

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université D^r. Tahar Moulay SAIDA

Faculté des Sciences et Technologie

Département de Génie des procédés



جامعة د الطاهر مولاي سعيدة

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم : هندسة الطرائق

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme Master

En Génie des procédés

Option : Génie Pharmaceutique

Présenté par: TOUAHRIA. Ali

**MODELE DOMESTIQUE / SEMI-INDUSTRIEL
POUR LA TRANSFORMATION DU LAIT NATUREL ET DES residus de
PRODUITS EN POUDRE : une INNOVATION POUR renforcer LA
SECURITE ALIMENTAIRE ET LA REDUCTION DU GASPILLAGE**

Soutenu le : 22/06/2026

Devant le jury :

Mr. TABEL.Zoubir	Grade	MAA	Université de Saida	Président
Mr. BOUMEFTAH.Ali	Grade	MCB	Université de Saida	Examinateur
Mr. OUAZENE.Mokhtar	Grade	MCA	Université de Saida	Rapporteur

Promotion : 2025-2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents, les personnes les plus précieuses à mon cœur, qui ont été la source de mon existence et la lumière de mon chemin. Je ne pourrai jamais leur exprimer toute ma gratitude pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices immenses et leur soutien sans faille tout au long de mon parcours.

À mon cher frère, en témoignage de mon affection et de ma reconnaissance.

À tous mes amis et collègues d'études et de travail, qui m'ont accompagné durant ce parcours et ont été pour moi un soutien précieux à chaque étape.

À mon encadreur, **M. Ouazene Mokhtar**, en reconnaissance de ses conseils pertinents, de son accompagnement constant et de ses orientations précieuses qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Enfin, à toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à la réussite de ce parcours académique.

Remerciements

Ce travail a été réalisé à l'Université Dr Tahar Moulay de Saïda et au sein de l'entreprise « Jibli Lait » de la wilaya de Saïd

Avant tout, nous remercions Allah, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la santé, la force, la patience et la détermination nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, **M. OUAZENE Mokhtar**, pour avoir accepté de diriger ce mémoire. Ses conseils avisés, ses orientations pertinentes, sa disponibilité constante ainsi que la confiance qu'il nous a accordée ont été d'une aide précieuse tout au long de la réalisation de cette étude. Son encadrement rigoureux et son soutien indéfectible ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous adressons également nos vifs remerciements aux honorables membres du jury :

Mr. TABEL.Zoubir, Maître Assistant A à l'Université de Saïda, pour avoir aimablement accepté de présider le jury de ce mémoire.

Mr. BOUMEFTAH Ali, Maître de conférences B à l'Université de Saïda, pour avoir accepté d'examiner ce travail et d'y apporter ses remarques et suggestions constructives.

Nous leur exprimons notre profonde reconnaissance pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner et d'évaluer ce mémoire. Nous les remercions sincèrement pour le temps consacré à sa lecture ainsi que pour leurs remarques et suggestions constructives, qui contribueront à l'enrichissement de ce travail.

Nos remerciements vont également à l'entreprise « **Jibli Lait** » de la wilaya de Saïda pour son accueil chaleureux, sa collaboration et les moyens mis à notre disposition. Leur soutien a grandement facilité la réalisation de la partie pratique de cette étude.

Nous exprimons aussi notre reconnaissance à l'ensemble des enseignants qui ont assuré notre formation tout au long de notre parcours universitaire et qui ont contribué à l'acquisition des connaissances et des compétences nécessaires à notre réussite.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Que ce travail soit le témoignage de notre gratitude envers tous ceux qui nous ont soutenus et accompagnés dans cette aventure académique.

Table de Matière

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.....	1
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.....	1
Université D ^r . Tahar Moulay SAIDA	جامعة د
الطاهر مولاي سعيدة.....	1
Faculté des Sciences et Technologie	كلية
العلوم و التكنولوجيا.....	1
Département de Génie des procédés	قسم
هندسة الطرائق :.....	1
Dédicaces	3
Remerciements	4
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 :	3
1. Présentation de la zone d'étude (Sidi Aïssa – Wilaya de Saïda).	5
1-1 Situation géographique.....	5
1-2 Climat et couverture végétale dominante	5
1-3 Ressources en eau et espaces pastoraux.....	6
2. Caractéristiques morphologiques et productives des races bovines	7
2-1 Race Montbéliarde.....	7
2-2 Races croisées (bovins locaux et hybrides)	8
3. Comparaison physiologique et productive entre les deux races	10
4. Présentation et analyse des résultats – Relation avec le système pastoral 1) Analyse des systèmes d'alimentation utilisés.....	11
5. Évaluation des performances reproductives et sanitaires	12
5-1 Influence du climat local sur la santé des deux races	12
5-2 Problèmes de fertilité et de reproduction dans le système pastoral	12
6. Les vaccins nécessaires pour protéger le troupeau de bovins dans la région de Sidi Aïssa	12

6-1 Les vaccins souverains (mis à disposition gratuitement par l'État via des campagnes)	12
6-2 Les vaccins préventifs (achetés par l'éleveur)	13
Références bibliographiques Chapitre 1	14
Sources des figures du chapitre I	15
CHAPITRE 2 :	16
ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DU LAIT CRU ET EVALUATION DE SA QUALITE.	16
Introduction	17
1. Étude bibliographique sur le lait.	18
1-1 Définition légale et sanitaire du lait.	18
2.Composants chimiques du lait naturel.	18
2-1 Phase aqueuse.	18
2- 2 Matière grasse.	18
2-3 Protéines.	19
Tableau 1 : Composants chimiques du lait naturel.	19
3.Facteurs influençant la composition du lait.	19
3-1 Facteurs biologiques	19
3- 2 Facteurs nutritionnels	20
3- 3 Facteurs environnementaux et administratifs	20
Tableau 2 : Facteurs influençant la composition du lait.	20
4.Qualité microbiologique et facteurs de contamination	21
4-1 Microorganismes présents dans le lait	21
4-2 Sources de contamination	21
4-3 Inhibiteurs de croissance bactérienne, résidus d'antibiotiques et contamination chimique dans le lait.	22
5- Conclusion et résumé bibliographique	23
Références bibliographiques	25
Partie expérimentale, résultats et discussion.	27
1. Lieu de l'étude et matériels utilisés.	29

1-1 Lieu de l'étude.....	29
1-2 Matériels utilisés.....	29
3- Protocole de prélèvement et de transport des échantillons.....	30
4- Analyses physico-chimiques	31
4-1 Présentation de l'appareil lactoscan.....	31
4-2 Les paramètres mesurés	32
4-3 Mode opératoire Les analyses ont été effectuées selon les étapes suivantes ; a) Préparation de l'échantillon	33
5- Détection des résidus d'antibiotiques dans le lait frais.....	34
5-1 Méthode de travail	35
6- Analyses microbiologiques	36
6-1 Échantillonnage et préparation	37
7- Analyses microbiologiques et normes appliquées	37
7-1 Flore aérobie mésophile totale (FAMT)	37
7-2 Coliformes totaux et fécaux.....	38
7-3 Staphylococcus aureus.....	38
7-4 Salmonella.....	39
7-5 Listeria monocytogenes	40
8-Interprétation des résultats.....	40
9-Normes microbiologiques du lait cru	41
10- Préparation du lait avant séchage	42
10-1 Réception du lait Contrôle général du lait.....	42
Vérification de la couleur, de l'odeur et de l'homogénéité.	42
10-2 Filtration du lait Élimination des impuretés présentes dans le lait, le cas échéant.	42
10-3 Traitement thermique.....	42
10-4 Refroidissement du lait.....	43
11. TRANSFORMATION DU LAIT FRAIS EN POUDRE ALIMENTAIRE DE QUALITÉ, POUVANT ÊTRE NATURELLEMENT ENRICHIE	43
12-1 Détermination de la teneur en matière grasse du lait en poudre par la méthode de Gerber	47

Figure 12; la méthode de Gerber.....	47
12-2 Détermination de la teneur en humidité du lait en poudre	48
Figure 13 : la méthode Détermination de la teneur en humidité.....	49
13- Analyses microbiologiques de la poudre de lait	49
14- Les critères microbiologiques du lait en poudre	50
15- Quantité de matière première et rendement final.....	50
16- Calcul du rendement.....	51
R = (120 /1000) *1000	51
17- Enrichissement du lait en poudre par la poudre d'œuf.....	51
18 - Conclusion et recommandations	Erreur ! Signet non défini.
19- Résumé.....	56
الملخص	57
Résumé	Erreur ! Signet non défini.
Abstract	58

Liste des tableaux

Tableau : 1-1 Adaptation et efficacité économique	14
Tableau : 2-1 Composants chimiques du lait nature	18
Tableau : 2-2 Facteurs influençant la composition du lait	20
Tableau : 2-3 Montrant les sources de contamination du lait et les types de micro-organismes associés	22
Tableau : 3-1 Évalue les analyses que j'ai reçues.....	34
Tableau : 3-2 Résultats et Normes.....	44
Tableau : 3-3 Analyses physico-chimiques de la poudre de lait.....	50

Liste des figures

1-1 Race Montbéliarde.....	05
1-2 la race hybride.....	07
3-1 bromocrésol,	31
3-2 l'appareil lactoscan.....	32
3-3 Les paramètres mesurés.....	33
3-4 Incubator.....	36
3-5 Colorées	37
3-6 milksafe tm 3BTC.....	37
3-7 Flore aérobie mésophile totale (FAMT)	39
3-8 Coliformes totaux et fécaux	40
3-9 Staphylococcus aureus	41
3-10 Salmonella	42
3-11 Listeria monocytogenes	43

Listes des Abréviations

Codex Alimentarius : Est un ensemble de normes internationales relatives à la sécurité sanitaire et à la qualité des aliments.

UFC: (Unité Formant Colonie) une cellule microbienne vivante (ou un groupe de cellules)



INTRODUCTION GENERALE

Le lait est l'un des aliments les plus complets et les plus consommés dans le monde grâce à sa richesse en protéines, lipides, glucides, vitamines et sels minéraux. Il constitue une source essentielle de nutriments pour toutes les catégories de la population. Toutefois, sa forte teneur en eau le rend particulièrement sensible aux altérations microbiologiques et physicochimiques, ce qui limite sa durée de conservation et impose l'utilisation de procédés adaptés pour préserver sa qualité.

Parmi les différentes techniques de conservation, le séchage occupe une place importante. La transformation du lait frais en poudre permet de prolonger considérablement sa durée de conservation, de faciliter son stockage et son transport, tout en réduisant les pertes liées à sa détérioration. Grâce à ces avantages, la poudre de lait est devenue un ingrédient incontournable dans de nombreux secteurs de l'industrie agroalimentaire.

En Algérie, la filière laitière représente un secteur stratégique pour la sécurité alimentaire. L'amélioration de la qualité du lait et de ses produits dérivés constitue ainsi un enjeu majeur afin de répondre à une demande en constante augmentation. La qualité de la poudre de lait dépend essentiellement des caractéristiques du lait cru utilisé, lesquelles sont influencées par plusieurs facteurs, notamment la race des animaux, leur alimentation, les conditions d'élevage et les pratiques d'hygiène appliquées tout au long de la chaîne de production.

Dans cette perspective, la région de Sidi Aïssa (wilaya de Saïda), reconnue pour son activité d'élevage bovin, a été retenue comme zone d'étude. Cette étude permet d'apprécier les caractéristiques des troupeaux laitiers, les conditions de production du lait ainsi que la qualité de la matière première destinée à la transformation.

Avant toute opération de séchage, il est indispensable d'évaluer la qualité du lait cru au moyen d'analyses physicochimiques et microbiologiques. Ces contrôles permettent de vérifier sa conformité aux normes de qualité et de garantir l'obtention d'un produit final répondant aux exigences sanitaires et nutritionnelles.



