliments et leur aptitude à satisfaire les besoins physiologiques des animaux. Une teneur excessive peut diminuer la digestibilité globale de la ration, tandis qu'une teneur insuffisante peut perturber le fonctionnement normal du système digestif.

3.3.1.6. Contrôle de la granulométrie

La granulométrie correspond à la taille des particules obtenues après broyage. Elle influence directement l'homogénéité du mélange, la qualité physique des granulés ainsi que la

digestibilité des aliments.Une granulométrie trop grossière peut réduire l'efficacité digestive alors qu'une granulométrie trop fine favorise la production de poussières et peut altérer les caractéristiques technologiques du produit fini. Selon Thomas et Van der Poel (1996), la maîtrise de la granulométrie constitue un élément essentiel du contrôle qualité dans les industries d'aliments composés.

Ainsi, l'ensemble de ces contrôles physico-chimiques contribue à garantir la qualité nutritionnelle, la sécurité sanitaire et la conformité des aliments fabriqués. Ils constituent un outil indispensable pour assurer la maîtrise du processus de fabrication et répondre aux exigences des éleveurs ainsi qu'aux normes de qualité en vigueur.



Chapitre I. Matériels et Méthodes :

1.Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude était de décrire le procédé de fabrication des aliments composés au sein de l'unité UAB de Skikda, d'identifier les différentes matières premières utilisées dans les formulations alimentaires et d'évaluer les principales étapes de transformation intervenant dans la production des aliments du bétail.

L'étude visait également à apprécier certains paramètres de contrôle de la qualité des produits fabriqués à travers la détermination du taux d'humidité et de la teneur en matières minérales des échantillons d'aliments analysés, afin de vérifier leur conformité aux exigences technologiques et nutritionnelles.

Enfin, ce travail avait pour objectif d'identifier les points critiques susceptibles d'influencer la qualité des produits finis et de proposer des mesures d'amélioration permettant d'optimiser le processus de fabrication.

2. Présentation de l'unité d'aliments de bétail (UAB) de Skikda

2.1. Situation géographique du site d'étude

L'étude a été réalisée au sein de l'unité de production de l'unité d'aliments de bétail (UAB), située dans la commune d'El Harrouch, wilaya de Skikda, au Nord-Est de l'Algérie. Cette unité est implantée dans une région à vocation agricole et d'élevage, caractérisée par une activité importante dans les filières avicole, bovine et ovine.

La wilaya de Skikda occupe une position stratégique grâce à son réseau routier reliant les principales zones agricoles et industrielles de l'Est algérien. Cette situation géographique facilite l'approvisionnement de l'unité en matières premières ainsi que la distribution des aliments composés vers les différentes exploitations d'élevage de la région.

L'emplacement de l'unité permet également de répondre aux besoins croissants du secteur de l'élevage en assurant une disponibilité régulière des aliments destinés aux différentes espèces animales. La figure suivante présente la localisation géographique de l'UAB.



Figure2 : Localisation géographique de l'UAB de Skikda.(DPAT Skikda,2023).



Figure 3 : Vue générale de l'unité de production de l'UAB de Skikda.

2. 2. Présentation de l'UAB de Skikda

L'unité d'aliments de bétail (UAB) est une entreprise publique économique spécialisée dans la production et la commercialisation des aliments composés destinés aux animaux d'élevage. Créé dans le but de soutenir le développement des productions animales en Algérie, l'UAB joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement du marché national en aliments équilibrés répondant aux besoins nutritionnels des différentes espèces animales.

L'unité de Skikda fait partie du réseau industriel de l'UAB implanté à travers plusieurs wilayas du pays. Elle est spécialisée dans la fabrication d'aliments composés destinés principalement aux volailles, aux bovins et aux ovins. Son activité repose sur la transformation de diverses matières premières telles que les céréales, les tourteaux protéiques, les minéraux et les compléments vitaminiques en aliments formulés selon les exigences nutritionnelles des animaux.

L'unité dispose de plusieurs installations industrielles comprenant des zones de réception et de stockage des matières premières, des équipements de broyage, de dosage, de mélange, de granulation, ainsi qu'un laboratoire chargé du contrôle qualité des matières premières et des produits finis. Les principales missions de l'UAB de Skikda sont :

-Assurer la production d'aliments composés de qualité ;

-Garantir la conformité nutritionnelle et sanitaire des produits fabriqués ;

-Participer à l'approvisionnement régulier du secteur de l'élevage ;

-Contribuer à l'amélioration des performances zootechniques des animaux ;

-Soutenir le développement de la production animale et la sécurité alimentaire nationale.

Grâce à ses infrastructures industrielles et à son système de contrôle qualité, l'UAB de Skikda constitue un acteur important de la filière alimentation animale en Algérie.

2. 3. Activités principales de l'UAB de Skikda

Les activités de l'unité s'articulent autour de plusieurs opérations complémentaires constituant la chaîne de fabrication des aliments composés.

2.3.1. Réception et stockage des matières premières

L'usine réceptionne différentes matières premières entrant dans la formulation des aliments composés, notamment les céréales, les tourteaux protéiques, les minéraux et les

additifs alimentaires. Ces matières sont contrôlées puis stockées dans des conditions appropriées afin de préserver leurs qualités nutritionnelles et sanitaires.

2.3.2. Fabrication des aliments composés

La fabrication des aliments constitue l'activité centrale de l'unité. Elle comprend plusieurs opérations successives :

- Le broyage des matières premières ;
- Le dosage des différents ingrédients ;
- Le mélange des composants ;
- La granulation ;
- Le refroidissement ;
- Le conditionnement du produit fini.

Ces opérations sont réalisées à l'aide d'équipements automatisés permettant d'assurer une production régulière et conforme aux exigences techniques.

2.3.3. Contrôle de la qualité

Le contrôle qualité constitue une composante essentielle du processus de fabrication. Les analyses réalisées portent notamment sur :

- La teneur en humidité ;
- La granulométrie ;
- La composition nutritionnelle ;
- Les conditions d'hygiène ;
- La conformité du produit fini.

Ces contrôles contribuent à garantir la sécurité et la qualité des aliments destinés aux animaux.

2.3.4. Commercialisation et distribution

Les aliments produits sont distribués aux éleveurs, coopératives agricoles et exploitations de la région. Cette activité participe à l'approvisionnement régulier du marché local et au soutien des filières animales.

Ainsi, l'UAB de Skikda constitue un maillon essentiel de la filière de production animale en assurant la transformation de matières premières agricoles en aliments équilibrés répondant aux besoins croissants du secteur de l'élevage.

2.4. Organisation de l'unité UAB de Skikda

Afin d'assurer le bon fonctionnement de ses activités, l'unité UAB de Skikda s'appuie sur une organisation structurée regroupant plusieurs services administratifs, techniques et opérationnels intervenant à différents niveaux du processus de production.

2.4.1. Direction de l'unité

La direction assure la gestion générale de l'entreprise. Elle est responsable de la planification, de l'organisation, de la coordination et du contrôle de l'ensemble des activités administratives, techniques et financières de l'unité.

2.4.2. Service de production

Le service de production constitue le cœur de l'activité industrielle de l'usine. Il assure la supervision et le suivi des différentes étapes de fabrication des aliments composés, notamment :

- Le broyage des matières premières ;
- Le dosage des ingrédients ;
- Le mélange des composants ;
- La granulation ;
- Le refroidissement ;
- Le conditionnement des produits finis.

2.4.3. Service de contrôle qualité

Ce service veille à la conformité des matières premières, des produits intermédiaires et des produits finis. Il assure le suivi des paramètres de qualité afin de garantir la sécurité sanitaire et la valeur nutritionnelle des aliments fabriqués.

2.4.4. Laboratoire d'analyses

Le laboratoire réalise les analyses physicochimiques nécessaires au contrôle de la qualité des matières premières et des aliments produits. Les principaux paramètres évalués concernent :

- La teneur en humidité ;
- La granulométrie ;
- Le taux de protéines ;
- La composition minérale ;
- D’autres paramètres de qualité selon les besoins de production.

2.4.5. Service maintenance

Le service maintenance est chargé d’assurer le bon fonctionnement des équipements et des installations industrielles. Il intervient dans les opérations d’entretien préventif et correctif afin de limiter les arrêts de production et d'améliorer la performance des équipements.

2.4.6. Service stockage et logistique

Ce service assure la gestion des flux de matières premières et des produits finis. Ses missions comprennent :

- La réception des matières premières ;
- Le stockage dans les conditions appropriées ;
- La gestion des stocks ;
- L’expédition et la distribution des produits finis.

2.4.7. Service hygiène, sécurité et environnement

Ce service veille au respect des règles d’hygiène, de sécurité et de protection de l’environnement au sein de l’unité. Il contribue à la prévention des risques professionnels, à la sécurité du personnel ainsi qu’à la mise en œuvre des bonnes pratiques de fabrication.

L’interaction entre ces différents services permet d’assurer la continuité du processus de fabrication, la maîtrise de la qualité des produits et l’amélioration continue des performances de l’entreprise.

2.5. Matières premières utilisées

La fabrication des aliments composés au sein de l’UAB repose sur l’utilisation de plusieurs matières premières sélectionnées en fonction de leur valeur nutritionnelle et de leur complémentarité dans les différentes formulations destinées aux animaux d’élevage.

Les principales matières premières observées au cours de l'étude sont présentées dans le tableau suivant :

Matière première	Fonction principale
Maïs	Source énergétique
Orge	Source énergétique et fibreuse
Tourteau de soja	Source protéique
Issues de meunerie	Apport en fibres et énergie
Calcaire	Source de calcium
Phosphate monocalcique	Source de phosphore et de calcium
CMV (Compléments Minéraux et Vitaminiques)	Apport en vitamines et oligoéléments
Sel	Équilibre minéral et physiologique

Tableau 1 : matières premières utilisées .

Ces matières premières sont incorporées en proportions variables selon l'espèce animale concernée, l'âge des animaux ainsi que les objectifs de production recherchés.

2.6. Formulations alimentaires observées

Au cours de la période d'étude, plusieurs types d'aliments composés ont été observés au sein de l'unité de fabrication.

- ✓ **Aliment destiné aux jeunes bovins (B15)**

Cette formulation est destinée aux bovins en phase de croissance. Elle est composée principalement d'orge, de tourteau de soja, d'issues de meunerie, de calcaire, de phosphate monocalcique, de CMV et de sel.