INTRODUCTION GENERALE

Par ailleurs, les nouvelles orientations de l'industrie agroalimentaire visent à développer des aliments à haute valeur nutritionnelle. Dans ce contexte, l'enrichissement de la poudre de lait par l'incorporation de poudre d'œuf constitue une approche innovante. Riche en protéines de haute valeur biologique, en vitamines et en minéraux, la poudre d'œuf pourrait améliorer les qualités nutritionnelles de la poudre de lait et contribuer au développement de produits alimentaires mieux adaptés aux besoins des consommateurs.

L'objectif principal de ce travail est de transformer le lait frais en poudre, d'évaluer la qualité du produit obtenu par des analyses physicochimiques et microbiologiques, puis d'étudier la possibilité de son enrichissement par la poudre d'œuf afin d'améliorer sa valeur nutritionnelle.

Pour atteindre cet objectif, ce mémoire est organisé en trois chapitres. Le premier présente la région d'étude ainsi que les caractéristiques des bovins laitiers et de leur système d'élevage. Le deuxième est consacré à l'étude du lait frais, de sa composition et des analyses permettant d'évaluer sa qualité. Enfin, le troisième chapitre décrit le procédé de transformation du lait en poudre, les analyses réalisées sur le produit fini et l'étude de son enrichissement par la poudre d'œuf.

À travers cette étude, nous souhaitons contribuer à la valorisation des ressources laitières locales et mettre en évidence l'intérêt de développer des produits alimentaires enrichis, à forte valeur nutritionnelle, susceptibles de répondre aux exigences de qualité, de sécurité alimentaire et aux attentes des consommateurs.

CHAPITRE 1 :

Étude de terrain des races bovines et de leur relation avec le système pastoral dans la région de Sidi Aïssa (Wilaya de Saïda).

Introduction

L'élevage bovin constitue l'un des piliers fondamentaux du secteur agricole en Algérie, en raison de son importance stratégique dans le renforcement de la sécurité alimentaire nationale, notamment dans la production de lait et de ses dérivés ainsi que de viande rouge. Il contribue directement à la satisfaction de la demande nationale et à la réduction de la dépendance aux importations.

L'État algérien a accordé une attention particulière à cette activité à travers des programmes de soutien et de développement visant à améliorer la production locale et à accroître la productivité, surtout face à l'augmentation constante de la demande de consommation en lait et produits laitiers.

Cependant, la réalité de l'élevage bovin en Algérie se caractérise par une nette diversité des systèmes d'élevage et des niveaux de production, en raison des différences climatiques, des disparités des moyens techniques et économiques entre les éleveurs, ainsi que des limites de l'amélioration génétique et du coût élevé des aliments, ce qui affecte négativement la production laitière et la fertilité.

1. Présentation de la zone d'étude (Sidi Aïssa – Wilaya de Saïda)

1-1 Situation géographique

Sidi Aïssa se situe administrativement dans la commune de Sidi Amar, wilaya de Saïda. Elle s'étend au nord jusqu'à la route nationale n°06 en direction de la wilaya de Mascara. Cette route constitue la limite séparant Sidi Aïssa du nord de la wilaya. Elle passe à proximité de la station thermale Hammam Rabi, située à environ 2 km au nord du centre de Sidi Aïssa. Cette position fait de la zone nord un espace de transit la reliant à d'autres wilayas, telles que Mascara, et contribuant ainsi aux échanges commerciaux et agricoles [1].

1-2 Climat et couverture végétale dominante

a) Climat

La région de Sidi Aïssa se caractérise par un climat semi-aride à tendance méditerranéenne, marqué par un été sec et très chaud ainsi qu'un hiver relativement froid, avec des précipitations faibles à moyennes. Des études indiquent que le climat de la partie occidentale de l'Algérie, y compris les wilayas des Hautes Plaines telles que Saïda, se distingue par des précipitations annuelles avoisinant les 345 m [2].

L'élévation marquée des températures en été entraîne le dessèchement des sols et une diminution de l'humidité de l'air. En hiver, les basses températures influencent davantage le cycle de croissance des plantes naturelles et ont un impact direct sur les ressources fourragères destinées aux bovins [3].

Ce climat reflète les caractéristiques des zones semi-arides, qui dépendent largement des précipitations saisonnières pour alimenter leur couverture végétale et favoriser la croissance des plantes pastorales.

b) Couverture végétale dominante

La couverture végétale dominante à Sidi Aïssa s'inscrit dans le cadre du climat méditerranéen en semi-aride. Elle est principalement constituée de plantes adaptées aux températures élevées et à la faible pluviométrie. Les formations végétales dominantes comprennent des espèces pastorales, des herbes spontanées et des arbustes bas résistants à la sécheresse, parmi lesquelles :

- L'alfa
- L'armoïse
- Certaines herbes et plantes pastorales saisonnières

- Un couvert végétal dispersé et peu dense, généralement utilisé pour le pâturage

Des études environnementales menées dans la wilaya de Saïda ont montré que la couverture végétale est étroitement liée à la disponibilité en eau et au régime des précipitations, et que la majorité des espèces végétales appartiennent à l'élément méditerranéen du point de vue de leur répartition phytogéographique [2].

1-3 Ressources en eau et espaces pastoraux

a) Ressources en eau

Parmi les caractéristiques de la wilaya de Saïda figure la disponibilité de ressources en eau variées comprenant des sources naturelles, des eaux souterraines et des sources minérales.

Les sources administratives ont indiqué l'existence de sources d'eaux minérales exploitées telles que la source de Hammam Sidi Aïssa et d'autres, en plus de sources non exploitées comme les sources d'El Baranis, qui se distinguent par leurs propriétés thérapeutiques et esthétiques dans la nature algérienne.

Ces ressources naturelles constituent l'un des éléments essentiels pour soutenir l'agriculture et l'élevage dans plusieurs communes de la wilaya, dont Sidi Aïssa.

Elles ne servent pas uniquement à satisfaire les besoins de la population, mais aussi à fournir de l'eau pour l'irrigation et les exploitations d'élevage durant les périodes de sécheresse saisonnière, ce qui confère aux sources une grande importance pour répondre aux besoins, notamment en matière de pastoralisme.

b) Espaces pastoraux

La région de Sidi Aïssa, dans le cadre de la wilaya, se distingue par la présence de vastes espaces pastoraux naturels s'étendant sur des terres de hauts plateaux et de plaines.

Ces espaces constituent l'élément essentiel de l'alimentation naturelle dont dépend le bétail, notamment les bovins, dans le système pastoral traditionnel. Ces pâturages sont composés de plantes fourragères et pastorales adaptées au climat semi-aride [4]. On y trouve des herbes sauvages et des arbustes, plus résistants à la sécheresse durant les saisons humides.

Le pastoralisme traditionnel dans ces espaces représente une activité économique importante au sein de la société locale.

2. Caractéristiques morphologiques et productives des races bovines

2-1 Race Montbéliarde

a) Origine et caractéristiques morphologiques

La race Montbéliarde est considérée comme une race bovine laitière d'origine européenne. Elle est originaire de l'est de la France, précisément de la région de Franche-Comté. Cette race a été développée génétiquement à travers des programmes de sélection spécifiques visant à combiner une production abondante de lait et une bonne qualité de viande, ce qui l'a classée comme une race à double finalité.

Elle se distingue par des caractéristiques morphologiques apparentes : sa robe est blanche avec des taches brun foncé, la tête est généralement blanche avec des cornes de longueur moyenne. Elle possède une ossature solide, une poitrine large et des membres robustes qui lui permettent de résister et de s'adapter à des environnements variés. Le poids des vaches adultes varie entre 600 et 700 kg, tandis que celui des mâles adultes atteint entre 900 et 1100 kg, ce qui en fait une race adaptée à la production de viande en plus de la production laitière [5].

b) Capacités de production

La race Montbéliarde est reconnue pour sa bonne production laitière, avec une moyenne annuelle de 6 000 à 8 000 litres par vache. La teneur en matières grasses varie entre 3,8 et 4 % et la teneur en protéines est relativement élevée, autour de 3,4 à 3,6 % [6].

Ces caractéristiques sont particulièrement adaptées à l'industrie fromagère et à la transformation des produits laitiers, ce qui explique sa large diffusion dans les systèmes agricoles axés sur la valorisation du lait et de ses dérivés.

De plus, cette race présente un rendement viandeux acceptable comparé à d'autres races, les veaux montrant une croissance satisfaisante, ce qui renforce sa valeur économique pour les éleveurs.

c) Degré d'adaptation à l'environnement local

La race montbéliarde a démontré une bonne capacité d'adaptation aux conditions climatiques variées, y compris les zones semi-arides. Elle présente une résistance relative aux maladies et une capacité à valoriser les fourrages, comparativement aux races laitières à haute production comme la Holstein.

En Algérie, plusieurs études de terrain ont montré que la Montbéliarde s'adapte mieux aux conditions locales, que ce soit à la chaleur ou au manque de ressources en eau, tout en maintenant un niveau de production stable [7].

Cela en fait un choix approprié pour le développement de la filière laitière et de ses dérivés dans les zones intérieures, comme la wilaya de Saïda.



Figure 01 : Race Montbéliarde

2-2 Races croisées (bovins locaux et hybrides)

a) Définition de l'hybridation et ses objectifs dans la région

L'hybridation est définie comme le croisement entre deux races génétiquement différentes, l'une généralement locale et adaptée aux conditions locales, et l'autre étrangère avec de fortes capacités de production. L'objectif est d'obtenir une descendance combinant une bonne capacité de production, robustesse et adaptation [8].

Dans les zones semi-arides comme la wilaya de Saïda, l'hybridation constitue un moyen efficace et indispensable pour améliorer la production du troupeau sans perdre les qualités d'adaptation propres aux races locales.

Les programmes d'hybridation visent à :

- Augmenter la production laitière et ses dérivés.
- Améliorer la croissance et le potentiel viandeux.
- Accroître la résistance aux maladies et aux conditions climatiques difficiles.
- Optimiser l'exploitation des fourrages et des ressources naturelles locales.

L'Algérie a adopté dans sa politique agricole des programmes d'hybridation entre races locales et étrangères, comme la Montbéliarde et la Holstein, afin de développer la filière laitière et atteindre un certain niveau d'autosuffisance.

b) Caractéristiques de la race hybride en termes de résistance et de rendement

Les bovins hybrides sont connus pour la vigueur hybride, un phénomène génétique qui permet d'améliorer et de développer les qualités productives et sanitaires par rapport aux races parentales [9].

Parmi les principales caractéristiques de la vigueur hybride :

b-1) En termes de résistance

- Meilleure résistance aux maladies par rapport aux races étrangères.
- Capacité à supporter le stress thermique et le manque d'eau.
- Meilleure adaptation à l'élevage traditionnel et au pâturage.

b-2) En termes de rendement

- Production laitière supérieure à celle des races locales.
- Stabilité relative de la production.
- Croissance rapide des veaux.
- Rendement viandeux acceptable.

Plusieurs études de terrain en Algérie ont montré que les hybrides offrent un équilibre entre production et résistance, ce qui les rend plus adaptés aux environnements ruraux par rapport aux races étrangères [10].



Figure 02 : La race hybride

3. Comparaison physiologique et productive entre les deux races

a) Comparaison physiologique

La race Montbéliarde montre un équilibre entre la taille corporelle et les fonctions vitales, avec un système digestif efficace lui permettant de tirer profit des fourrages et des fonctions métaboliques relativement stables, ce qui se reflète positivement sur sa santé générale.

Quant aux races hybrides, la vigueur hybride améliore leurs fonctions physiologiques par rapport aux races parentales, comme le montre :

- Une meilleure efficacité du système digestif
- Une plus grande capacité à supporter la chaleur
- Une stabilité des fonctions reproductive

Les hybrides montrent également, par rapport à la race locale Montbéliarde, une capacité d'adaptation au climat semi-aride, grâce à la conservation des caractéristiques physiologiques des races locales.

b) Comparaison de la production

b-1) Production laitière

La Montbéliarde enregistre une production laitière relativement élevée, entre 6 000 et 8 000 litres par an et par vache, avec de bonnes teneurs en matières grasses et en protéines, ce qui la rend adaptée à la production intensive et semi-intensive.

Quant aux races hybrides, leur production est généralement inférieure à celle de la Montbéliarde, mais elles présentent des avantages tels que :

- Une plus grande stabilité de la production
- Une meilleure efficacité dans l'exploitation des fourrages

b-2) Croissance et rendement viandeux

La race Montbéliarde présente un bon rendement viandeux grâce à sa structure corporelle moyenne. Quant aux races hybrides, la combinaison des caractères génétiques les rend économiquement meilleures pour la production de lait et de viande.

b-3) Adaptation et efficacité économique

La race Montbéliarde présente une sensibilité relative aux conditions climatiques extrêmes, surtout en cas de gestion inadéquate de l'alimentation et de la ventilation.

Quant aux races hybrides, elles se distinguent par une plus grande capacité d'adaptation à la chaleur et au manque de ressources en eau, des coûts vétérinaires et sanitaires réduits, et un rendement économique plus stable.

Tableau 1 : Adaptation et efficacité économique

Propriété	Montbéliarde	Race hybride
Capacité immunitaire	Bonne	Très bonne
Tolérance à la chaleur	Moyenne	Élevée
Production laitière	Élevée	Moyenne à bonne
Stabilité de la production	Moyenne	Élevée
Efficacité d'utilisation des fourrages	Bonne	Très bonne
Adaptation au climat semi-aride	Moyenne	Élevée

4. Présentation et analyse des résultats – Relation avec le système pastoral

1) Analyse des systèmes d'alimentation utilisés

Les éleveurs de la région de Sidi Aïssa se basent principalement sur le pâturage, les zones pastorales constituant la principale source d'alimentation pour les bovins, surtout au printemps et en hiver. Ce système est parfois complété par une alimentation additionnelle à base de concentrés, notamment en période de sécheresse ou lorsque la biomasse disponible dans les pâturages est faible.

La race Montbéliarde, quant à elle, nécessite un niveau de nutrition plus élevé en énergie et en protéines pour atteindre son potentiel génétique de production. Une dépendance totale au pâturage entraîne une baisse de production comparée à un système soutenu par des fourrages complémentaires [11,12]. En revanche, les races hybrides ont montré une meilleure capacité d'adaptation au pâturage, puisqu'elles ont maintenu la stabilité de la production même en l'absence de soutien alimentaire.

Ce qui explique cette différence par la combinaison des caractères productifs des races étrangères et la capacité d'adaptation et de résistance propres aux races locales, ce qui les a rendues plus adaptées aux systèmes pastoraux [13,14].

5. Évaluation des performances reproductives et sanitaires

5-1 Influence du climat local sur la santé des deux races

La région de Sidi Aïssa se caractérise par un climat semi-aride marqué par des températures élevées en été et une irrégularité des précipitations. Les résultats ont montré que la race Montbéliarde est plus sensible au stress thermique, ce qui se répercute négativement sur la consommation d'aliment et les performances reproductives, surtout en été [15].

En revanche, les hybrides ont une capacité plus élevée d'adaptation aux conditions climatiques locales, ayant enregistré moins de troubles sanitaires liés au stress thermique et aux parasites [16].

5-2 Problèmes de fertilité et de reproduction dans le système pastoral

La Montbéliarde a enregistré certaines difficultés reproductives dans le système pastoral, notamment une augmentation de l'intervalle entre les vêlages.

En revanche, la race hybride a montré une fertilité relativement meilleure, se traduisant par une régularité des cycles reproductifs et une diminution du taux d'infertilité temporaire, ce qui l'a rendue plus adaptée aux conditions pastorales dominantes.

6. Les vaccins nécessaires pour protéger le troupeau de bovins dans la région de Sidi Aïssa

La prévention sanitaire revêt une importance capitale pour maintenir la productivité du troupeau, surtout dans les systèmes pastoraux, car ils sont plus exposés aux maladies infectieuses

6-1 Les vaccins souverains (mis à disposition gratuitement par l'État via des campagnes)

Les vaccins nécessaires fournis par les services vétérinaires de l'État comprennent :

- Vaccin contre la fièvre aphteuse
- Vaccin contre la variole bovine
- Vaccin contre la brucellose dans certains cas particuliers [17] .

Ces vaccins contribuent de manière significative à limiter la propagation des maladies épidémiques et à protéger le cheptel bovin.

6-2 Les vaccins préventifs (achetés par l'éleveur)

Les éleveurs recommandent de mettre en œuvre un programme de vaccination préventive comprenant :

- Vaccins contre les intoxications intestinales
- Vaccins contre les maladies respiratoires
- Vaccins contre les parasites internes
- Vaccins contre les parasites externes [18] .

7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Dans l'ensemble, les résultats obtenus montrent que les races hybrides sont les mieux adaptées aux conditions climatiques et au système pastoral de la région de Sidi Aïssa, en raison de leur bon équilibre entre productivité laitière et résistance aux contraintes sanitaires et environnementales. À l'inverse, la race Montbéliarde se distingue par un potentiel de production élevé, mais son exploitation optimale nécessite des conditions d'élevage plus intensives, notamment une alimentation complémentaire équilibrée et une gestion technique rigoureuse. Ainsi, il est recommandé de privilégier les races hybrides dans les systèmes extensifs et pastoraux, tandis que la Montbéliarde serait plus appropriée aux systèmes semi-intensifs ou intensifs permettant de maximiser son rendement économique.

Références bibliographiques Chapitre 1

- [1] SAIDI, Abdelmoumene et KEIFA, Abdelkrim. Floristic diversity of vascular plants in the western-Mimouna Forest (north.vol. ,2024 ,*Biodiversity: Research and Conservation* .(Algeria .p ,73 22-23
- [2] AOUADJ, Sid Ahmed, ZOUIDI, Mohamed, ALLAM, Ayoub, *et al.* Saida region plants diversity (Western of Algeria): First typology study of its forest and pre-steppe habitats. *Journal Algérien des Régions Arides*, 2023, vol. 15, no 1, p. 42-49.
- [3] HAMIDI, Zeguai et REMMAS, Mohammed Amine. The Role of the Agricultural Sector in Achieving Sustainable Development-Saida Province Case Study (Algeria)–. *Finance and Business Economies Review*, 2021, vol. 5, no 1, p. 212-228
- [4] CHRISTIAENS, Cyril, *et al.* Relations entre diversité génétique et santé mammaire chez les races laitières: comparaison entre l'Holstein et la Montbéliarde. 2024
- [5] The dynamics .*et al* ,MIHAI, Robert, MIHALASCU, Costel, MĂRGINEAN, Gheorghe Emil .production in Montbeliarde breed on a farm in southern Romania. 2019 of milk
- [6] ABDELLI, Radhia, SADIA, Yasmine, KAOUCHE, Soumeiya, *et al.* Etat des lieux de la filière laitière en Algérie et perspectives de développement. 2021
- [7] PILLING, Dafydd, BÉLANGER, Julie, DIULGHEROFF, Stefano, *et al.* Global status of genetic resources for food and agriculture: challenges and research needs: Global status of genetic resources for food and agriculture. In : *Genetic Resources*. 2020. p. 4-16.
- [8] PHOCAS, Florence, BELLOC, Catherine, BIDANEL, Joël, *et al.* Quels programmes d'amélioration génétique des animaux pour des systèmes d'élevage agro-écologiques?. *INRA Productions Animales*, 2017, vol. 30, no 1, p. 31-46
- [9] BOUSBIA, Aissam, GUEROUI, Yassine, AOUADI, Abdellah, *et al.* Typology analysis of cattle farms in Northeast Algeria: Potential for sustainable development. *Agricultural Systems*, 2024, vol. 218, p. 103995
- [10] ABDELLI, A. et IGUER-OUA, M. Characterization of dairy cattle feeding systems in Algeria: impact on productive and reproductive performance. *Livestock Research for Rural Development*, 2017, vol. 29, no 1.

- [11] CORDIER, Cécile, SAILLEY, Manon, COURTONNE, Jean-Yves, *et al.* Quantifier les matières premières utilisées par l'alimentation animale en France et segmenter les flux jusqu'aux filières consommatrices. In : *3R 2020-25e édition Congrès international francophone sur les Rencontres Recherches Ruminants*. 2020. p. 1-5
- [12] NATIONAL RESEARCH COUNCIL, COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION, et SUBCOMMITTEE ON DAIRY CATTLE NUTRITION. *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Academies Press, 2001
- [13] NEETHIRAJAN, Suresh. Resilience as Welfare: Quantifying Adaptive Capacity in Farm Animals with Sensor-Enabled Phenotyping and Machine Learning. *Available at SSRN 5756262*, 2025
- [14] SHARMA, Akshay, SINGH, Madhumeet, KUMAR, Pravesh, *et al.* Postpartum uterine infections in cows and factors affecting it—a review. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 2017, vol. 6, no 9, p. 1020-1028.
- [15] WEST, Joe W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 2003, vol. 86, no 6, p. 2131-2144.
- [16] VYAS, Diwakar, ALEMU, Aklilu W., MCGINN, Sean M., *et al.* The combined effects of supplementing monensin and 3-nitrooxypropanol on methane emissions, growth rate, and feed conversion efficiency in beef cattle fed high-forage and high-grain diets. *Journal of animal science*, 2018, vol. 96, no 7, p. 2923-2938
- [17] <https://news.radioalgerie.dz/ar/node/58863> .Terrestrial Animal Health Code
https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/2021/en_index.htm
- [18] RADOSTITS, Otto M., GAY, Clive C., HINCHCLIFF, Kenneth W., *et al.* (ed.). *Veterinary medicine E-Book: veterinary medicine E-Book*. Elsevier Health Sciences, 2006.

Sources des figures du chapitre I

Figure 01 : <https://www.m-elevage.fr/bovins/races/montbeliarde/>

Figure 02 : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89levage_bovin_en_Alg%C3%A9rie

CHAPITRE 2 :

**ETUDE DES CARACTERISTIQUES
PHYSICOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DU
LAIT CRU ET EVALUATION DE SA QUALITE.**

Introduction

L'industrie alimentaire L'Algérie connaît par une augmentation progressive de la production laitière, mais elle fait face à de grands défis, notamment l'incapacité à atteindre l'autosuffisance, ainsi que des problèmes liés à la qualité du lait et à sa sécurité sanitaire.

Dans la wilaya de Saïda, l'élevage de vaches laitières joue un rôle important dans l'économie rurale et dans la subsistance de certains habitants ruraux, pour qui la vente de lait constitue leur revenu principal, la production dépendant essentiellement des petites et moyennes exploitations agricoles. Cette situation rend nécessaire le suivi de la qualité du lait et la prévention de sa contamination afin de garantir la sécurité alimentaire et de valoriser les produits locaux.

Le lait naturel a également une importance nutritionnelle, car le lait et ses dérivés contribuent de manière significative à l'apport en énergie, en protéines, en minéraux et en vitamines, constituant ainsi une des sources alimentaires les plus bénéfiques. Le lait de vache fournit environ 49 % des besoins en calcium du corps et contribue également à l'apport en protéines et en vitamines essentielles pour la santé générale.