- ✓ **Aliment destiné aux ovins d'engraissement**

Cette formule vise à favoriser la croissance pondérale et l'engraissement des animaux. Elle comprend essentiellement de l'orge, du maïs, du tourteau de soja, des issues de meunerie, du phosphate monocalcique, du CMV et du sel.

- ✓ **Aliment destiné aux dindes**

Cette formulation est élaborée pour répondre aux besoins nutritionnels des volailles en phase de finition. Elle est constituée principalement de maïs, de tourteau de soja, d'issues de meunerie, de calcaire, de phosphate monocalcique et de CMV spécifique.

- ✓ **Aliment destiné aux poulettes**

Cet aliment est conçu pour accompagner la croissance des futures pondeuses avant leur entrée en production. Sa formulation comprend principalement des matières premières énergétiques, protéiques et minérales adaptées à cette phase physiologique.

- ✓ **Aliment destiné aux vaches laitières (VLB18)**

Cette formulation est destinée à couvrir les besoins nutritionnels des vaches en lactation. Elle est composée de maïs, de tourteau de soja, d'issues de meunerie, de calcaire, de phosphate monocalcique, de CMV et de sel.

- ✓ **Aliment destiné aux poulets de chair**

Trois formulations principales sont produites :

- Aliment démarrage ;
- Aliment croissance ;
- Aliment finition.

Chaque formule est adaptée aux besoins nutritionnels spécifiques de la phase physiologique correspondante (tableau).

Tableau 2 : Principales formulations alimentaires produites au sein de l'UAB de Skikda et catégories de matières premières utilisées dans leur fabrication.

Désignation de l'aliment	**Espèce concernée**	**Stade physiologique**	**Principales matières premières utilisées**
B15	Bovins	Engraissement / croissance	Maïs, orge, son de blé, tourteau de soja, CMV
VLB18	Bovins laitiers	Production laitière	Maïs, orge, tourteau de soja, son de blé, carbonate de calcium, CMV
Aliment poulettes	Volailles	Élevage des futures pondeuses	Maïs, tourteau de soja, son de blé, phosphate bicalcique, CMV
Aliment poules pondeuses	Volailles	Production d'œufs	Maïs, tourteau de soja, carbonate de calcium, phosphate bicalcique, CMV
Aliment dindes	Dindes	Croissance et engraissement	Maïs, tourteau de soja, son de blé, huiles végétales, CMV
Aliment poulets de chair	Poulets de chair	Démarrage, croissance et finition	Maïs, tourteau de soja, son de blé, huiles végétales, CMV

CMV : Complément Minéral et Vitaminique.

3. Démarche méthodologique

L'étude a été réalisée durant un stage pratique de 15 jours effectuer du 15 jusqu'au 29 Avril au sein de l'unité UAB de Skikda. La démarche adoptée repose sur une approche descriptive et analytique du procédé industriel de fabrication.

Les informations ont été recueillies à travers :

-L'observation directe des différentes étapes de fabrication ;

-Le suivi du circuit des matières premières ;

-L'examen des installations et équipements ;

-Les échanges avec les responsables de production ;

-L'analyse des procédures de fabrication appliquées au sein de l'unité.

Les observations réalisées ont permis d'évaluer le fonctionnement général de la chaîne de production, d'identifier les points critiques du procédé et de proposer des mesures d'amélioration susceptibles de renforcer la qualité des aliments fabriqués.

- ✓ **Formulation destinée aux poulettes**

L'aliment destiné aux poulettes est élaboré afin d'assurer une croissance équilibrée et de préparer les animaux à leur future phase de ponte. La formulation observée au sein de l'unité comprend principalement du tourteau de soja, des issues de meunerie, du calcaire, du phosphate monocalcique ainsi qu'un complément minéral et vitaminique (CMV) spécifique aux poulettes. Cette formulation permet de couvrir les besoins nutritionnels liés au développement corporel et osseux des animaux avant leur entrée en production.

- ✓ **Formulation destinée aux vaches laitières (VLB18)**

L'aliment VLB18 est destiné aux vaches en lactation. Il est formulé à partir de maïs, de tourteau de soja, d'issues de meunerie, de calcaire, de phosphate monocalcique, de sel et d'un CMV adapté aux besoins des vaches laitières. Cette formulation vise à satisfaire les besoins énergétiques, protéiques et minéraux nécessaires au maintien de la production laitière et de l'état sanitaire des animaux.

- ✓ **Formulations destinées aux poulets de chair**

Les aliments destinés aux poulets de chair sont élaborés selon les différentes phases physiologiques de croissance afin de répondre aux besoins nutritionnels spécifiques de chaque stade d'élevage.

Aliment démarrage

L'aliment démarrage est distribué durant les premières semaines de vie des poussins. Sa formulation est principalement composée de maïs, de tourteau de soja, d'issues de meunerie, de calcaire, de phosphate monocalcique et d'un CMV adapté à cette phase de croissance.

Aliment croissance

L'aliment croissance est utilisé pendant la phase intermédiaire de développement des poulets de chair. Sa composition repose essentiellement sur le maïs, le tourteau de soja, le calcaire, le phosphate monocalcique et un CMV spécifique permettant d'assurer une croissance optimale.

Aliment finition

L'aliment finition est distribué durant la période précédant l'abattage. Il est composé principalement de maïs, de tourteau de soja, de calcaire, de phosphate monocalcique et d'un CMV finition. Cette formulation est destinée à optimiser les performances de croissance et le poids final des animaux.

4. Description de la chaîne de fabrication des aliments composés

L'unité de fabrication de l'UAB de Skikda fonctionne selon un procédé industriel automatisé permettant la transformation des matières premières en aliments composés destinés aux différentes espèces animales.

Le procédé de fabrication repose sur une succession d'opérations techniques comprenant la réception des matières premières, leur nettoyage, leur stockage, leur dosage, leur broyage, leur mélange, leur granulation, leur refroidissement et enfin leur conditionnement avant expédition.

L'ensemble des équipements de production est supervisé par un système de contrôle centralisé assurant le pilotage automatique des différentes opérations et le suivi des paramètres de fabrication. Cette automatisation permet d'améliorer la régularité de la production, la précision des incorporations et la traçabilité des opérations réalisées.

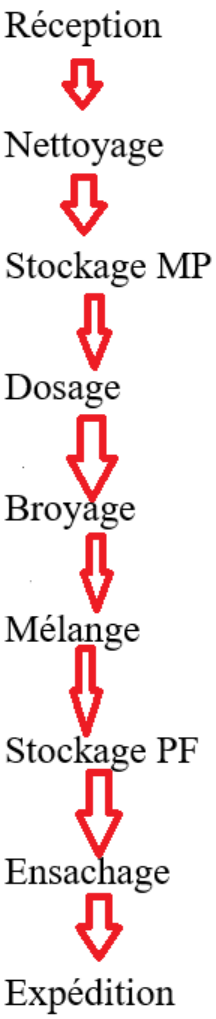
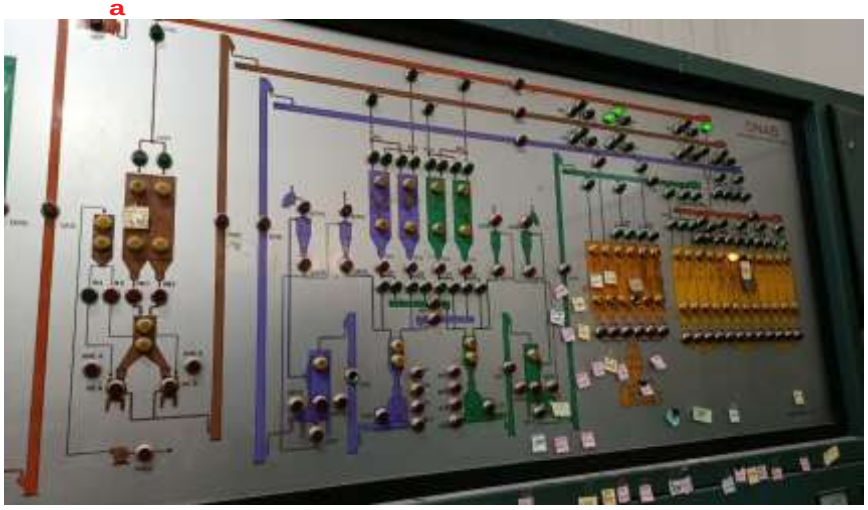
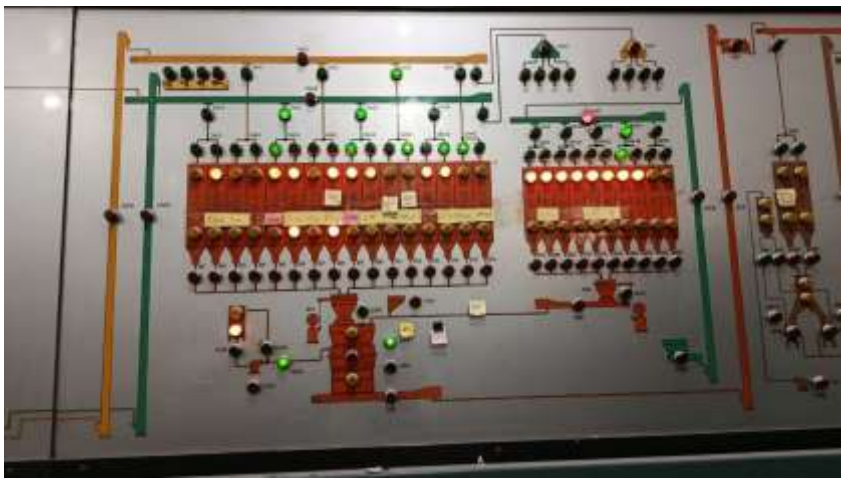
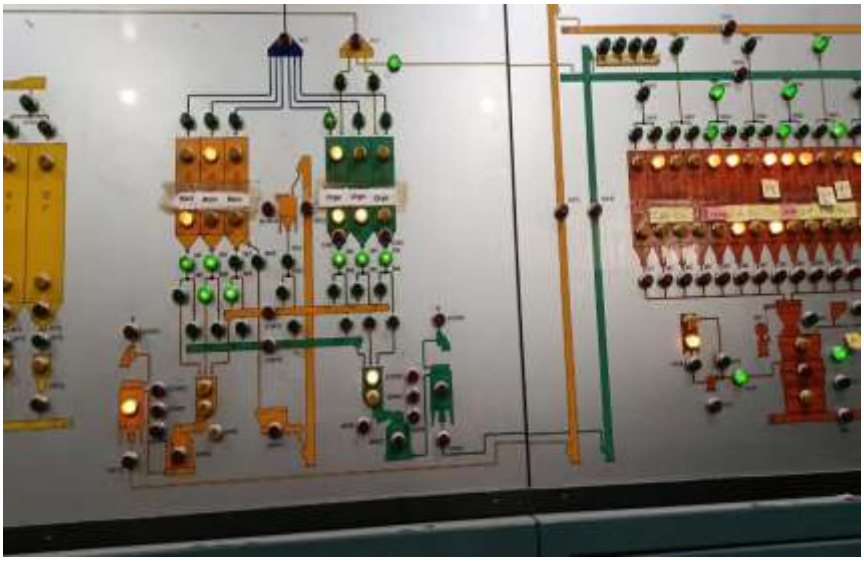