1. Étude bibliographique sur le lait.

1-1 Définition légale et sanitaire du lait.

a) Définition légale

Le lait est celui obtenu des vaches, lait frais destiné à la consommation humaine, avec ou sans traitement thermique, sans ajout d'autres composants sauf ceux prévus par la loi [1].

Il doit être exempt de contaminants biologiques et chimiques et garantir la sécurité alimentaire [2].

b) Définition sanitaire.

- Enfants : nécessaire pour la croissance et la formation des os et du cerveau.
- Adultes : réduit le risque d'ostéoporose, soutient la santé cardiaque et aide au contrôle du poids.
- Femmes enceintes : fournit calcium, protéines et vitamines pour le développement du fœtus [3] .

2. Composants chimiques du lait naturel.

2-1 Phase aqueuse.

L'eau représente environ 87 % du volume du lait entier naturel et sert de milieu de dissolution pour les autres composants [4] .

Le lait contient du lactose comme principale source d'énergie à environ 4,8 % [5] .Il contient des sels minéraux tels que le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium et le zinc, qui sont essentiels pour les dents, les os et la transmission des signaux nerveux [6] .

Il contient aussi des vitamines liposolubles A, E, D, K, ainsi que des vitamines nécessaires aux fonctions vitales :(B2, B6 et B12 ,,,,,,) [7] .

2- 2 Matière grasse.

Les matières grasses représentent entre 3 et 4 % du lait entier et comprennent des acides gras saturés et insaturés, des phospholipides, du cholestérol et des triglycérides. Certains acides gras, comme l'acide linoléique, ont des effets bénéfiques sur la santé, tels que le soutien de la santé cardiaque et des propriétés anti-inflammatoires [8] . Les lipides fournissent de l'énergie, assurent la biodisponibilité des vitamines et contribuent à la saveur et à la texture [9] .

2-3 Protéines.

Les protéines représentent environ 3,3 % du lait, réparties en protéines du lactosérum à 20 % et en caséines à 80 %. Les protéines du lactosérum, telles que la lactoferrine, contiennent des acides aminés essentiels et soutiennent la croissance, renforcent l'immunité et favorisent l'absorption des minéraux [10] .

Les caséines sont utilisées dans la fabrication du fromage et forment des complexes protéiques importants [6] .

Tableau 1 : Composants chimiques du lait naturel.

Composant	Pourcentage (%)	Fonction nutritionnelle
Eau	87	Solvant pour les nutriments
Lactose	4.8	Source d'énergie
Sels minéraux	0.7	Renforcement des Os et régulation des fonctions vitales
Lipides	4 - 3	Énergie – dissolution des vitamines – saveur
Protéines	3.3	Croissance – immunité – absorption des minéraux

3. Facteurs influençant la composition du lait

La composition naturelle du lait des mammifères, en particulier celle des vaches, n'est pas constante ; elle est influencée par plusieurs facteurs biologiques, administratifs et environnementaux.

3-1 Facteurs biologiques

- **Type et race ;** La composition naturelle du lait des mammifères, en particulier celle des vaches, n'est pas constante ; elle est influencée par plusieurs facteurs biologiques, administratifs et environnementaux [11] .

- **Âge et stade de lactation** ; Au début de la lactation, le lait est riche en protéines immunitaires et en matières grasses, appelé colostrum – puis il commence à changer progressivement pendant la phase du lait nature [12] .
- **Santé physiologique** ; Les maladies, telles que la mammite, entraînent une diminution du contenu en protéines et en matières grasses et augmentent la proportion d'eau [13] .

3- 2 Facteurs nutritionnels

- **Qualité et éléments de la nutrition** : Une alimentation riche en fibres augmente la teneur en lactose, tandis qu'une alimentation riche en énergie et en matières grasses augmente la teneur en lipides du lait [14] .
- **Quantité d'eau et boisson** : Le manque d'eau entraîne une diminution du volume de lait, mais n'affecte pas de manière significative la concentration en protéines et en matières grasses si la déshydratation est temporaire.

3- 3 Facteurs environnementaux et administratifs

- **Conditions climatiques** : Les températures élevées réduisent la production de lait et affectent la teneur en matières grasses et en protéines [15] .
- **Moment et méthodes de traite** : La traite répétée dans la journée peut augmenter la production, mais réduit la teneur en protéines et en matières grasses [14].
- **Stress et manipulation des animaux** : Le stress excessif réduit la production de lait et affecte également sa composition en raison de la sécrétion d'hormones de stress qui modifient le métabolisme des lipides et des protéines [16] .

Tableau 2 : Facteurs influençant la composition du lait

Composant	Pourcentage (%)	Description fonctionnelle	Facteurs influents
Eau	87	Matrice transportant les nutriments	Type d'animal - alimentation
Lipides	3-5	Source d'énergie et de saveur	Race - alimentation
Protéines	3-4	Construction des tissus et soutien de l'immunité	Stade de lactation
Lactose	4.5-5	Régulation de l'équilibre hydrique et énergétique	Race - environnement
Minéraux	0.7-0.8	Importance pour les os et les nerfs	Alimentation animale
Les vitamines	0.1-0.2	Antioxydants - Fonctions biologiques	Nutrition et état de santé

4. Qualité microbiologique et facteurs de contamination

4-1 Microorganismes présents dans le lait

a) Bactéries bénéfiques

Les bactéries lactiques telles que *Lactobacillus*, *Lactococcus* et *Streptococcus thermophilus* sont parmi les bactéries bénéfiques les plus importantes dans le lait et participent également à la fermentation du lactose et à la production d'acide lactique, ce qui inhibe la croissance de certains microorganismes nuisibles. Ces bactéries jouent un rôle essentiel pour améliorer la saveur et la texture des produits laitiers tels que le yaourt et le fromage [4].

b) Bactéries pathogènes

Parmi les bactéries pathogènes pouvant se trouver dans le lait à savoir, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. *Listeria monocytogenes*, etc. La présence de ces bactéries peut provoquer des maladies alimentaires graves chez l'homme, notamment la diarrhée et l'intoxication alimentaire [17].

c) Bactéries d'altération

Les bactéries de détérioration incluent *Bacillus* spp. et *Clostridium* spp., qui dégradent les protéines et les graisses, provoquant des odeurs désagréables ainsi que des altérations du goût et de la couleur [18].

4-2 Sources de contamination

Le lait est un produit très sensible à la contamination en raison de sa richesse en nutriments et de son pH modéré, ce qui en fait un environnement très favorable à la croissance bactérienne. Les sources de contamination peuvent être classées en trois niveaux principaux. ;

- **Les animaux eux-mêmes** ; bactéries présentes naturellement sur la peau de la mamelle, dans le canal du trayon, ou si elle est atteinte de mammite alors les bactéries se trouvent dans le lait.
- **Les équipements et les outils de traite** ; trayeuses – seaux – pompes – tuyaux de traite – s'ils ne sont pas bien désinfectés avant l'utilisation

- **L'environnement** ; poussières et eaux non propres, en plus de cela le fumier ou certains insectes présents dans l'étable des vaches [19] .
- **Les surfaces et les récipients industriels** ; moyens de conditionnement non stérilisés – outils de stockage – conduites de tuyauterie.
- **La chaleur insuffisante ou le stockage dans de mauvaises conditions** ; conduit à l'augmentation des bactéries responsables de l'altération comme bacillus spp [4] .
- L'exposition à des températures non appropriées pendant le transport ou pendant le stockage dans les points de vente.
- Le mélange du lait frais avec du lait ancien ou avarié [20] .

Tableau 3 : Sources de contamination du lait et types de micro-organismes associés.

Le niveau / l'étape	Sources de contamination	Types de micro-organismes associés	Exemples de micro-organismes
Pendant la traite	Peau de la mamelle et du trayon Lait provenant de vaches atteintes de mammite Outils non stérilisés Environnement environnant	Bactéries altérantes – pathogènes	Staphylococcus aureus pseudomonas spp
Pendant la transformation et le stockage	Réservoirs de stockage du lait Outils de conditionnement non stérilisés Chaleur insuffisante	Bactéries altérantes – bénéfiques	Bacillus spp streptococcus thermophilus
Pendant le transport et la distribution	Températures inappropriées Mélange du lait frais avec du lait ancien ou avarié	Bactéries altérantes – pathogènes	Listeria monocytogenes salmonella spp

4-3 Inhibiteurs de croissance bactérienne, résidus d'antibiotiques et contamination chimique dans le lait

Le lait est un aliment de base d'origine animale et il est également exposé à une contamination chimique et biologique provenant de multiples sources, notamment les résidus d'antibiotiques, les désinfectants et les produits de nettoyage utilisés dans les fermes, les étables

et les équipements de production. Une étude récente réalisée en 2024 a montré que les résidus d'antibiotiques présents dans le lait cru restent une source de préoccupation mondiale, avec la détection de divers composés tels que les β -lactamines et les tétracyclines, grâce à des techniques chromatographiques avancées, ce qui augmente le risque de résistance bactérienne aux antibiotiques [21] .

Dans une autre étude évaluative, différents niveaux de résidus d'antibiotiques ont été détectés dans le lait pasteurisé et cru dans diverses régions, montrant que cette contamination chimique ne se limite pas au lait cru, mais s'étend également aux produits pasteurisés destinés à la consommation humaine, nécessitant un contrôle de qualité conforme aux normes internationales [22] .

Une étude menée au Kenya en 2024 a révélé que le lait des petites exploitations contenait des accumulations de β -lactamines et de tétracyclines dépassant parfois les limites autorisées, mettant en évidence un défi majeur pour le contrôle de la sécurité du lait dans les environnements ruraux [23] .

De même, une étude en Libye en 2024 a montré que le lait local de chameau contenait des résidus de tétracyclines, soulignant la propagation de la contamination par les antibiotiques dans différents types de lait, en particulier sur les marchés locaux, et entraînant la mise en place de mesures de contrôle strictes pour garantir la sécurité des consommateurs [24] .

Ces études mettent en évidence la nécessité d'un contrôle strict des niveaux de résidus d'antibiotiques dans le lait et ses dérivés, en utilisant diverses méthodes analytiques précises et modernes, ainsi que la sensibilisation des agriculteurs et des producteurs sur l'utilisation des produits de nettoyage et des antibiotiques afin de réduire la contamination chimique et d'assurer la sécurité alimentaire et la qualité du lait.

5- Conclusion

L'étude bibliographique a mis en évidence que le lait est un aliment d'une grande valeur nutritionnelle grâce à sa richesse en protéines, matières grasses, glucides, vitamines et sels minéraux, ce qui lui confère une place essentielle dans l'alimentation humaine ainsi qu'un intérêt majeur pour les industries agroalimentaires. La connaissance de sa composition et de ses propriétés permet de mieux comprendre les facteurs susceptibles d'influencer sa qualité, sa conservation et son aptitude à la transformation. Les références consultées soulignent également l'importance des

analyses physico-chimiques et microbiologiques dans l'évaluation de la qualité du lait, la détection d'éventuelles altérations ou contaminations et la vérification de sa conformité aux normes en vigueur. Ainsi, le contrôle régulier du lait constitue une étape indispensable pour garantir sa sécurité sanitaire, préserver ses qualités technologiques et assurer la protection du consommateur. Les notions développées dans ce chapitre fournissent les bases scientifiques nécessaires à la compréhension des aspects pratiques qui seront abordés dans les chapitres suivants de ce mémoire.