Figure 4 : Schéma général du procédé de fabrication.

a







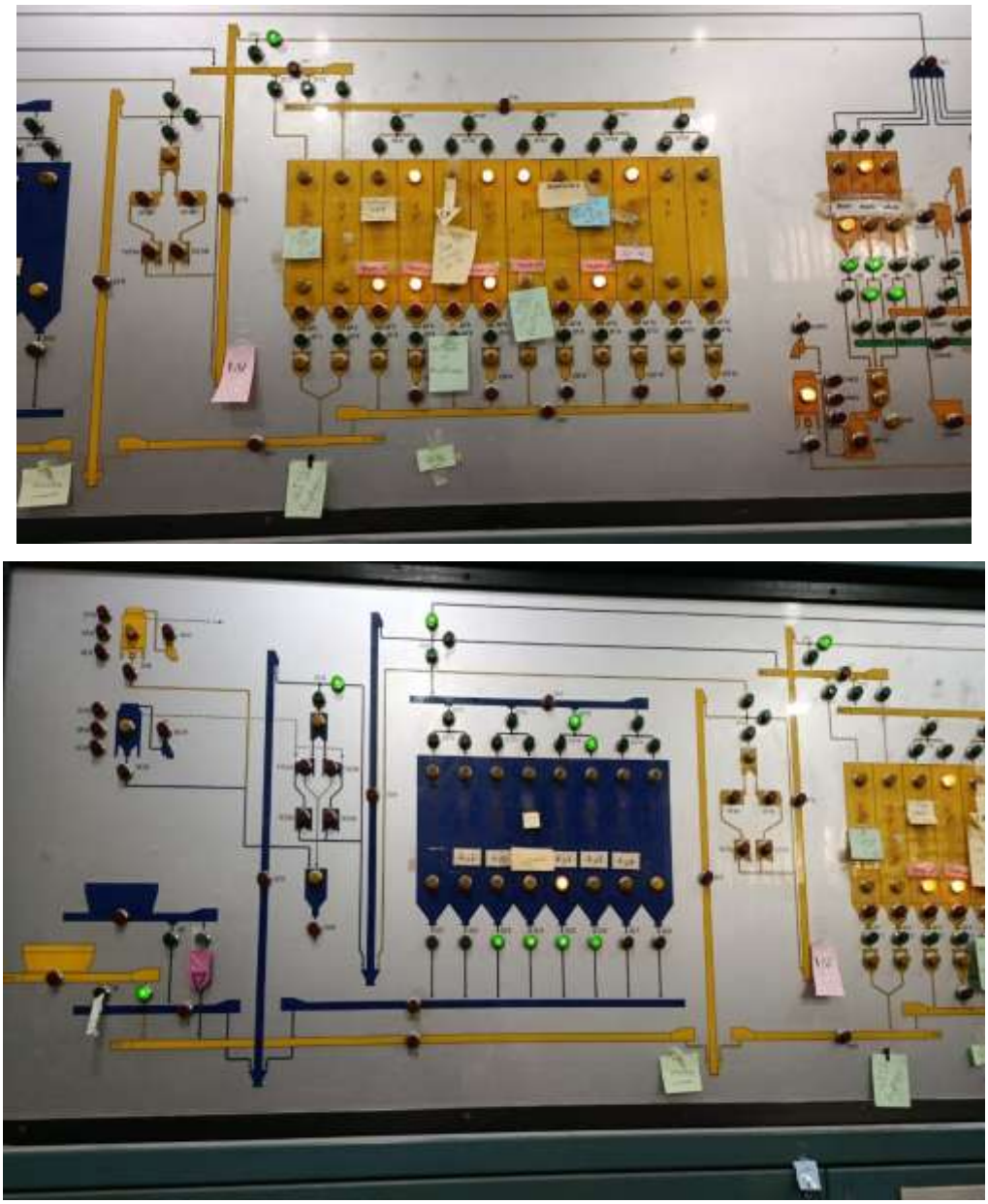


Figure (a, b, c, d, e) : Système de supervision centralisé de l'unité de production.

4.1. Réception et stockage des matières premières

La réception constitue la première étape du processus de fabrication. Les matières premières utilisées dans les différentes formulations (maïs, orge, tourteaux, issues de meunerie, minéraux et additifs alimentaires) sont acheminées vers l'usine par voie routière.

Après leur arrivée sur le site, les matières premières sont déchargées dans une trémie de réception puis transférées à l'aide de convoyeurs mécaniques vers les installations de nettoyage et de stockage.



Figure 5 : Trémie de réception utilisée pour le déchargement des matières premières.

Cette étape revêt une importance particulière puisqu'elle conditionne la qualité des opérations ultérieures. Les matières premières sont ensuite orientées vers des cellules de stockage spécifiques permettant de préserver leurs caractéristiques nutritionnelles et technologiques tout en assurant une alimentation continue de la chaîne de fabrication.

4.2. Stockage des matières premières

Après l'étape de nettoyage, les matières premières sont acheminées vers des silos métalliques de grande capacité identifiés sur le synoptique de l'installation par les cellules AF1 à AF12. Chaque silo est réservé à une matière première spécifique afin de limiter les risques de contamination croisée et d'assurer une gestion optimale des stocks.

Le stockage constitue une étape essentielle du procédé de fabrication puisqu'il permet de préserver les caractéristiques nutritionnelles et technologiques des matières premières avant leur transformation. Il contribue également à garantir la continuité de l'approvisionnement de la chaîne de production tout en protégeant les matières stockées contre l'humidité, les contaminants extérieurs et les variations des conditions environnementales.

Par ailleurs, l'organisation du stockage facilite le suivi des flux de matières premières et améliore la traçabilité des ingrédients utilisés dans les différentes formulations alimentaires.



Figure 6 : Silos métalliques destinés au stockage des matières premières.

4.3. Nettoyage des matières premières

Avant leur incorporation dans les différentes formulations, les matières premières subissent une opération de nettoyage destinée à éliminer les impuretés susceptibles d'altérer la qualité des aliments ou de perturber le fonctionnement des équipements de production.

Cette étape est réalisée à l'aide de plusieurs équipements industriels comprenant des nettoyeurs-séparateurs (DC1 à DC7), des tamis vibrants, des séparateurs magnétiques ainsi que des cyclones dépoussiéreurs.

Le nettoyage repose sur différents principes physiques. Les tamis vibrants assurent la séparation des particules selon leur granulométrie, permettant ainsi l'élimination des corps étrangers de taille supérieure ou inférieure à celle recherchée. Les séparateurs magnétiques sont destinés à retenir les particules métalliques susceptibles de provoquer l'usure ou l'endommagement des équipements. Les cyclones dépoussiéreurs permettent quant à eux l'élimination des particules fines et des poussières par effet centrifuge.

Cette opération joue un rôle déterminant dans la maîtrise de la qualité des aliments composés. Elle contribue à :

- Protéger les équipements contre les détériorations mécaniques ;
- Améliorer la qualité sanitaire des matières premières ;
- Réduire les risques de contamination physique ;

- Optimiser l'efficacité des opérations de fabrication ultérieures.

Les observations réalisées au sein de l'unité ont montré que le système de nettoyage permet d'assurer une élimination efficace des impuretés avant l'entrée des matières premières dans la chaîne de production.



Figure 7 : Installation de nettoyage des matières premières.

4.4. Dosage pondéral des matières premières

Le dosage pondéral constitue une étape essentielle du procédé de fabrication des aliments composés puisqu'il garantit l'incorporation précise des différentes matières premières conformément aux formulations établies. Cette opération conditionne directement la qualité nutritionnelle du produit fini et la conformité des aliments aux besoins spécifiques des différentes espèces animales.

Au sein de l'unité de production, le dosage est entièrement automatisé grâce à un système comprenant des trémies de dosage, des balances électroniques de haute précision et un logiciel de supervision permettant le contrôle en temps réel des quantités incorporées. Chaque matière première est pesée individuellement avant d'être orientée vers les équipements de broyage.

La précision du dosage est un facteur déterminant pour assurer l'équilibre nutritionnel des aliments fabriqués. Toute erreur d'incorporation peut entraîner des déséquilibres dans la

composition de la ration, susceptibles d'affecter les performances zootechniques des animaux, d'augmenter les coûts de production ou de compromettre la qualité du produit final.

Ainsi, l'automatisation de cette étape contribue à améliorer la reproductibilité des formulations, à réduire les erreurs humaines et à renforcer la maîtrise globale du procédé de fabrication.



Figure 8: Dosage pondéral des matières premières.

4.5. Broyage des matières premières

Après leur dosage, les matières premières sont acheminées vers les broyeurs identifiés sur le synoptique par les repères BO et BD. Le broyage est réalisé à l'aide de broyeurs à marteaux fonctionnant à grande vitesse, permettant la réduction de la taille des particules afin d'obtenir une granulométrie adaptée aux exigences nutritionnelles et technologiques des différentes espèces animales.

Cette opération joue un rôle fondamental dans la fabrication des aliments composés. Elle favorise l'augmentation de la surface de contact des particules, améliore leur digestibilité et facilite leur homogénéisation lors des étapes ultérieures de mélange.

Les observations réalisées ont montré que la granulométrie obtenue varie généralement entre 2 et 3 mm selon le type d'aliment produit et l'espèce animale concernée. Une granulométrie adaptée contribue non seulement à améliorer l'ingestion et la valorisation digestive des aliments, mais également à optimiser les performances du procédé de fabrication.

Par ailleurs, la qualité du broyage influence directement l'homogénéité du mélange, la qualité physique du produit fini ainsi que l'efficacité de la granulation lorsqu'elle est appliquée.