Références bibliographiques

- [1] ČAPLA, Jozef, et al. Milk and dairy products--summary of European legislation, hygiene manuals, ISO standards and Codex Alimentarius standards. *Slovak Journal of Food Sciences*, 2022, 16.
- [2] AMARAL, Joana S., et al. Milk and milk products. *Foodintegrity Handbook*; Morin, J.-F., Lees, M., Eds, 2018, 3-26.
- [3] PARK, Young W. Goat milk--chemistry and nutrition. *Handbook of milk of non-bovine mammals*, 2017, 42-83.
- [4] MOATSOU, Golfo; MOSCHOPOULOU, Ekaterini. Microbiology of raw milk. *Dairy Microbiology and Biochemistry*, 2014, 1-38.
- [5] BURGESS, Ken. Milk and Dairy Products in Human Nutrition (2013), by E. Muehlhoff, A. Bennett and D. McMahon, Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), Rome. E-ISBN: 978-92-5-107864-8 (PDF). Available on web-site (publications-sales@ fao. org). 2014.
- [6] FOX, P. F., et al. Milk proteins. In: *Dairy chemistry and biochemistry*. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 145-239.
- [7] BURGESS, Ken. Milk and Dairy Products in Human Nutrition (2013), by E. Muehlhoff, A. Bennett and D. McMahon, Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), Rome. E-ISBN: 978-92-5-107864-8 (PDF). Available on web-site (publications-sales@ fao. org). 2014.
- [8] DE LA FUENTE, Miguel Angel; JUÁREZ, Manuela. Milk and dairy products. *Handbook of mineral elements in food*, 2015, 645-668.
- [9] HUPPERTZ, T.; MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. Advanced dairy chemistry. 2013.
- [10] MOATSOU, Golfo; MOSCHOPOULOU, Ekaterini. Microbiology of raw milk. *Dairy Microbiology and Biochemistry*, 2014, 1-38.
- [11] MOATSOU, Golfo; MOSCHOPOULOU, Ekaterini. Microbiology of raw milk. *Dairy Microbiology and Biochemistry*, 2014, 1-38.
- [12] FOX, P. F., et al. Production and utilization of milk. In: *Dairy chemistry and biochemistry*. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 1-19.
- [13]https://www.researchgate.net/publication/287266585_Fine_milk_composition_phenotyping_and_genotyping_French_research_and_dairy_industries_invest_for_the_future

- [14] JENKINS, T. C.; MCGUIRE, M. A. Major advances in nutrition: impact on milk composition. *Journal of dairy science*, 2006, 89.4: 1302-1310.
- [15] SUMMER, Andrea, et al. Impact of heat stress on milk and meat production. *Animal Frontiers*, 2019, 9.1: 39-46.
- [16] GUPTA, Shruti, et al. The impact of heat stress on immune status of dairy cattle and strategies to ameliorate the negative effects. *Animals*, 2022, 13.1: 107.
- [17] PAPADEMAS, Photis (ed.). *Dairy microbiology: a practical approach*. CRC Press, 2014.
- [18] ROBINSON, Richard K. (ed.). *Dairy microbiology handbook: the microbiology of milk and milk products*. John Wiley & Sons, 2005.
- [19] FOX, Patrick F.; MCSWEENEY, Paul LH; PAUL, L. H. Dairy chemistry and biochemistry. 1998.
- [20] BEVILACQUA, Antonio; CORBO, Maria Rosaria; SINIGAGLIA, Milena (ed.). *The microbiological quality of food: Foodborne spoilers*. Elsevier, 2024.
- [21] PEREIRA, Marcella Nunes; SCUSSEL, Vildes Maria. Antimicrobial residues in dairy milk: contamination source, impacts and control. 2017.
- [22] SHULYAK, Svitlana, et al. Cow's milk screening for veterinary drug and pollutant residues in Ukraine for the period from 2020 to 2023. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 2024, 14.7: 1085-1092.
- [23] DOS SANTOS GOMES, Ivaldo; COSTA, Vinicius Câmara; AMORIM, Fábio Alan Carqueija. Journal of Agricultural, Food Science & Biotechnology.
- [24] SHERIF, Jihan Ali, et al. Emergence of Extended-spectrum Beta-lactamase Producer and Colistin-resistant *E. coli* in Animal-origin Foods in Libya. *World*, 15.3: 597-611.

Partie expérimentale, résultats et discussion

Introduction

Le lait est un aliment essentiel très important grâce à sa grande valeur nutritive. Il contient plusieurs éléments indispensables à la croissance du corps et au bon fonctionnement de l'organisme, comme les protéines, les matières grasses, les sucres, les vitamines et les sels minéraux. Cependant, le lait est un produit fragile qui se détériore rapidement à cause de sa forte teneur en eau et en lactose, ainsi qu'à la présence de bactéries. Ces bactéries se développent dans le lait, consomment le sucre qu'il contient et produisent de l'acide lactique, responsable de son acidité. Le lait peut aussi subir différentes altérations physiques, chimiques et microbiologiques, notamment sous l'effet de la température.

Pour faire face à ces problèmes, l'industrie agroalimentaire a développé plusieurs techniques de conservation du lait. Parmi les plus importantes, on trouve le séchage, qui consiste à transformer le lait liquide en poudre. Ce lait en poudre est plus facile à stocker, à transporter et à utiliser, et il se conserve beaucoup plus longtemps. Il est aussi très utilisé dans plusieurs domaines, notamment dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique.

Dans ce cadre, ce chapitre vise à étudier la possibilité de transformer le lait frais en poudre alimentaire à l'aide de méthodes simples, applicables à petite échelle en laboratoire. L'idée est aussi d'enrichir cette poudre avec des ingrédients naturels riches en valeur nutritionnelle, afin d'augmenter sa teneur en protéines et d'améliorer sa qualité alimentaire.

Ce chapitre présente enfin les matériaux et les appareils utilisés, ainsi que les différentes étapes de préparation du lait, de son séchage et de sa transformation en poudre.

1. Lieu de l'étude et matériels utilisés

1-1 Lieu de l'étude

Cette étude a été réalisée dans le cadre des travaux expérimentaux de ce travail de fin d'études, qui porte sur la valorisation du lait frais et sa transformation en poudre alimentaire pouvant être enrichie naturellement, à l'aide de techniques simples et semi-industrielles applicables à petite échelle.

Le lait frais utilisé dans cette étude a été obtenu auprès de l'entreprise **GIPLAIT** de Saïda, par l'intermédiaire du groupement de **M. Zouaia Aïssa**, situé à **Sidi Aïssa** dans la wilaya de Saïda. Avant son utilisation, le lait a été soumis à différents contrôles physico-chimiques et microbiologiques. Toutes les étapes de préparation, de séchage et d'analyses ont été réalisées au laboratoire, avec du matériel adapté, tout en respectant strictement les règles d'hygiène afin d'assurer des résultats fiables.

Cette étude repose sur des essais pratiques visant à vérifier la possibilité d'obtenir une poudre de lait de bonne qualité à partir de méthodes simples, ainsi que d'étudier la possibilité de l'enrichir avec des ingrédients naturels à forte valeur nutritionnelle.

1-2 Matériels utilisés

Dans cette expérience, nous avons utilisé différents matériaux, matières premières et appareils de laboratoire afin de réaliser les étapes de préparation, de séchage et d'analyses.

a) Matières premières

- Lait frais de vache
- Eau distillée
- Œuf (en cas d'enrichissement)
- Ethanol

b) Appareils et équipements utilisés

- Balance électronique
- Moulin électrique
- Boîtes de Pétri et récipients stériles
- pH-mètre
- Thermomètre

- Bécher
- Bec Bunsen
- Bouteille de gaz butane
- Briquet

2. Conditions de travail au laboratoire

Ces expériences ont été réalisées dans le laboratoire de l'entreprise GIPLAIT – Saïda, de la Faculté des Sciences Biologiques et de la Faculté de Médecine de l'Université de Saïda. Elles se sont déroulées dans de bonnes conditions de travail, en respectant les règles d'hygiène et de sécurité. Tout le matériel utilisé a été soigneusement stérilisé, et nous avons porté les équipements de protection individuelle nécessaires afin d'éviter toute contamination pouvant influencer la qualité des résultats

3- Protocole de prélèvement et de transport des échantillons

La collecte du lait cru est assurée par un agent contractuel de l'entreprise **GIPLAIT Saïda**, qui intervient auprès de plusieurs éleveurs bovins de la région de **Sidi Aïssa**. Avant chaque tournée, il procède au nettoyage et à la désinfection des réservoirs de collecte afin de garantir le respect des règles d'hygiène et de préserver la qualité du lait.

La tournée de collecte débute à **7 h 30** depuis l'entreprise GIPLAIT Saïda. L'agent se déplace à bord d'un véhicule équipé de **deux citernes en acier inoxydable**, d'une capacité de **1 000 litres chacune**, spécialement conçues pour le transport du lait et résistantes à la corrosion.

À son arrivée dans les exploitations d'élevage, il effectue un contrôle préliminaire de la qualité du lait avant son prélèvement. Cette vérification consiste à réaliser un test rapide à l'aide d'un indicateur coloré, le **bromocrésol**. Quelques gouttes de cette solution, de couleur bleu clair, sont ajoutées à un échantillon de lait. Si la couleur demeure inchangée, le lait est considéré comme frais et conforme à la collecte. En revanche, si la solution vire au violet ou au jaune, cela indique une acidification du lait ; celui-ci est alors jugé non conforme et n'est pas collecté.

Une fois la collecte terminée auprès des différents éleveurs, aux environs de **9 h 00**, l'agent retourne directement à l'entreprise **GIPLAIT Saïda**, où le lait est réceptionné pour subir les contrôles de qualité et les opérations de transformation.



Figure 01 : bromocrésol,

4- Analyses physico-chimiques

4-1 Présentation de l'appareil lactoscan

Pour réaliser la détermination quantitative des composants principaux des échantillons de lait étudiés, on a utilisé un analyseur de lait numérique ***lactoscan*** du modèle lactoscan ultrasonic milkat. Cet appareil repose sur la technique de mesure de la vitesse des ondes ultrasonores dans l'échantillon, où la vitesse de ces ondes varie selon la concentration des composants (matières grasses - protéines - matières solides) ce qui nous permet d'obtenir des résultats précis en un temps court sans avoir besoin d'utiliser des réactifs chimiques



Figure 02 : L'appareil lactoscan

4-2 Les paramètres mesurés

L'appareil nous a permis de déterminer les indicateurs suivants dans l'échantillon.

Tableau 04 : Les paramètres mesurés

Paramètre	Signification	Description
FAT	Matières grasses	Teneur en matières grasses, exprimée en pourcentage (%) du volume de l'échantillon.
SNF (Solids-Not-Fat)	Extrait sec dégraissé	Matières solides non grasses comprenant les protéines, le lactose et les sels minéraux.
DENSITY	Densité	Densité du lait, mesurée à une température comprise entre 20 et 25 °C.
LACTOSE	Lactose	Teneur en lactose exprimée en pourcentage (%).
SALTS	Sels minéraux	Quantité de sels minéraux présents dans l'échantillon (%).
PROTEIN	Protéines	Teneur totale en protéines exprimée en pourcentage (%).
ADDED WATER	Eau ajoutée	Teneur estimée en eau ajoutée au lait, le cas échéant (%).
TEMP SAMPLE	Température de l'échantillon	Température du lait au moment de la mesure (°C).
FREEZ. POINT	Point de congélation	Température de congélation du lait (°C), utilisée pour évaluer sa pureté et détecter un éventuel ajout d'eau.
CONDUCTIVITY	Conductivité électrique	Capacité du lait à conduire le courant électrique, liée à sa teneur en ions (mS/cm).

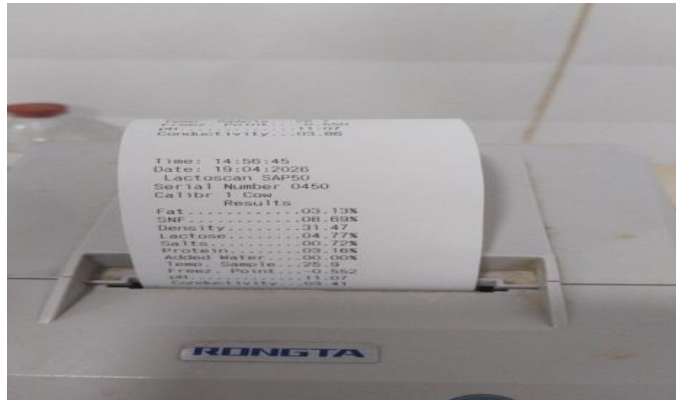


Figure 03 : Les paramètres mesurés

4-3 Mode opératoire

Les analyses ont été effectuées selon les étapes suivantes ;

a) Préparation de l'échantillon

Un agent de l'entreprise Giplait - Saïda, lors de l'arrivée des collecteurs, se rend vers les fûts de stockage appartenant aux collecteurs, mélange bien le lait, puis prélève des échantillons d'environ 100 ml qu'il place dans des flacons, et les transporte au laboratoire d'analyses

b) Homogénéisation

L'échantillon a été agité doucement et de manière circulaire afin d'assurer une répartition homogène des globules gras et d'éviter la formation de bulles d'air

c) Mesure

Le tube d'aspiration de l'appareil est immergé dans l'échantillon, puis l'analyse est lancée en appuyant sur le bouton de démarrage

d) Enregistrement

Après l'achèvement du cycle de mesure (environ 60 à 70 secondes), les résultats apparaissent sous forme de symboles F - S - D - C - P - H sur l'écran numérique, puis sont imprimés sur papier, et ont été notés directement pour chaque échantillon

e) Nettoyage

Après chaque série de mesures, un cycle de nettoyage automatique de l'appareil est effectué à l'aide d'eau distillée.

Une quantité du nouvel échantillon est également aspirée puis évacuée automatiquement, puis l'appareil commence la mesure du nouvel échantillon

Tableau 05 : Présentation des résultats des analyses effectuées

FAT	03.62%
SNF	08.57%
densité	30.76
lactose	04.7%
salts	00.7%
protéine	03.12%
Added water	00.00%
Temp sample	28.9
Frees point	-0.547
pH	6.6
Conductivité	03.61

5- Détection des résidus d'antibiotiques dans le lait frais.

Ces analyses sont très importantes pour s'assurer que le lait frais ne contient pas de résidus d'antibiotiques utilisés dans le traitement des vaches, notamment en cas de mammite (inflammation de la mamelle).

La présence d'antibiotiques dans le lait est considérée comme très dangereuse pour le consommateur, car elle peut entraîner des risques pour la santé :

- des réactions allergiques chez certaines personnes
- l'apparition d'une résistance bactérienne aux antibiotiques
- un impact négatif sur les bactéries bénéfiques utilisées dans la fabrication des produits laitiers [1] .

Ces antibiotiques peuvent se retrouver dans le lait frais livré à l'entreprise Giplait, souvent lorsque les animaux sont traités avec des médicaments vétérinaires sans respecter la période de retrait, c'est-à-dire le délai obligatoire entre le traitement et la reprise de la traite destinée à la consommation [2] .

C'est là qu'intervient l'entreprise Giplait de Saïda, qui effectue des tests pour détecter la présence de ces antibiotiques dans le lait frais, en utilisant des bandelettes de test rapides spécifiques. Ces tests reposent sur une réaction colorimétrique, avec l'apparition de lignes colorées indiquant la présence ou l'absence de résidus d'antibiotiques dans l'échantillon.



Figure 04 : Incubator

5-1 Méthode de travail

Cette opération consiste à introduire une quantité limitée de lait, prélevée et collectée, dans un tube à essai contenant le réactif.

Ensuite, une bandelette de test est immergée dans l'échantillon. Le tout est incubé à l'aide d'un appareil thermique réglé à 40 °C pendant 2 minutes.

À la fin du temps d'incubation, les résultats sont interprétés en se basant sur l'apparition de bandes colorées sur la bandelette de test. Celle-ci permet la détection de quatre types d'antibiotiques : les bêta-lactamines, les tétracyclines, les sulfamides et la céfalexine.



Figure 05 : colorées et milksafe[™] 3BTC. Méthode de lecture

La lecture des résultats se fait selon l'apparition des lignes colorées sur la bandelette.

Si la cinquième ligne apparaît légèrement colorée tandis que les quatre premières lignes sont bien visibles et nettes, cela indique que le lait est conforme et ne contient pas de résidus d'antibiotiques.

En revanche, si l'une des quatre premières lignes apparaît de couleur faible ou légèrement blanchâtre, cela signifie que le lait contient des résidus d'antibiotiques.

Et après cela, la facture d'acceptation du lait a été délivrée par le laboratoire de Giplait

6- Analyses microbiologiques

Le lait frais constitue un milieu favorable au développement et à la multiplication des bactéries et des micro-organismes. C'est pourquoi l'évaluation de sa qualité microbiologique est très importante afin de garantir la sécurité sanitaire.

Dans ce cadre, au laboratoire de l'entreprise Giplait de Saïda, nous avons effectué un contrôle de la qualité microbiologique du lait frais lors de sa réception en provenance du collecteur « Zouaia Aïssa », situé dans la région de Sidi Aïssa [3] .

Lait frais constitue un milieu très favorable au développement et à la multiplication des bactéries et des micro-organismes. C'est pourquoi l'évaluation de sa qualité microbiologique est une étape essentielle afin de garantir la sécurité sanitaire du consommateur.

Dans ce cadre, le laboratoire de l'entreprise Giplait de Saïda assure le contrôle de la qualité microbiologique du lait frais dès sa réception en provenance du collecteur « Zouaia Aïssa », situé dans la région de Sidi Aïssa.

6-1 Échantillonnage et préparation

L'échantillonnage du lait frais est réalisé dans des conditions strictement aseptiques, à l'aide de matériel stérile (tubes à essai et flacons), afin d'éviter toute contamination.

Avant analyse, le lait est homogénéisé par agitation, puis une série de dilutions décimales est réalisée jusqu'à 10^{-5} . Pour cela, 1 mL de lait est ajouté à 9 mL de solution stérile (solution physiologique à 0,9 %) afin d'obtenir la première dilution (10^{-1}), suivie de dilutions successives jusqu'à 10^{-5} , permettant un dénombrement microbiologique précis.

7- Analyses microbiologiques et normes appliquées

Les normes officielles exigent la recherche de plusieurs groupes bactériens afin d'évaluer la qualité et l'innocuité du lait :

7-1 Flore aérobie mésophile totale (FAMT)

- Elle permet d'évaluer l'hygiène générale du lait et les conditions de traite.
- L'ensemencement est réalisé sur milieu PCA par la méthode en masse, puis incubation à 30 °C pendant 72 heures.
- Un lait de bonne qualité ne doit généralement pas dépasser 10^5 , UFC/mL [4].

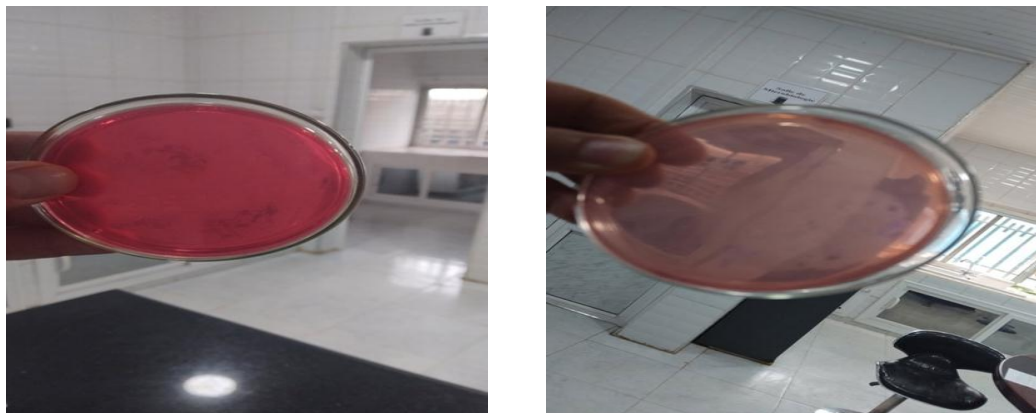


Figure 06 : Flore aérobie mésophile totale (FAMT)

7-2 Coliformes totaux et fécaux

Ils constituent un indicateur de l'hygiène et d'une éventuelle contamination fécale.

Ils sont cultivés sur milieu VRBG :

- 30 °C pendant 24 heures pour les coliformes totaux
- 44 °C pendant 24 heures pour E. coli
- Les niveaux doivent rester très faibles. 100-1000 milieu sélectif [5] .



Figure 07 : Coliformes totaux et fécaux

7-3 Staphylococcus aureus

- Souvent associé aux mammites chez les bovins.
- La culture est réalisée sur milieu Chapman ou Baird-Parker à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- Sa présence doit être absente ou très limitée 100-1000 milieu sélectif [6] .

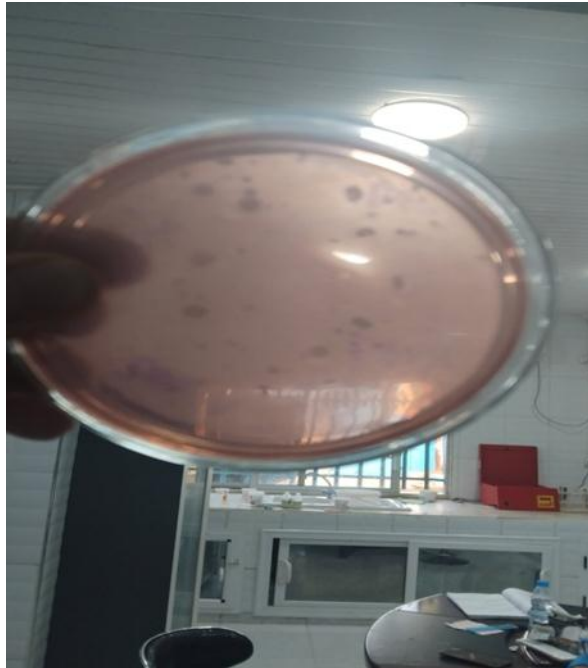


Figure 08 : Staphylococcus aureus fécaux

7-4 Salmonella

- Bactérie pathogène responsable de toxi-infections alimentaires graves
- La méthode comprend plusieurs étapes : pré-enrichissement , enrichissement sélectif , isolement puis confirmation
- Elle doit être totalement absente dans 25 mL de lait [7] .



Figure 9 : Salmonella

7-5 *Listeria monocytogenes*

- Bactérie pathogène capable de se développer à basse température
- Elle est recherchée par enrichissement puis isolement sur milieux spécifiques
- Elle doit également être absente dans 25 mL de lait [8] .



Figure 10 : *Listeria monocytogenes*

8-Interprétation des résultats

Les laboratoires utilisent généralement un système de classification à trois niveaux comprenant :

- n : nombre d'échantillons analysés
- m : seuil minimal acceptable
- M : seuil maximal toléré
- c : nombre d'échantillons autorisés entre m et n

Tableau 06 : Résultats et Normes

Indicateur microbiologique	Valeurs normatives	Unité	Normes internationale des microbiologiques du lait cru
FAMT	5.10^5	UFC/mL	$\leq 10^5$ UFC/mL (bonne qualité) entre 10^5 et 10^6 UFC/mL (qualité moyenne)
Coliformes totaux	10^2	UFC/mL	100-1000
Salmonella	Absence	Dans 25 mL	absente dans 25 mL
Staphylococcus aureus	10^2	UFC/mL	100-1000
Listeria monocytogenes	Absence	Dans 25 mL	absente dans 25 mL

9-Normes microbiologiques du lait cru

➤ FAMT

La charge bactérienne ne doit généralement pas dépasser 10^5 , UFC/mL. Elle reflète surtout les conditions d'hygiène lors de la traite, de la collecte et du stockage du lait.