Figure 9 : Broyeur à marteaux utilisé pour la réduction granulométrique des matières premières.

4.6. Mélange des matières premières

À l'issue du broyage, les différentes matières premières sont transférées vers les mélangeurs industriels identifiés sur le synoptique par les repères MEA et MEB.

Le mélange constitue une étape stratégique du procédé de fabrication puisqu'il vise à assurer une répartition homogène de l'ensemble des ingrédients incorporés, notamment les matières premières énergétiques, les sources protéiques, les compléments minéraux vitaminiques (CMV) et les additifs alimentaires.

L'unité est équipée de mélangeurs horizontaux à fonctionnement automatisé permettant d'obtenir une homogénéité satisfaisante du produit. Cette étape garantit une distribution uniforme des nutriments au sein de l'aliment composé et contribue à assurer une qualité nutritionnelle constante entre les différents lots de fabrication.

Selon les observations réalisées, la durée moyenne du mélange varie entre 8 et 10 minutes en fonction du volume traité et des caractéristiques des matières premières utilisées. Cette durée permet d'obtenir un niveau d'homogénéité élevé, garantissant une répartition adéquate des éléments nutritifs dans l'ensemble du produit final.



Figure 10 : Mélangeur industriel utilisé dans la fabrication des aliments composés.

4.7. Stockage du produit fini

Une fois le mélange terminé, les aliments composés sont transférés vers les cellules de stockage du produit fini identifiées sur le synoptique par les repères EM.

Ces installations assurent un stockage temporaire avant l'ensachage et permettent de séparer les différentes formulations alimentaires produites au sein de l'usine. Cette organisation facilite la gestion simultanée de plusieurs gammes d'aliments destinées aux différentes espèces animales.

Le stockage intermédiaire contribue également à réguler le flux de production et à assurer l'alimentation continue des lignes d'ensachage.

4.8. Ensachage et expédition

L'ensachage représente la dernière étape du procédé de fabrication. Les aliments composés sont acheminés vers des ensacheuses automatiques identifiées sur le synoptique par le repère EA.

Ces équipements réalisent automatiquement le remplissage, le pesage et la fermeture des sacs, garantissant ainsi une meilleure précision de conditionnement et une productivité accrue. Les sacs utilisés présentent généralement des capacités de 25 kg ou 50 kg selon les besoins des utilisateurs.

L’automatisation de cette opération permet d’améliorer la régularité du conditionnement, de réduire les erreurs de pesage et de faciliter les opérations de manutention et de transport.

Après conditionnement, les produits finis sont stockés dans des zones dédiées avant leur distribution vers les exploitations d’élevage, les coopératives agricoles et les différents réseaux de commercialisation.



Figure 11: Ligne d’ensachage automatique et produits finis prêts à l’expédition.

5. Contrôle de qualité

5.1. Détermination du taux d'humidité

Principe

La détermination du taux d’humidité repose sur la mesure de la perte de masse de l’échantillon après chauffage. Sous l’effet de la température, l’eau contenue dans l’échantillon s’évapore. La différence entre la masse initiale et la masse finale permet de calculer automatiquement le pourcentage d’humidité.

Matériel utilisé

- Analyseur d'humidité Sartorius ;
- Coupelles de pesée ;
- Spatule ;
- Échantillons analysés.

Protocole expérimental

1. Mettre en marche l’analyseur d’humidité Sartorius et vérifier son bon fonctionnement.

2. Placer une coupelle propre sur le plateau de l’appareil et effectuer la tare.

3. Prélever 3 g de l'échantillon à analyser à l'aide d'une spatule.

4. Répartir uniformément l'échantillon dans la coupelle afin d'assurer un séchage homogène.

5. Introduire la coupelle dans l'appareil et fermer le couvercle.

6. Lancer le programme de détermination de l'humidité selon les paramètres prédéfinis de l'appareil.

7. L'appareil chauffe l'échantillon jusqu'à l'évaporation de l'eau et mesure automatiquement la perte de masse.

8. À la fin de l'analyse, relever la valeur du taux d'humidité (%) affichée par l'appareil.

9. Répéter les mêmes étapes pour les quatre échantillons (G, R, E et F).

10. Enregistrer les résultats obtenus et procéder à leur comparaison.



Figure 12 : l'analyseur d'humidité Sartorius.

5.2 Analyse des matières minérales :

Principe

La détermination de la matière minérale consiste à incinérer l'échantillon à haute température afin d'éliminer toute la matière organique. Les éléments minéraux, non combustibles, restent sous forme de cendres. La masse de ces cendres permet d'estimer la teneur en matière minérale de l'échantillon.

Matériel utilisé

- Four à moufle de marque Nabertherm ;

- Creusets en porcelaine ;

- Balance de précision ;

- Pince métallique ;

- Dessiccateur ;

- Échantillons à analyser.

Protocole expérimental

1. Nettoyer et sécher les creusets en porcelaine.
2. Peser chaque creuset vide à l'aide d'une balance de précision et noter sa masse (P_1).
3. Introduire 5 g de l'échantillon dans chaque creuset.
4. Placer les creusets dans le four à moufle Nabertherm.
5. Régler la température du four à 550 °C et procéder à l'incinération pendant 4 heures.
6. À la fin de l'incinération, retirer les creusets à l'aide d'une pince métallique.
7. Placer les creusets dans un dessiccateur jusqu'à leur refroidissement afin d'éviter l'absorption de l'humidité atmosphérique.
8. Peser les creusets contenant les cendres et noter la masse obtenue (P_2).
9. Calculer le pourcentage de matière minérale à l'aide de la formule suivante :

$$\mathbf{MM\ (\%) = ((P_2 - P_1) / P) \times 100}$$

- P_1 : masse du creuset vide (g) ;
- P_2 : masse du creuset contenant les cendres (g) ;
- P : masse de l'échantillon analysé (5 g).



Figure 13 : les échantillons d'aliments a analyser.



Figure 14 : balance de précision.



Figure 15: Les creusets en porcelaine contenant l'échantillon a analyser.



Figure 16: Four à moufle de marque Nabertherm



Figure 17 : Les cendres des échantillons après incinération au four.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSION :

1. Évaluation des conditions de contrôle qualité au sein de l'UAB de Skikda

Le suivi du procédé de fabrication des aliments composés au sein de l'UAB de Skikda a permis d'évaluer les principales mesures de contrôle qualité mises en œuvre tout au long de la chaîne de production. Les observations ont porté essentiellement sur les conditions d'hygiène, le stockage des matières premières, le respect des procédures de fabrication ainsi que les pratiques de sécurité appliquées par le personnel (tableau).

Les résultats obtenus montrent que l'unité applique un ensemble de mesures visant à garantir la qualité sanitaire et technologique des aliments fabriqués.

Tableau 3 : Évaluation des conditions générales de qualité observées au sein de l'unité de production

Critère évalué	Observations réalisées	Niveau de conformité
Hygiène des locaux	Nettoyage régulier des zones de production	Conforme
Entretien des équipements	Maintenance et nettoyage périodiques	Conforme
Stockage des matières premières	Conditions de stockage satisfaisantes	Conforme
Port des équipements de protection individuelle	Respect des consignes de sécurité	Conforme

Les observations réalisées montrent que l'UAB de Skikda accorde une importance particulière aux mesures d'hygiène et de sécurité au sein de l'unité de production. Les locaux de fabrication étaient maintenus dans un état de propreté satisfaisant durant toute la période d'observation, ce qui contribue à limiter les risques de contamination des aliments composés.

Le nettoyage régulier des équipements constitue également un élément essentiel pour prévenir l'accumulation de résidus alimentaires susceptibles de favoriser le développement de contaminants microbiologiques ou de provoquer des contaminations croisées entre les différentes formulations produites.

Par ailleurs, les conditions de stockage observées apparaissent globalement satisfaisantes. Les matières premières sont conservées dans des silos dédiés, permettant de limiter les risques de mélange accidentel et de préserver leurs caractéristiques nutritionnelles. Ces observations sont conformes aux recommandations de la FAO (2021), qui souligne l'importance du stockage adéquat des matières premières dans le maintien de la qualité des aliments destinés aux animaux (figure).



Figure 18 : les conditions de stockage du produit fini.

Le respect du port des équipements de protection individuelle par le personnel traduit également une bonne application des règles de sécurité industrielle. Cette mesure contribue non seulement à la protection des travailleurs mais également à la prévention des contaminations du produit au cours du processus de fabrication.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus indiquent un niveau de conformité satisfaisant des pratiques observées au sein de l'unité de production. Toutefois, la mise en place d'un système documenté d'audits internes réguliers pourrait permettre de renforcer davantage la maîtrise du système qualité et d'assurer une amélioration continue des performances de l'entreprise.

La photographie illustre les conditions générales de fonctionnement de l'unité de production. L'organisation des équipements, la propreté des installations et le respect des procédures observés témoignent d'une gestion relativement rigoureuse des activités de fabrication des aliments composés.

2. Résultats relatifs aux analyses physico-chimiques

2.1. Résultats relatifs a la Détermination du taux d'humidité

L'humidité constitue l'un des principaux paramètres de qualité des aliments composés. Elle influence directement la conservation du produit, sa stabilité microbiologique ainsi que sa valeur nutritionnelle. Un taux d'humidité excessif favorise le développement des moisissures, des levures et des bactéries susceptibles d'altérer la qualité sanitaire des aliments.

Tableau 4 : Les valeurs de référence utilisées pour l'évaluation des aliments composés.

Paramètre analysé	**Norme ou valeur de référence**	**Référence bibliographique**
Humidité	Inférieure à 12 % pour assurer une bonne conservation ; ne pas dépasser 14 %	FAO & IFIF (2020) ; McDonald et al. (2011)
Matières minérales (cendres brutes)	Généralement comprises entre 5 et 10 % dans les aliments composés pour animaux	Sauvant et al. (2004) ; McDonald et al. (2011)
Détermination de L'humidité	ISO 6496	ISO (1999)
Détermination des cendres brutes	ISO 5984	ISO (2022)

Tableau5 : Résultats de l'analyse du taux d'humidité.

Paramètre	Résultat obtenu	Norme recommandée	Conformité
Humidité	9.19%	<14	Conforme
Humidité	6.86%	<14	Conforme
Humidité	5.86%	<14	Conforme
Humidité	10.99%	<14	Conforme

Les résultats obtenus montrent que les taux d'humidité des différents échantillons varient entre 5,86 % et 10,99 %. L'ensemble des valeurs demeure inférieur à la limite maximale

recommandée de 14 %, indiquant une bonne maîtrise du procédé de fabrication et des conditions de stockage.