➤ Coliformes totaux

La limite acceptable est d'environ 10^2 UFC/mL. Leur présence indique souvent un défaut d'hygiène au niveau du matériel ou de la manipulation.

➤ Staphylococcus aureus

Sa concentration ne doit pas dépasser 10^2 UFC/mL, avec une exigence encore plus stricte de quasi-absence, en raison de son lien avec les mammites et la production de toxines.

➤ **Salmonella spp**

Elle doit être totalement absente dans 25 mL de lait, étant une bactérie strictement pathogène.

➤ **Listeria monocytogenes**

Comme pour Salmonella, elle doit être absente dans 25 mL, compte tenu de son risque sanitaire élevé, notamment pour les populations sensibles.

10- Préparation du lait avant séchage

10-1 Réception du lait

Contrôle général du lait

Vérification de la couleur, de l'odeur et de l'homogénéité.

10-2 Filtration du lait

Élimination des impuretés présentes dans le lait, le cas échéant.

10-3 Traitement thermique

Le traitement thermique constitue l'une des étapes essentielles dans la préparation de la poudre de lait. Il permet d'éliminer les microorganismes pathogènes pouvant altérer la qualité du produit final, tout en préservant ses propriétés nutritionnelles.

Cette opération repose sur le chauffage du lait à une température déterminée, suivi d'un refroidissement immédiat afin d'éviter le développement des microorganismes résiduels. Le traitement thermique contribue également à améliorer la stabilité du lait lors du séchage et à réduire les risques d'altération du produit pendant le stockage.

Dans notre étude, nous avons appliqué une pasteurisation traditionnelle avant le séchage. Le lait a été chauffé progressivement avec une agitation continue afin d'éviter son brûlage ou la sédimentation de ses constituants, jusqu'à atteindre une température de 63 °C pendant 30 minutes. À la fin du traitement, le lait a été refroidi immédiatement afin de limiter les effets thermiques et de préserver la qualité de ses composants nutritionnels, notamment les protéines [9].

10-4 Refroidissement du lait

Après l'opération de pasteurisation, le lait a été refroidi immédiatement, car le refroidissement constitue une étape indispensable dans les industries agroalimentaires. Il permet de stabiliser le produit et de réduire les risques de détérioration.

Dans notre étude, le lait a été refroidi après la pasteurisation jusqu'à atteindre une température de 25 °C, puis conservé dans des conditions de réfrigération appropriées à 4 °C jusqu'à son utilisation dans l'opération de séchage.

Les objectifs de cette étape sont les suivants :

- ralentir l'activité microbienne ;
- préserver la qualité des protéines et des matières grasses ;
- réduire les modifications enzymatiques ;
- conserver les propriétés organoleptiques du lait, notamment le goût et l'odeur . [10]

Remarque :

Il est nécessaire de respecter la chaîne du froid et de ne pas laisser le lait à température ambiante pendant de longues périodes.

11. Transformation du lait frais en poudre alimentaire de qualité, pouvant être naturellement enrichie

L'une des techniques les plus innovantes pour la conservation du lait est le procédé de séchage et la fabrication de la poudre de lait. Cette méthode repose sur l'élimination d'une grande partie de l'eau contenue dans le lait afin d'obtenir un produit sec, facile à stocker et possédant une longue durée de conservation, tout en préservant sa valeur nutritionnelle [11] .

Dans notre étude, nous avons procédé à la réduction du taux d'humidité contenu dans le lait frais

La poudre a été préparée au laboratoire n°2 de la faculté de médecine, rattaché à la faculté des sciences, à partir de lait de vache frais entier d'un poids initial de 1000 g. La méthode utilisée reposait sur l'élimination de l'eau du lait par chauffage progressif et concentration thermique.

Dans un premier temps, le lait a été placé dans un récipient approprié puis soumis à un chauffage continu accompagné d'une agitation lente à l'aide d'une spatule en silicone. Cette opération avait pour objectif d'éviter l'adhérence du lait au fond du récipient et d'assurer une répartition homogène de la chaleur.

Sous l'effet du chauffage, l'eau contenue dans le lait s'est progressivement évaporée, entraînant une augmentation de la concentration des matières solides. La diminution progressive de la teneur en humidité a conduit à l'obtention d'un produit sec, de consistance solide, se présentant sous forme d'amas compacts et cohésifs.

Le produit obtenu a ensuite été laissé à refroidir jusqu'à atteindre la température ambiante. Enfin, il a été soumis à un séchage complémentaire pendant trois jours à température ambiante afin d'assurer l'élimination de l'humidité résiduelle.

Après l'obtention du produit sec, celui-ci a été soumis à une opération de broyage mécanique à l'aide d'un broyeur semi-automatique, dans le but de réduire la taille des particules et d'obtenir une poudre fine et homogène.

Cette étape a contribué à l'amélioration des propriétés physiques du produit, tout en facilitant les opérations de conditionnement et son utilisation ultérieure. Elle a également permis d'assurer une granulométrie plus uniforme et d'améliorer la capacité de réhydratation (ou de redissolution).



Etape 1 : Pasteurisation



Etape 2 : la balance avant la pesée



Etape 3 : Pesée de la quantité de lait utilisée



Etape 4 : Chauffage du lait et agitation



Etape 5 : Granulés de lait destinés au séchage



Etape 6 : Broyage



Etape 7 : final

Figure 11 : les étapes de transformation du lait frais en poudre alimentaire

12- Analyses physico-chimiques de la poudre de lait

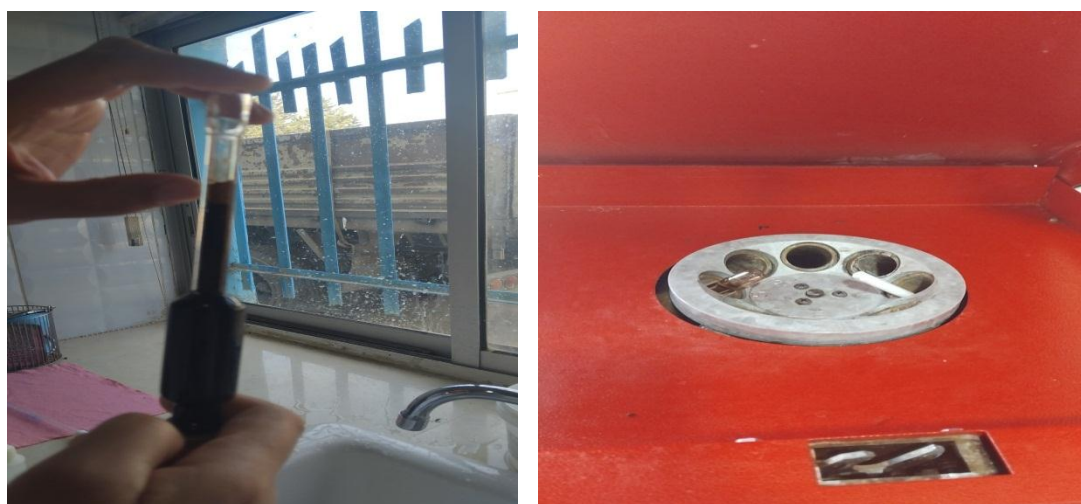
Les analyses ont été réalisées à l'aide du **Lactoscan**, conformément à la méthode précédemment décrite, ce qui a permis d'obtenir les résultats suivants (Tableau 7);

Tableau 07 : Analyses physico-chimiques de la poudre de lait

FAT	0.84 %
SNF	07.28 %
DENSITY	27.35
LACTOSE	04.00 %
SALTS	00.60 %
PROTEIN	02.66 %
ADDED WATER	14.42 %
TEMP SAMPLE	31.8
FREEZ.POINT	- 0.445
CONDUCTIVITY	04.67

Afin de déterminer le pH de l'échantillon, les mesures ont été effectuées à l'aide d'un pH-mètre conformément à la procédure expérimentale adoptée (**pH = 6.6**).

12-1 Détermination de la teneur en matière grasse du lait en poudre par la méthode de Gerber

**Figure 12** : la méthode de Gerber

La teneur en matière grasse obtenue dans l'échantillon de lait en poudre analysé est de 30 %. En se référant à la norme du Codex Alimentarius relative aux laits en poudre, la teneur en matière grasse du lait entier en poudre doit être comprise entre 26 % et 42 %. [12]

Ainsi, la valeur obtenue se situe dans l'intervalle recommandé par la norme, ce qui montre que l'échantillon étudié est conforme aux exigences de qualité. Ce taux de matière grasse est considéré comme normal pour un lait en poudre entier et reflète une composition correcte du produit.

On peut donc dire que l'échantillon analysé présente une qualité satisfaisante du point de vue de la matière grasse.

12-2 Détermination de la teneur en humidité du lait en poudre

La teneur en humidité du lait en poudre est un paramètre important pour évaluer sa qualité et sa stabilité au cours du stockage. Selon la norme du Codex Alimentarius relative aux laits en poudre et à la crème en poudre, la teneur en humidité ne doit pas dépasser 5 %, que ce soit pour le lait entier en poudre ou le lait écrémé en poudre [12].

Dans ce travail, la teneur en humidité de l'échantillon analysé a été déterminée à l'aide d'un analyseur d'humidité. La valeur affichée par l'appareil était de 95,407 %, correspondant en réalité à la matière sèche de l'échantillon. La teneur en humidité a donc été calculée par différence selon la relation suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = 100 - \text{Matière sèche (\%)}$$

Ainsi, la teneur en humidité obtenue est de 4,593 %.

Cette valeur est conforme aux exigences du Codex Alimentarius, ce qui indique que l'échantillon de lait en poudre présente une bonne qualité et une bonne stabilité, notamment en ce qui concerne la conservation et la limitation des risques de développement microbien[12].



Figure 13 : la méthode Détermination de la teneur en humidité

13- Analyses microbiologiques de la poudre de lait

Les analyses microbiologiques de la poudre de lait sont indispensables pour garantir l'innocuité du produit et vérifier sa conformité aux normes de qualité microbiologique. Bien que le procédé de séchage réduise fortement l'activité de l'eau et limite le développement des microorganismes, une contamination peut survenir au cours de la fabrication, du conditionnement, du transport ou du stockage.

Tableau 8 : Les principaux microorganismes recherchés

FAMT Flore aérobie mésophile totale	Évaluer la charge microbienne globale et l'hygiène de fabrication.	50 000 UFC/g*
Coliformes totaux	Détecter une contamination liée à l'hygiène du procédé.	10 UFC/g
Staphylococcus aureus	Détecter une contamination due aux manipulateurs ou aux animaux.	10 UFC/g
Salmonella spp	Vérifier l'absence de bactéries pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires.	Absence dans 25 g
Listeria monocytogenes	Rechercher la présence de cette bactérie pathogène responsable de la listériose, afin de garantir la sécurité sanitaire de la poudre de lait.	Absence dans 25 g

* UFC (Unité Formant Colonie) une cellule microbienne vivante (ou un groupe de cellules)

14- Les critères microbiologiques du lait en poudre

Les critères microbiologiques du lait en poudre sont basés sur les recommandations du Codex Alimentarius et de l'ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). La flore totale ne doit pas dépasser 5×10^4 UFC/g, les coliformes et *Staphylococcus aureus* sont limités à 10 UFC/g, et *Salmonella* spp. ainsi que *Listeria monocytogenes* doivent être absentes dans 25g [13] .