Selon la FAO (2021), les aliments composés présentant une humidité inférieure à 12–14 % possèdent généralement une meilleure stabilité microbiologique et un risque réduit de développement de moisissures productrices de mycotoxines.

Les faibles teneurs observées dans les échantillons analysés témoignent de l'efficacité des opérations de séchage, de stockage et de conditionnement appliquées au sein de l'unité de production. Ces résultats suggèrent également une bonne aptitude à la conservation des aliments fabriqués et indiquent que le processus de fabrication et les conditions de stockage sont bien maîtrisés au niveau de l'unité de production, garantissant ainsi la stabilité et la qualité du produit fini.

2.2. Résultats relatifs à la détermination de la teneur en matières minérales

La teneur en matières minérales, également appelée teneur en cendres, représente la fraction inorganique résiduelle obtenue après incinération complète de la matière organique. Ce paramètre constitue un indicateur de la richesse minérale des aliments et permet également de détecter d'éventuelles contaminations par des particules minérales indésirables.

Tableau 6 : Résultats de l'analyse des matières minérales

Echantillon	Matière minérale (%)	Valeur recommandée (%)	Conformité
Finition (1)	6.46%	<8%	Conforme
Finition (2)	5.93%	<8%	Conforme
Mais (1)	7.33%	<8%	Conforme
Mais (2)	**8.13%**	<8%	Non Conforme

Les teneurs en matières minérales enregistrées varient entre 5,93 % et 8,13 %. Trois échantillons sur quatre respectent les limites recommandées. En revanche, l'échantillon « Maïs 2 » présente une teneur légèrement supérieure à la valeur maximale admise avec 8,13 %.

Les valeurs observées dans les aliments de finition sont compatibles avec les niveaux habituellement rapportés dans la littérature pour les aliments composés destinés aux volailles. Selon l'INRA (2018), les teneurs en matières minérales des aliments complets varient généralement entre 4 et 8 % selon leur composition et leur destination zootechnique.

Le léger dépassement observé pourrait être attribué à plusieurs facteurs, notamment une variabilité naturelle de la composition des matières premières, une incorporation plus importante de compléments minéraux ou encore la présence d'impuretés minérales lors du stockage ou de la manutention.

Bien que cet écart demeure faible, il justifie un renforcement du contrôle des matières premières à la réception ainsi qu'une surveillance plus rigoureuse des formulations afin d'assurer une conformité permanente aux spécifications de qualité.

3. Évaluation globale du respect des normes de qualité

L'évaluation des pratiques observées au sein de l'UAB de Skikda a permis de mettre en évidence un niveau globalement satisfaisant de maîtrise du processus de fabrication.

Tableau 7 : Évaluation du respect des normes de qualité

Critère évalué	Observation réalisée	Niveau de conformité
Hygiène des locaux	Moyennement satisfaisante	Partiellement conforme
Nettoyage des équipements	Régulier	Conforme
Conditions de stockage	Acceptable	Conforme
Contrôle du taux d'humidité	Effectué régulièrement	Conforme
Contrôle des matières minérales	Réalisé au laboratoire	Conforme
Port des équipements de sécurité	Partiellement respecté	Partiellement conforme

4. Analyse critique du procédé de fabrication

L'évaluation du procédé de fabrication des aliments composés au sein de l'UAB de Skikda a permis d'identifier plusieurs éléments contribuant à la qualité des produits fabriqués ainsi que certains points susceptibles d'être améliorés dans une perspective d'amélioration continue.

L'analyse a porté sur l'ensemble des étapes du processus de production, depuis la réception des matières premières jusqu'à l'ensachage des produits finis, ainsi que sur les mesures de contrôle qualité mises en œuvre au niveau de l'unité de fabrication et du laboratoire.

4.1. Points forts observés

Les observations réalisées ont mis en évidence plusieurs aspects positifs contribuant à la maîtrise de la qualité des aliments composés produits au sein de l'entreprise.

Tableau 8 : Principaux points forts observés au cours de l'étude

Critère évalué	Observations réalisées	Impact sur la qualité
Réception des matières premières	Contrôle visuel systématique à la réception	Limitation de l'introduction de matières non conformes
Stockage	Utilisation de silos dédiés aux différentes matières premières	Réduction des contaminations croisées
Dosage	Processus automatisé et supervisé informatiquement	Amélioration de la précision des formulations
Broyage	Utilisation de broyeurs à marteaux performants	Amélioration de la digestibilité des aliments
Mélange	Mélangeurs automatisés assurant une bonne homogénéité	Répartition uniforme des nutriments
Contrôle qualité	Réalisation régulière d'analyses physico-chimiques	Vérification de la conformité des produits
Sécurité	Disponibilité des équipements de protection individuelle	Réduction des risques professionnels

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées au laboratoire montrent également une bonne maîtrise de certains paramètres de qualité. Les taux d'humidité enregistrés pour l'ensemble des échantillons analysés demeurent inférieurs à la limite maximale recommandée de 14 %, ce qui traduit des conditions satisfaisantes de fabrication et de conservation des aliments.

De même, les teneurs en matières minérales observées se situent globalement dans les limites recommandées pour les aliments composés, à l'exception d'un échantillon présentant un léger dépassement qui demeure toutefois limité.

4.2. Insuffisances observées

Malgré les performances satisfaisantes observées au cours de l'étude, certaines insuffisances ont été relevées et méritent une attention particulière afin d'améliorer davantage le système de gestion de la qualité. Le tableau suivant présente les principales insuffisances relevées au cours de la réalisation de ce travail.

Tableau 9 : Principales insuffisances observées

Domaine évalué	Insuffisance constatée	Conséquences potentielles
Hygiène des locaux	Niveau d'hygiène variable selon les zones	Risque accru de contamination
Port des équipement	Respect irrégulier par certains opérateurs	Risques sanitaires et professionnels
Traçabilité	Documentation parfois incomplète	Difficulté de suivi des lots
Contrôle qualité	Nombre limité de paramètres analysés	Évaluation partielle de la qualité nutritionnelle
Stockage	Surveillance environnementale perfectible	Risque de dégradation des matières premières

Matières minérales	Un échantillon légèrement supérieur à la norme	Risque de déséquilibre nutritionnel

L'analyse de ces insuffisances montre que les principales améliorations à apporter concernent davantage l'organisation du système qualité que les performances techniques de la chaîne de fabrication elle-même.

4.3. Propositions d'amélioration du procédé de fabrication

Sur la base des observations réalisées et des résultats obtenus, plusieurs actions correctives et préventives peuvent être proposées afin d'améliorer davantage la qualité des aliments fabriqués et de renforcer la maîtrise du procédé industriel.

Tableau 10 : Propositions d'amélioration

Domaine concerné	Action proposée	Objectif
Hygiène	Renforcement du plan de nettoyage et de désinfection	Réduction des risques de contamination
Stockage	Contrôle régulier de la température et de l'humidité des silos	Préservation de la qualité des matières premières
Contrôle qualité	Augmentation de la fréquence des analyses physico-chimiques	Amélioration du suivi qualité
Laboratoire	Introduction d'analyses complémentaires(mycotoxines)	Évaluation plus complète des produits
Traçabilité	Informatisation du suivi des lots de production	Amélioration du contrôle de la production
Personnel	Formation continue aux bonnes pratiques de fabrication	Renforcement des compétences techniques
Sécurité	Contrôle plus strict du port des équipements.	Protection du personnel

La mise en œuvre de ces recommandations contribuerait à améliorer davantage les performances du système de gestion de la qualité et à renforcer la conformité des aliments composés fabriqués au sein de l'UAB de Skikda.

Discussion générale

Discussion générale :

Les résultats obtenus au cours du suivi du processus de fabrication des aliments de bétail au niveau de l'UAB de Skikda montrent que l'unité dispose d'un système de production relativement bien structuré, reposant sur une succession d'étapes techniques allant de la réception des matières premières jusqu'à l'ensachage du produit fini. Cette organisation est conforme aux principes généraux recommandés dans l'industrie des aliments pour animaux, où la maîtrise de la qualité doit être assurée tout au long de la chaîne de fabrication et non uniquement au niveau du produit final (Codex Alimentarius, 2004 ; FAO et IFIF, 2020).

La réception et le stockage des matières premières constituent des étapes déterminantes dans la qualité des aliments composés. Selon le Codex Alimentarius (2004), les matières premières doivent être contrôlées à leur réception, stockées dans des conditions appropriées et protégées contre l'humidité, les contaminants et les nuisibles. Les observations réalisées au sein de l'UAB de Skikda montrent que les matières premières sont orientées vers des silos spécifiques permettant de limiter les risques de contamination croisée et d'assurer une meilleure traçabilité des lots. Ces pratiques sont comparables à celles décrites par la FAO et l'IFIF (2020), qui soulignent l'importance de la séparation des matières premières et de la surveillance des conditions de stockage pour préserver la qualité sanitaire et nutritionnelle des aliments.

L'étape de nettoyage des matières premières constitue également un point important du procédé. L'utilisation de systèmes de séparation et de dispositifs d'élimination des corps étrangers contribue à réduire les risques de contamination physique des aliments. Selon la FAO et l'OMS (2019), les dangers associés aux aliments pour animaux peuvent être d'origine physique, chimique ou biologique, ce qui justifie l'importance des opérations de nettoyage et de tri avant la transformation des matières premières.

Le dosage pondéral automatisé observé au sein de l'unité représente un élément positif du procédé de fabrication. En effet, la précision du dosage conditionne directement l'équilibre nutritionnel des aliments composés. Une mauvaise incorporation des matières premières peut entraîner des variations dans les teneurs en énergie, protéines ou minéraux, susceptibles d'affecter les performances zootechniques des animaux (McDonald et al., 2011).

L'automatisation du dosage permet ainsi de limiter les erreurs humaines et d'assurer une meilleure régularité des formulations produites.

Concernant le broyage, les observations effectuées montrent une granulométrie moyenne comprise entre 2 et 3 mm. Selon Sauvant et al. (2004), la granulométrie influence directement la digestibilité des aliments, l'homogénéité du mélange et les performances alimentaires des animaux. Une granulométrie excessive peut réduire l'efficacité digestive, tandis qu'une mouture trop fine favorise la formation de poussières et peut diminuer la qualité technologique de l'aliment. Le contrôle régulier de cette étape demeure donc essentiel.

Le mélange constitue l'une des étapes critiques de la fabrication des aliments composés. Les observations réalisées montrent que la durée moyenne du mélange varie entre 8 et 10 minutes, ce qui semble compatible avec les pratiques industrielles couramment rapportées dans les usines d'aliments du bétail. Toutefois, l'absence d'évaluation de l'homogénéité du mélange à l'aide d'un traceur ou d'analyses répétées constitue une limite de l'étude. Selon McDonald et al. (2011), l'homogénéité du mélange représente un indicateur fondamental de la qualité des aliments composés puisqu'elle conditionne la répartition uniforme des nutriments et des additifs dans chaque lot produit.

Les analyses physico-chimiques réalisées dans le laboratoire de contrôle qualité ont porté sur deux paramètres essentiels : le taux d'humidité et la teneur en matières minérales. Les résultats obtenus montrent que les taux d'humidité varient entre 5,86 % et 10,99 %. Ces valeurs restent inférieures aux limites généralement recommandées pour les aliments composés destinés aux animaux, souvent situées entre 12 et 14 % selon la nature de l'aliment et les conditions de stockage (FAO et IFIF, 2020). Ces résultats indiquent une bonne stabilité potentielle des aliments fabriqués et un risque relativement faible de développement microbien durant la conservation.

Les teneurs en humidité observées sont comparables à celles rapportées par Benabdelkader et al. (2021) dans des aliments composés destinés aux volailles en Algérie, où les valeurs variaient entre 8 et 11 %. De même, Bouderoua et Selselet-Attou (2017) ont rapporté des teneurs similaires dans différents aliments destinés aux ruminants et aux volailles. Cette concordance suggère que les conditions de fabrication et de stockage appliquées à l'UAB de Skikda permettent de maintenir des teneurs en eau compatibles avec une bonne conservation des aliments.

Toutefois, l'échantillon présentant une humidité de 10,99 % mérite une attention particulière. Bien que cette valeur demeure acceptable, plusieurs auteurs ont montré qu'une augmentation de l'humidité constitue l'un des principaux facteurs favorisant le développement des moisissures et la production de mycotoxines dans les matières premières destinées à

l'alimentation animale (Magan et Aldred, 2007 ; Fumagalli et al., 2021). Une surveillance régulière des conditions de stockage demeure donc nécessaire, notamment pour les matières premières sensibles telles que le maïs et les tourteaux.

Concernant les matières minérales, les résultats obtenus varient entre 5,93 % et 8,13 %. Ces valeurs sont comparables à celles rapportées par McDonald et al. (2011), qui indiquent que la teneur en cendres des aliments composés se situe généralement entre 5 et 10 % selon les formulations utilisées. Les valeurs observées reflètent probablement la présence de compléments minéraux et vitaminiques, de phosphates et de carbonate de calcium incorporés dans les formulations. Selon Sauvant et al. (2004), l'augmentation de la teneur en cendres est généralement liée à un enrichissement de l'aliment en minéraux nécessaires à la croissance, à la reproduction et aux performances zootechniques des animaux.

Les méthodes analytiques utilisées dans le cadre de cette étude sont conformes aux principes des normes internationales. La détermination de l'humidité suit les recommandations de la norme ISO 6496 relatives à la détermination de l'humidité et des matières volatiles dans les aliments pour animaux, tandis que la détermination des matières minérales par incinération à 550 °C correspond au principe de la norme ISO 5984 relative à la détermination des cendres brutes (ISO, 1999 ; ISO, 2022). Ces références confèrent une crédibilité supplémentaire aux résultats obtenus.

Cependant, une analyse critique du système de contrôle qualité montre que l'évaluation de la qualité nutritionnelle des aliments ne peut se limiter aux seuls paramètres d'humidité et de matières minérales. Une caractérisation plus complète devrait inclure la détermination des protéines brutes, des matières grasses, de la cellulose brute, du calcium, du phosphore ainsi que la recherche de contaminants potentiels tels que les mycotoxines. L'absence de ces analyses constitue la principale limite du présent travail et restreint l'évaluation globale de la qualité nutritionnelle des aliments fabriqués.

D'une manière générale, l'UAB de Skikda présente plusieurs atouts, notamment l'automatisation de certaines étapes du procédé, l'existence d'un laboratoire de contrôle

qualité, l'utilisation de silos de stockage adaptés et la réalisation d'analyses physico-chimiques régulières. Néanmoins, le renforcement de la traçabilité des lots, l'élargissement des contrôles analytiques, la surveillance continue des conditions de stockage ainsi que la mise en place d'une démarche HACCP spécifique à la fabrication des aliments du bétail

permettraient d’améliorer davantage la maîtrise du procédé et la qualité des produits fabriqués.

Ainsi, les résultats obtenus montrent que le processus de fabrication suivi au niveau de l’UAB de Skikda présente un niveau de maîtrise globalement satisfaisant. Toutefois, l’amélioration continue du système qualité, associée à un contrôle analytique plus complet, apparaît indispensable pour garantir durablement la qualité nutritionnelle et sanitaire des aliments destinés aux animaux d’élevage.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE :

Le présent travail a été réalisé au sein de l'unité de production de l'unité d'aliments de bétail (UAB) de Skikda dans le cadre d'une étude descriptive et analytique du procédé de fabrication des aliments composés destinés aux principales espèces d'élevage. Cette étude avait pour objectif de décrire les différentes étapes du processus de fabrication, d'évaluer certaines pratiques de contrôle qualité mises en œuvre au sein de l'entreprise et d'identifier les principaux points forts et les insuffisances susceptibles d'influencer la qualité du produit fini.

L'observation de la chaîne de production a permis de mettre en évidence une organisation industrielle reposant sur plusieurs opérations successives comprenant la réception des matières premières, leur stockage, leur nettoyage, leur dosage, leur broyage, leur mélange, leur conditionnement et leur expédition. L'automatisation de plusieurs étapes du procédé contribue à assurer une certaine régularité de la production et à améliorer la maîtrise des formulations alimentaires.

Les résultats des observations réalisées au niveau de l'unité de production ont montré que les conditions générales de fabrication sont globalement satisfaisantes. Les opérations de nettoyage des équipements, les conditions de stockage des matières premières ainsi que les procédures de contrôle qualité appliquées au sein du laboratoire contribuent au maintien de la qualité des aliments produits.

Les analyses physico-chimiques effectuées ont révélé des taux d'humidité compris entre 5,86 % et 10,99 %, valeurs inférieures à la limite maximale recommandée de 14 %, traduisant ainsi une bonne aptitude à la conservation des aliments fabriqués. De même, les teneurs en matières minérales observées se sont révélées globalement conformes aux normes appliquées, à l'exception d'un échantillon présentant un léger dépassement qui nécessite une surveillance particulière.

L'analyse critique du procédé a également permis d'identifier plusieurs points forts, notamment l'existence d'un système de contrôle qualité fonctionnel, l'utilisation d'équipements de production adaptés et l'application de certaines mesures de sécurité et d'hygiène. Toutefois, quelques insuffisances ont été relevées concernant le respect rigoureux

des règles d'hygiène, le port systématique des équipements de protection individuelle, le suivi documentaire et l'élargissement du contrôle analytique à d'autres paramètres nutritionnels.

Au regard des résultats obtenus, il apparaît que l'UAB de Skikda dispose d'une base technique satisfaisante pour assurer la fabrication d'aliments composés répondant aux exigences générales de qualité. Néanmoins, le renforcement de certaines pratiques relatives à l'hygiène, à la traçabilité, à la formation du personnel et au contrôle qualité permettrait d'améliorer davantage la maîtrise du procédé et de garantir une qualité encore plus élevée des aliments destinés aux animaux d'élevage.

En perspective, il serait intéressant de compléter cette étude par une évaluation plus approfondie de la qualité nutritionnelle des aliments produits, notamment à travers l'analyse des protéines, des matières grasses, des fibres, des mycotoxines ainsi que des performances zootechniques obtenues chez les animaux consommateurs de ces aliments.


Recommandations

Recommandations :

À l'issue de cette étude portant sur l'évaluation du procédé de fabrication et du système de contrôle qualité au sein de l'UAB de Skikda, plusieurs recommandations peuvent être proposées afin de renforcer la maîtrise de la qualité des aliments composés et d'améliorer les performances globales de l'unité de production.

1. Renforcement des conditions d'hygiène

Il est recommandé de renforcer davantage les mesures d'hygiène au sein des différentes zones de production et de stockage. La mise en œuvre d'un programme de nettoyage et de désinfection plus rigoureux permettrait de réduire les risques de contamination des matières premières et des produits finis.

Par ailleurs, l'instauration d'audits internes réguliers contribuerait à vérifier l'application effective des bonnes pratiques d'hygiène et à identifier rapidement les éventuelles non-conformités.

2. Amélioration des conditions de stockage

Les matières premières et les produits finis doivent être conservés dans des conditions optimales afin de préserver leurs caractéristiques nutritionnelles et sanitaires.

Il est recommandé de :

- Surveiller régulièrement la température et l'humidité des zones de stockage ;
- Appliquer rigoureusement le principe « premier entré, premier sorti » (FIFO) ;
- Renforcer le contrôle de l'état sanitaire des silos et des entrepôts ;
- Prévenir l'apparition de moisissures et d'infestations par les nuisibles.

3. Renforcement du contrôle des matières premières

La qualité des aliments composés dépend directement de la qualité des matières premières utilisées.

À cet effet, il est recommandé de :

- Renforcer les contrôles à la réception des matières premières ;
- Réaliser des analyses plus fréquentes de l'humidité et de la composition minérale ;
- Mettre en place un système de suivi des fournisseurs basé sur des critères de qualité clairement définis ;

- Effectuer un contrôle particulier des matières premières présentant une variabilité importante, notamment le maïs et les tourteaux.

4. Développement du suivi analytique

Les analyses physico-chimiques réalisées au laboratoire constituent un outil essentiel d'assurance qualité.

Il serait souhaitable d'élargir les contrôles analytiques en intégrant :

- La détermination de la teneur en protéines brutes ;
- L'analyse des matières grasses ;
- La détermination de la cellulose brute ;
- Le contrôle de la granulométrie ;
- la recherche de contaminants tels que les mycotoxines lorsque cela est nécessaire.

Ces analyses complémentaires permettraient une évaluation plus complète de la qualité nutritionnelle des aliments fabriqués.