15- Quantité de matière première et rendement final

À la fin du procédé de fabrication du lait en poudre, il a été observé que 1000 g de lait frais ont permis d'obtenir 120 g de lait en poudre. Ce résultat reflète le rendement du processus de séchage appliqué.

Ce procédé s'inscrit dans une démarche visant à assurer une meilleure conservation du lait et à prolonger sa durée de vie par rapport au lait frais, tout en facilitant son stockage et son transport sur de longues périodes.

16- Calcul du rendement

Le rendement de transformation du lait en poudre est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rendement \%} = \text{Masse du produit obtenu} / \text{Masse de matière première} \times 100$$

Application

- Masse de lait frais = 1000 g
- Masse de lait en poudre = 120 g

$$R = (120 / 1000) \times 1000 \quad R = 12 \%$$

17- Enrichissement du lait en poudre par la poudre d'œuf

Dans le cadre de l'amélioration de la qualité nutritionnelle du lait en poudre, une démarche de fortification a été envisagée par l'ajout de poudre d'œuf au produit final. Cette approche vise à associer deux matières premières complémentaires, reconnues pour leur richesse en protéines de haute valeur biologique ainsi qu'en acides aminés essentiels, contribuant ainsi à améliorer la qualité protéique globale du produit.

L'incorporation de la poudre d'œuf permet d'optimiser la composition nutritionnelle du mélange, notamment en augmentant la teneur en protéines et en renforçant l'apport énergétique. Le produit obtenu devient ainsi plus équilibré sur le plan nutritionnel et mieux adapté à certaines exigences alimentaires.

Cette stratégie s'inscrit dans une logique de développement de produits alimentaires enrichis, visant à apporter une valeur ajoutée aux produits laitiers et à diversifier leurs usages. Elle permet également d'explorer de nouvelles formulations fonctionnelles répondant à des besoins nutritionnels spécifiques.

L'incorporation de la poudre d'œuf dans le lait en poudre constitue une approche de fortification nutritionnelle visant à améliorer la qualité du produit final. Cette démarche repose sur le fait que l'œuf est reconnu comme une source de protéines de très haute valeur biologique, contenant l'ensemble des acides aminés essentiels nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme humain.

L'ajout de la poudre d'œuf permet ainsi d'augmenter la teneur en protéines du produit et d'améliorer l'équilibre nutritionnel global du mélange. Cette combinaison contribue à une meilleure qualité protéique, en renforçant la valeur biologique des protéines issues du lait.

Sur le plan industriel, cette stratégie s'inscrit dans le développement des aliments fonctionnels dont l'objectif ne se limite pas à la nutrition de base, mais vise également l'amélioration de la qualité nutritionnelle et fonctionnelle des produits alimentaires.

Enfin, cette pratique permet de diversifier les formulations à base de lait en poudre et d'ouvrir la voie à des produits innovants à forte valeur ajoutée [14 ,15]

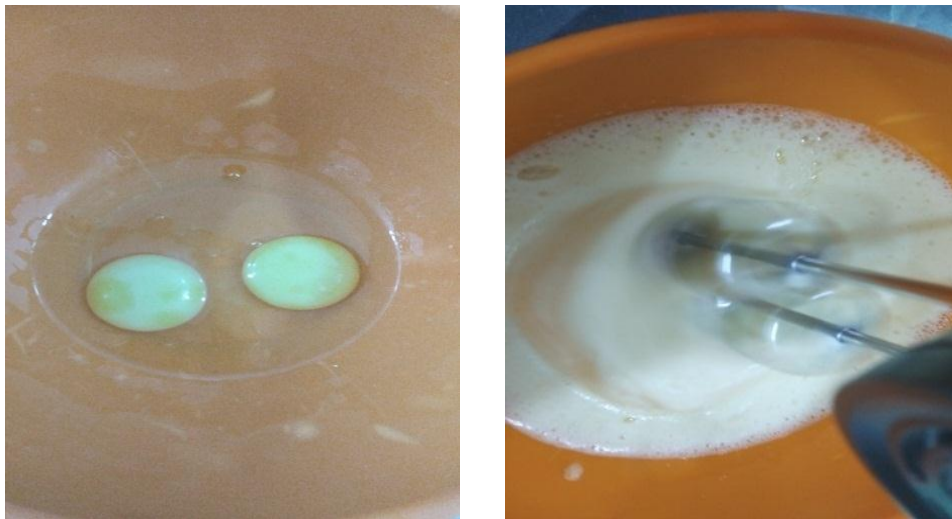


Figure 14: Préparation de l'œuf



Figure 15 : la poudre d'œuf

Références bibliographiques

- [1] Bion, C., Beck Henzelin, A., Qu, Y., Pizzocri, G., Bolzoni, G., & Buffoli, E. (2016). Analysis of 27 antibiotic residues in raw cow's milk and milk-based products—validation of Delvotest® T. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 33(1), 54-59.
- [2] Sundram, P., Lloyd, C., & Eri, R. (2024). Addressing residue and resistance in food animals: a policy imperative in Southeast Asia. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(10), 6746-6757.
- [3] CRD N. codex alimentarius commission. Codex. 2010;22:06.
- [4] SAWADOGO, M. Germain J., and M. Absi MOUMOUNI. "Evaluation de la Qualité Microbiologique de Deux Laits de Consommation Commercialisés Sur le Marché de Niamey (Niger): Le Yaourt et Le Lait en Poudre." *EVALUATION* 01 (2010).
- [5] Fusco, Vincenzina, Daniele Chieffi, Francesca Fanelli, Antonio F. Logrieco, Gyu-Sung Cho, Jan Kabisch, Christina Böhnlein, and Charles MAP Franz. "Microbial quality and safety of milk and milk products in the 21st century." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 19, no. 4 (2020): 2013-2049.
- [6] Matallah, S., F. Matallah, I. Djedidi, K. N. Mostefaoui, and R. Boukhris. "Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien." *Livestock Research for Rural Development* 29, no. 11 (2017): 2017
- [7] Matallah, S., F. Matallah, I. Djedidi, K. N. Mostefaoui, and R. Boukhris. "Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien." *Livestock Research for Rural Development* 29, no. 11 (2017): 2017
- [8] Matallah, S., F. Matallah, I. Djedidi, K. N. Mostefaoui, and R. Boukhris. "Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien." *Livestock Research for Rural Development* 29, no. 11 (2017): 2017
- [9] <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- [10] Lewis, M. J. "Physical and physicochemical properties of milk and milk products." In *Advanced Dairy Chemistry: Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*, pp. 493-551. Cham: Springer International Publishing, 2022.

- [11] Lewis, M. J. "Physical and physicochemical properties of milk and milk products." In *Advanced Dairy Chemistry: Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*, pp. 493-551. Cham: Springer International Publishing, 2022.
- [12] https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ua/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B207-1999%252FCXS_207e.pdf
- [13] World Health Organization. (2006). *Benefits and Potential Risks of the Lactoperoxidase System of Raw Milk Preservation: Report of an FAO/WHO Technical Meeting, FAO Headquarters, Rome, 28 November-2 December 2005; [report Coordinated by Anthony Bennett...[et Al.]; Edited by James Edge]*. Food & Agriculture Org..
- [14] Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. (1992). *Codex alimentarius*. Food & Agriculture Org..
- [15] Amaral, J. S., Mafra, I., Pissard, A., Fernández Pierna, J. A., & Baeten, V. (2018). Milk and milk products. *Foodintegrity Handbook; Morin, J.-F., Lees, M., Eds*, 3-26.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Au terme de ce travail, nous avons pu produire une poudre de lait à partir de lait frais à l'échelle du laboratoire en utilisant un procédé simple et accessible. Afin d'améliorer sa valeur nutritionnelle, cette poudre a été enrichie par l'ajout de poudre d'œuf, reconnue pour sa richesse en protéines de haute qualité, en vitamines et en minéraux essentiels.

La réalisation de cette étude nous a permis de mettre en pratique les différentes étapes de fabrication de la poudre de lait, depuis le traitement thermique du lait jusqu'au séchage et à l'obtention du produit final. Les analyses physicochimiques et microbiologiques effectuées ont montré que la poudre obtenue présente des caractéristiques satisfaisantes et globalement conformes aux exigences de qualité. Les résultats obtenus témoignent de l'efficacité des opérations de transformation appliquées ainsi que du respect des conditions d'hygiène durant la fabrication.

L'enrichissement par la poudre d'œuf a contribué à augmenter la valeur nutritionnelle du produit final, notamment en améliorant sa teneur en protéines. Cette approche constitue une alternative intéressante pour développer des produits alimentaires plus nutritifs tout en conservant de bonnes propriétés de conservation grâce à la faible teneur en eau de la poudre obtenue.

Cette expérience a également mis en évidence l'importance du contrôle de chaque étape du procédé de fabrication ainsi que de la réalisation d'analyses régulières afin de garantir la qualité et la sécurité du produit final. Malgré les limites liées aux conditions de travail à l'échelle du laboratoire, les résultats obtenus restent encourageants et démontrent la possibilité de produire une poudre de lait enrichie de qualité satisfaisante.

Enfin, ce travail représente une expérience enrichissante qui nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine de la technologie laitière et du contrôle de la qualité alimentaire. Il ouvre également la voie à de futures recherches portant sur l'optimisation du taux d'incorporation de la poudre d'œuf, l'étude de l'acceptabilité sensorielle du produit et l'évaluation de sa stabilité au cours du stockage.

Résumé

Ce travail a pour objectif la production de lait en poudre à partir de lait frais à l'échelle du laboratoire, avec un enrichissement par la poudre d'œuf afin d'améliorer sa valeur nutritionnelle. Le procédé a reposé sur les principales étapes de transformation, notamment le traitement thermique, le séchage, le broyage et l'obtention du produit final.

Des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été réalisées afin d'évaluer la qualité du produit et de le comparer aux normes de référence. Les résultats obtenus ont montré une faible teneur en humidité, une matière sèche élevée ainsi qu'une qualité microbiologique globalement satisfaisante.

L'incorporation de la poudre d'œuf a permis d'améliorer l'apport nutritionnel du produit, en particulier sa teneur en protéines, sans altérer ses caractéristiques générales. Dans l'ensemble, la poudre de lait obtenue présente une qualité acceptable et reste proche des exigences des produits similaires sur le marché.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير نموذج منزلي وشبه صناعي لتحويل الحليب الطبيعي ومخلفاته إلى مسحوق ذي قيمة مضافة، مع التركيز على تقنيات التجفيف وتحسين استغلال الموارد الغذائية. يسعى هذا المشروع إلى تقليل ضياع المنتجات الغذائية والمساهمة في دعم الأمن الغذائي من خلال تحويل المواد القابلة للتلف إلى منتجات مستقرة وسهلة التخزين والاستخدام. ويتيح المسحوق الناتج إمكانية توظيفه في مجالات غذائية وصناعية متعددة، مثل تصنيع المنتجات البروتينية ومسحوق الشوكولاتة وغيرها من التطبيقات ذات الصلة. كما تعتمد هذه الدراسة على مقارنة مستدامة تهدف إلى تحسين كفاءة استغلال الحليب ومشتقاته الثانوية وتقليل النفايات الناتجة عن عمليات الإنتاج.

Abstract

This thesis focuses on the design of a domestic and semi-industrial model for transforming natural milk and its production by-products into powder form suitable for various applications.

The main objective of this work is to valorize milk and its derivatives by reducing food waste and contributing to the enhancement of food security through an innovative and sustainable approach.

The resulting powder can be used in several food and industrial applications, including the production of natural proteins, chocolate powder manufacturing, as well as other related uses.

This study also emphasizes the improvement of the drying process and the utilization of production by-products, offering an efficient and sustainable approach to the exploitation of milk and its derivatives.