5. Renforcement de la traçabilité

La mise en place d'un système de traçabilité plus performant permettrait d'assurer un meilleur suivi des matières premières et des produits finis tout au long du processus de fabrication.

Cette démarche faciliterait :

- L'identification rapide des lots ;
- La gestion des non-conformités ;
- Le suivi des opérations de production ;
- L'amélioration continue du système qualité.

6. Formation continue du personnel

Le facteur humain demeure un élément essentiel dans la maîtrise de la qualité.

Il est recommandé d'organiser périodiquement des sessions de formation portant sur :

- Les bonnes pratiques de fabrication ;
- Les règles d'hygiène et de sécurité ;
- Les procédures de contrôle qualité ;
- La prévention des risques professionnels.

Une meilleure sensibilisation du personnel contribuerait à renforcer l'efficacité du système qualité et à réduire les erreurs opérationnelles.

7. Mise en place d'une démarche HACCP

Dans une perspective d'amélioration continue, il serait judicieux de développer une démarche HACCP adaptée à l'activité de fabrication des aliments du bétail.

Cette approche permettrait :

- D'identifier les points critiques de contrôle ;
- De prévenir les risques sanitaires ;
- D'améliorer la maîtrise du procédé de fabrication ;
- De renforcer la confiance des utilisateurs dans la qualité des produits fabriqués.

L'application de ces recommandations contribuerait à améliorer davantage la qualité nutritionnelle et sanitaire des aliments composés produits par l'UAB de Skikda. Elle permettrait également de renforcer la maîtrise du procédé de fabrication, d'optimiser les performances de l'unité de production et de soutenir durablement le développement du secteur de l'élevage.

Références scientifiques

Akintan, O., Gebremedhin, K. G., & Uyeh, D. D. (2024). Animal feed formulation—Connecting technologies to build a resilient and sustainable system. Animals, 14(10), 1497. https://doi.org/10.3390/ani14101497

W. P. Weiss Brief Introduction to the NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). (2021). Nutrient requirements of dairy cattle (8th revised edition). Washington, DC: National Academies Press.

Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P., Thornton, P. K., Conant, R. T., Smith, P., et al. (2015). Livestock and the environment: What have we learned in the past decade? Nature Food, 2, 419–428.

Kebreab, E., Liedke, A., Caro, D., Deimling, S., Binder, M., & Finkbeiner, M. (2022). Environmental impacts of food systems: Livestock production and sustainability. Annual Review of Animal Biosciences, 10, 1–23.

Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. FAO, Rome.

FAO. (2011). Animal feed resources information system. Rome: Food and Agriculture Organization.

Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: Strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. Trends in Food Science & Technology, 110, 617–625.

Agabriel, J. (2010). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux-Valeurs des aliments: Tables Inra 2010. Édition remaniée. Quae.editions.

Kebreab E, Liedke A, Caro D, Deimling S, Binder M, Finkbeiner M, 2016. Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A life cycle assessment. J Anim Sci. 2016 Jun;94(6):2664-81. doi: 10.2527/jas.2015-9036. PMID: 27285941.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2021). Animal nutrition (7th ed.). Pearson Education.

Dantzig, G. B. (2016). Linear programming and extensions.

Brah, N., Issa, S., & Boukar, O. (2015). Étapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille.

Li, J., Kebreab, E., You, F., Fadel, J. G., Hansen, T. L., VanKerkhove, C., & Reed, K. F. (2022). The application of nonlinear programming on ration formulation for dairy cattle. Journal of dairy science, 105(3), 2180-2189.

FAO(2013)'Utilizationoffruit andvegetablewastesaslivestockfeed andas substrates for generation of other value-added products, http://www.fao.org/docrep/018/i3273e/i3273e.pdf [Verified 21 March 2016]

Codex Alimentaruis. (2004). Code of practice on good animal feeding. CAC/RCP, 54-2004.

Henchion, M., Moloney, A. P., Hyland, J., Zimmermann, J., & McCarthy, S. (2021). Trends for meat, milk and egg consumption for the next decades and the role played by livestock systems in the global production of proteins. Animal, 15, 100287.

Daniel Sauvant, J.M. Perez, Gilles Tran,2004 . Association Française de Zootechnie. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Porcs, volailles, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons). INRA Editions, 301 p., 2004, 2-7380-1158-6. ⟨hal-02834238⟩

Thomas, M., & van der Poel, A. F. B. (1996). Physical quality of pelleted animal feeds. 1. Criteria for pellet quality. Animal Feed Science and Technology, 61(1–4), 89–112.

Références bibliographiques

Co**dex Alimentarius Commission. (2004).** Code of Practice on Good Animal Feeding, CAC/RCP 54-2004. FAO/WHO.

FAO & IFIF. (2010). Good practices for the feed industry: Implementing the Codex Alimentarius Code of Practice on Good Animal Feeding. FAO Animal Production and Health Manual No. 9. Rome: FAO.

FAO & IFIF. (2020). Good practices for the feed sector: Implementing the Codex Alimentarius Code of Practice on Good Animal Feeding. FAO Animal Production and Health Manual No. 24. Rome: FAO.

FAO & WHO. (2019). Hazards associated with animal feed. Report of the Joint FAO/WHO Expert Meeting. Rome: FAO.

ISO. (1999). ISO 6496: Animal feeding stuffs.Determination of moisture and other volatile matter content. International Organization for Standardization.

ISO. (2022). ISO 5984: Animal feeding stuffs. Determination of crude ash. International Organization for Standardization.

F**umagalli, F., Ottoboni, M., Pinotti, L., & Cheli, F. (2021).** Integrated mycotoxin management system in the feed supply chain. Toxins, 13(8), 572.

Bouderoua K., Selselet-Attou G. (2017). Nutrition et alimentation animale. OPU, Alger.

McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A., Sinclair L., Wilkinson R. (2011). Animal Nutrition, 7th Edition. Pearson Education.

Sauvant D., Perez J.M., Tran G. (2004). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA.

Magan N., Aldred D. (2007). Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. International Journal of Food Microbiology, 119, 131-139.

ANNEXES

GROUPE AVICOLE DE L'EST
UNITE DES ALIMENTS DU BETAIL-EL ARROUCH

DEPARTEMENT CONTROLE DE QUALITE

Détermination du taux d'humidité

1 Définition :

Le taux d'humidité est l'un des paramètres les plus simple à déterminer ; il provient en fait de toutes les substances volatiles qui se dégagent par chauffage et provoquent une perte de poids de la matière telle que : l'eau, les huiles, les alcools, les produits de la décomposition (lors d'un surchauffage).Une détermination erronée de la teneur en humidité affectera le reste des paramètres lorsqu'ils sont exprimés sur la base de la matière sèche ce qui peut donner lieu à des concentrations erronées en paramètres dans des aliments formulés et s'assurer que des moisissures ne se développent pas .

2 Principe :

La prise d'essai est soumise à la dessiccation dans des conditions définies variables en fonction de la nature de l'aliment ; la perte de la masse est déterminée par pesée.

3 Mode opératoire :

Pour la détermination du taux d'humidité il est nécessaire de disposer d'un humidimètre.

- Préparer l'échantillon + homogénéisation.(broyage de l'échantillon)
- Ouvrir la chambre à échantillon et peser une coupelle pour échantillon.
- Tarer la coupelle.
- Répartir environ 3g d'échantillon de façon homogène dans la coupelle.
- Démarrer le programme de dessiccation.
- Lire l'affichage automatique de l'humidité.

Remarque :

L'appareil est programmé préalablement à une température de 103° C (pour aliments) et 130° C (pour matières premières).

23/04/2021

Debut: 11:00

operateur = Sarah

Nature de l'analyse: Matière minérale.

Design	code	DDF	DDR	n° creuset	avant	après	MM
finition	1380	22/04	23/04	4	34,1302	34,4536	6,46
				8	31,5278	31,8238	5,93
Mais	/	22/04	23/04	6	32,4381	32,8047	7,33
				7	33,4850	33,8918	8,13

finition: $\frac{P_2 - P_1}{5} \times 100 = \frac{34,4536 - 34,1302}{5} \times 100$

Début : 28/04/2026. 28/04/2026.

opérateur : Sara + stagiaire. : MM ?

Design	code	DDF	DDR	n° enregistr	Avant	Après	MM%	HY.
farine Mama ①	seigle	24/02/26	28/04	4	34,1178			8,63
farine ②	seigle	24/02/26	28/04	H	9,7842			8,53
farine ③	seigle	24/02/26	28/04	8	31,2411			6,39
ponte البنت	2366	26/04/26	//	Or	9,8970			9.19
ponte	2366	26/04/26	//	R	11,1172			6.86
البنت Oven Engr	4598	26/04/26	//	E	10,0323			5,86%
avin Engr	498	27/04/26	//	7	33,4829			10,99%

المجمع الشرقي للحواجن
وحدة المدينة
المدينية

11

../..

- ANNEXE II -

2.4. Composition des aliments volailles

2.4.1. Normes aliments poulet de chair

Tableau n° 4

Paramètres Analytique	Unités	Démarrage Limites autorisés		Croissance (Min-Max)		Finition	
Humidité (Max)	%	14		14		14	
Energie Métabolisable	K/Cal/K	2900	3200	2900	3200	2900	3200
Protéines brutes Min	%	21	23	19.0	21	18.5	20.5
Matières grasse Min	%	2.5		2.5		2.5	
Matières minérale Max	%	5	6	5	6	5	6
Cellulose Max	%	4		4		4	
Lysine	%	1.12	1.24	0.98	1.12	0.84	1.00
Méthionone	%	0.47	0.52	0.43	0.47	0.38	0.42
A.A. Soufre (Meth+ Cyste)	%	0.84	0.93	0.75	0.83	0.69	0.75
Calcium total	%	1.0	1.10	0.9	1.00	0.80	0.90
Phosphore total	%	0.67	0.70	0.66	0.69	0.60	0.64
phosphore disponible	%	.042	0.45	0.41	0.44	.035	0.38
sodium	%	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17
Chlorures	%	0.14	0.30	0.14	0.30	0.14	0.30

(SOURCE ONAB)

../..

../..

- ANNEXE II -

2.4.2. Normes vitamines poulet de chair

Tableau n° 5

NATURE	S	Démarrage Limites autorisés		Croissance (Min-Max)		Finition	
Vitamine A	UI/Kg	9100	11200	9100	11200	9100	11200
Vitamine D3	UI/Kg	1830	2250	1830	2250	1830	2250
Vitamine E	PPM	13.50	16.50	13.5	16.5	9	11
Vitamine K3	PPM	4.50	5.50	4.5	5.5	3.50	4.50
Vitamine B1	PPM	0.45	0.55	0.45	0.55	1.80	2.20
Vitamine B2	PPM	3.60	4.40	3.60		4.40	
Acide pantothénique	PPM	4.50	5.50	4.50		5.50	
Vitamine B12	PPM	0.01	0.013	0.018		0.022	
Acide nicotinique (PP	PPM	23	28	23 28		14	17
Acide folique	PPM	0.2	0.4	0.2		0.4	
Chlorure de choline	PPM	450	550	450		550	

(SOURCE ONAB)

mg = Milligramme
U.I = Unité Internationale
Teneur en UI/Kg et mg/Kg = PPM

../..

../..

- ANNEXE II -

2.4.3. Oligo-Eléments : Aliments poulets de chair

Tableau n° 6

NATURE	S	Démarrage Limites autorisés		Croissance (Min-Max)		Finition	
CUIVRE	PPM	3	3.5	3	3.5	2	2.5
FER	PPM	36	44	36	44	13	17
COBALT	PPM	0.18	0.22	0.18	0.22	0.18	0.22
MANGANESE	PPM	65	75	65	75	55	75
ZINC	PPM	35	45	35	45	18	22
IODE	PPM	1	1.5	1	1.5	1	1.5
SELENIUM	PPM	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1
SOUFFRE	PPM	7	9	7	9	7	9

(SOURCE ONAB)

mg = Milligramme
Teneur en mg/Kg = PPM

../..

../..

- ANNEXE II -

2.4.4. Normes aliments poules pondeuses

Tableau n° 7

Paramètres Analytique	S	POULETTES 2 à 8 semaines		POULETTES 8 à 18 semaines		PONTE OEUFS Consommation		PONTE Reproduction	
		LIMITES AUTORISEES (Min - Max)							
Humidité (Max)	%	14		14		14		14	
Energie Métabolisable	K/Cal/KG	2600	2900	2750	2800	2650	2850	2750	2800
Protéines brutes Min	%	18	19	15	16	15	16	14.5	15
Matières grasse Min	%	2.5		2.5		2.5		2.5	
Matières minérale Max	%	5	6	5	6	11	13	10.5	12
Cellulose Max	%	4		4		4		4	
Lysine	%	1.00	1.20	1.00	1.20	0.98	1.06	0.58	0.56
Méthionone	%	0.42	0.48	0.42	0.48	0.35	0.41	0.27	0.33
A.A. Soufre (Meth+ Cyste)	%	0.62	0.68	0.43	0.49	0.36	0.40	0.32	0.36
Calcium total	%	0.68	0.90	0.70	0.80	3.40	3.70	3.40	3.70
Phosphore total	%	0.60	0.80	0.60	0.80	0.50	0.70	0.60	0.80
phosphore disponible	%	.042	0.46	0.38	0.42	0.29	0.33	0.31	0.35
sodium	%	0.16	0.18	0.16	0.18	0.12	0.14	0.13	0.15
Chlorures	%	0.14	0.30	0.14	0.30	0.12	0.35	0.13	0.35

(SOURCE ONAB)

../..

../..

- ANNEXE II -

2.4.5. Normes vitamines poules pondeuses

Tableau n° 8

Paramètres Analytique	S	POULETTES 2 à 8 semaines		POULETTES 8 à 18 semaines		PONTE OEUFS Consommation		PONTE Reproduction	
		LIMITES AUTORISEES (Min - Max)							
Vitamine A	UI/Kg	9100	11200	9100	11200	7000	9000	9000	11000
Vitamine D3	UI/Kg	1830	2250	1830	2250	900	1100	1400	1700
Vitamine E	PPM	13.5	16.5	13.5	16.5	4	6	13	17
Vitamine K3	PPM	4.5	5.5	4.5	5.5	2	3	4	6
Vitamine B1	PPM	0.45	0.55	0.45	0.55	1.5	2	1.5	2
Vitamine B2	PPM	3.6	4.4	3.6	4.4	4	6	4	6
Acide pantothénique	PPM	4.5	5.5	4.5	5.5	4	6	7	9
Vitamine B12	PPM	0.010	0.013	0.018	0.022	0.003	0.004	0.002	0.003
Vitamine PP	PPM	23	28	23	28	23	28	23	28
Acide folique	PPM	0.2	0.4	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3
Vitamine B6	PPM							1	1.2
Biotine	PPM					0.1	0.3	0.1	0.3
Chlorure de choline	PPM	450	550	450	550	220	280	450	550

(SOURCE ONAB)

Teneur en UI/Kg et mg/Kg = PPM
mg = Milligramme
U.I = Unité Internationale

../..

./..

- ANNEXE II -

2.4.6. Normes Oligo-Eléments : Aliments poules pondeuses

Tableau n° 9

Paramètres Analytique	S	POULETTES 2 à 8 semaines		POULETTES 8 à 18 semaines		PONTE OEUFS Consommation		PONTE Reproduction	
		LIMITES AUTORISEES (Min - Max)							
CUIVRE	PPM	3	3.5	3	3.5	2	2.5	2	2.5
FER	PPM	36	44	36	44	36	44	36	44
COBALT	PPM	0.18	0.22	0.18	0.22	0.18	0.22	0.18	0.22
MANGANESE	PPM	65	75	65	75	55	65	55	65
ZINC	PPM	35	45	35	45	35	45	35	45
IODE	PPM	1	1.5	1	1.5	0.7	0.85	0.7	0.85
SELENIUM	PPM	0.05	0.1	0.05	0.1	0.12	0.15	0.12	0.15
SOUFFRE	PPM	7	9	7	9	3.5	5	3.5	5

(SOURCE ONAB)

Teneur en mg/Kg = PPM

./..

../..

- ANNEXE II -

2.4.7. Normes Analytique Aliment Dinde

Tableau n° 10

1er jrs à 5e Sem 6 au 12 13 au 18

Paramètres Analytique	Unités	Démarrage 2 à 8 semaines		Croissance 8 à 18 semaines		Finition 8 à 18 semaines	
		LIMITES AUTORISEES (Min - Max)					
Humidité (Max)	%	11	14	11	14	11	14
Energie Métabolisable	K/Cal/K	2800	2900	3000	3100	3000	3100
Protéines brutes Min	%	25	27	20	22	17	18
Matières grasse Min	%	2.5		2.5		2.5	
Matières minérale Max	%	5	6	5	6	5	6
Cellulose Max	%	4		4		4	
Lysine	%	1.7	1.8	1.25	1.54	0.98	1.12
Méthionone	%	0.55	0.64	0.44	0.52	0.38	0.48
A.A. Soufre (Meth+ Cyste)	%	0.99	1.10	0.70	0.90	0.60	0.80
Calcium total	%	1.20	1.40	1.09	1.11	1.0	1.10
Phosphore total	%	0.92	0.96	0.77	0.83	0.69	0.75
phosphore disponible	%	0.68	0.72	0.50	0.56	0.50	0.56
sodium	%	0.15	0.17	0.15	0.17	0.15	0.17
Chlorures	%	0.14	0.15	0.14	0.15	0.14	0.15

(SOURCE ONAB)

../..

../..

- ANNEXE II -

2.4.9. Oligo-Eléments : Aliments Dinde

Tableau n° 12

NATURE	S	Démarrage Limites autorisés		Croissance (Min-Max)		Finition	
CUIVRE	PPM	3.5	4.5	2.5	3.5	2.5	3.5
FER	PPM	36	44	25	35	25	35
COBALT	PPM	0.18	0.22	0.18	0.22	0.18	0.22
MANGANESE	PPM	75	85	65	75	65	75
ZINC	PPM	55	65	35	45	35	45
IODE	PPM	0.9	1.1	0.6	0.8	0.6	0.8
SELENIUM	PPM	0.12	0.15	0.09	0.1	0.09	0.1

(SOURCE ONAB)

Teneur en mg/Kg = PPM

./.

../..

- ANNEXE II -

2.5. Qualité sanitaire de l'aliment

2.5.1. Normes et indices bactériologique de l'aliment concentré complet pour volailles

Tableau n° 13

Micro - organismes	Taux / g	Observations
Germes totaux	$< 3.10.^{6}$	INDICATEUR
Coliformes fécaux	$< 3.10.^{3}$	INDICATEUR
Clostridium sulfito-réducteurs	$< 10.^{2}$	INDICATEUR
Staphylocoques pathogènes	$< 10.^{5}$	INDICATEUR
Salmonella	Absence dans 25g	NORME
Levures	$< 10.^{3}$	INDICATEUR
Moisissures *	$< 10.^{3}$	INDICATEUR
* CF Aflatoxine		

Normes : Limites à ne pas dépasser - Donne lieu à la prise de décision sanitaire
(ex. = produit impropre à l'usage prévu)

Indicateurs : Permet d'apprécier la qualité sanitaire générale du produit.
Ne donne pas lieu au rejet du produit mais à des conseils pour corriger les facteurs responsables.

../..

- ANNEXE II -

2.5.2. Normes et indices bactériologique pour la farine de poisson

Tableau n° 14

Micro - organismes	Taux / g	Observations
Germes totaux	< 3.10_6	INDICATEUR
Coliformes fécaux	< 100	INDICATEUR
Clostridium sulfito-réducteurs	< 10_2	INDICATEUR
Staphylocoques pathogènes	< 10_3	INDICATEUR
Salmonella	Absence dans 25g	NORME
Levures	< 10_3	INDICATEUR
Moisissures *	< 10_3	INDICATEUR
* CF Aflatoxine		

Humidité : ≤ 8 % = Norme

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 30/06/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussignée : Mme Oudjane Faiza Présidente de Jury

Certifie que L'étudiante : Babouri Hadjer.

Spécialité : Production et Nutrition Animale.

Intitulé : Suivi du processus de fabrication des aliments de bétails au niveau de l'ONAB d'Elharrouch dans la wilaya de Skikda.

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire	Président(e) de Jury

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le:30/06/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussignée : Oudjane Faiza Présidente de Jury

Certifie que L'étudiante : Larit Firdaws.

Spécialité : Production et Nutrition Animale.

Intitulé : Suivie du processus de fabrication des aliments de bétail au niveau de l'ONAB d'Elharrouch dans la wilaya de Skikda.

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire	Président(e) de Jury