

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
N° : 12/DSA/2022



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE
FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PRODUCTION ET NUTRITION
ANIMALE

**Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique**

**Par: BENRABAH Chaimaa
et BEN GOUMIDA Halima**

Intitulé

**CONTRIBUTION À LA VALORISATION DU
LACTOSÉRUM DANS L'ALIMENTATION DU
BÉTAIL**

Soutenu devant le Jury composé de :

M. BAA Abdelhamid	MCA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Président
M. BARA Yamouna	MAA	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Rapporteur
M. DJELAILIA Sofiane	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Examineur

Année Universitaire : 2021 / 2022

Résumé

Ce travail est à double objectif : premièrement, estimation de tonnage de lactosérum produit dans nos exploitations laitières, à partir des données recueillies de la DSA M'Sila concernant les capacités de production, les quantités produites et collectées (au cours de l'année 2021) et questionnaire d'enquête réalisé auprès d'un échantillon d'unités de transformation de lait cru situés dans la zone potentielle (M'Sila et Bousaada). Deuxièmement, une synthèse de travaux scientifiques en zootechnie, valorisant le lactosérum dans le domaine de l'alimentation, la santé, le bien-être, stockage d'aliment, la production laitière, production de viande,

Les résultats sont les suivants : dans notre région d'étude, la production laitière au cours de l'année 2021 a été estimée à 80 millions de litre cru environ, dominée par le lait de vache (91,3%). Un taux de collecte de 56% (45 millions de litre) et une évolution négative du cheptel de vaches laitières (-6,25%), enregistré à partir de l'an 2019. Les unités de transformation de lait cru reçoivent journalièrement un minimum de 100 litre et un maximum de 130 000 litre et font la transformation en fromage, leben, raib, yaourt. Les quantités de « petit lait » produites sont rejetées immédiatement.

Pour nous, en tant que pays en développement, nous devons exploiter le lactosérum afin de tirer profit de ces valeurs nutritionnelle et industrielle sous-estimées. Un tel alternatif s'il est investi, il peut offrir de multiples opportunités.

Mots clés : Alimentation animale. Lactosérum. Lait cru. M'Sila. Transformation.

Abstract

This work has a dual interest : firstly, estimation of the tonnage of whey produced in our dairy farms, based on data collected from the DSA M'Sila concerning production capacities, quantities produced and collected (during the year 2021) and survey questionnaire carried out with a sample of raw milk processing units located in the potential area (M'Sila and Bousaada). Secondly, a synthesis of scientific work in zootechnics, promoting whey in the field of food, health, well-being, food storage, dairy production, meat production, etc.

The results are as follows : in our study region, dairy production during the year 2021 was estimated at approximately 80 million raw liters, dominated by cow's milk (91.3%). A collection rate of 56% (45 million liters) and a negative evolution of the herd of dairy cows (-6.25%), recorded from the year 2019. Raw milk processing units receive a daily minimum of 100litre and a maximum of 130,000litre and make the transformation into cheese, leben, raib, yogurt. The quantities of "whey" produced are rejected immediately.

For us, as developing countries, we need to exploit whey in order to take advantage of these underestimated nutritional and industrial values. Such an alternative if invested, it can offer multiple opportunities.

Keywords: Animal feed. M'Sila. Raw milk. Transformation. Whey.

هذا العمل له هدف مزدوج : أولاً ، تقدير كمية مصل اللبن المنتج في مزارع الألبان لدينا ، بناءً على البيانات التي تم جمعها من DSA M'Sila فيما يتعلق بالقدرات الإنتاجية والكميات المنتجة والمجمعة (خلال عام 2021) واستبيان المسح الذي تم إجراؤه بعينه من وحدات معالجة الحليب الخام الموجودة في المنطقة المحتملة (المسييلة وبوسعادة). ثانيًا ، توليفة من العمل العلمي في مجال تربية الحيوانات ، وتعزيز مصل اللبن في مجال الغذاء ، والصحة ، والرفاهية ، وتخزين الطعام ، وإنتاج الألبان ، وإنتاج اللحوم ، إلخ.

النتائج كالتالي : في منطقة دراستنا ، قدر إنتاج الألبان خلال عام 2021 بحوالي 80 مليون لتر خام ، يغلب عليها حليب البقر (91.3%). معدل جمع 56% (45 مليون لتر) وتطور سلبي لقطيع الأبقار الحلوب (-6.25%) ، مسجل من عام 2019. تتلقى وحدات معالجة الحليب الخام حد أدنى يومي 100 لتر وبحد أقصى 130000 لتر و جعل التحول إلى الجبن واللبن والرايب والزبادي. يتم رفض كميات "مصل اللبن" المنتجة على الفور.

بالنسبة لنا ، كدول نامية ، نحتاج إلى استغلال مصل اللبن للاستفادة من قيمه الغذائية والصناعية التي تم التقليل من شأنها. مثل هذا البديل إذا تم استثماره ، يمكن أن يوفر فرصًا متعددة.

الكلمات الرئيسية: علف الحيوان. مصل اللبن. الحليب الخام. المسييلة. تحويل.

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu, Seigneur des Mondes, et prières et paix sur le plus honorable des prophètes et messagers, notre Prophète Muhammad et sur toute sa famille et ses compagnons, mais après :

Nous remercions Dieu Tout-Puissant, qui grâce à lui nous avons pu accomplir ce travail et adressons nos remerciements à nos Parents, qui ont eu un grand rôle dans notre réussite

Nous Adressons Nos Remerciements et Notre Gratitude à Mme BARA Yamouna, Superviseur de notre mémoire de fin d'étude qui nous a donné beaucoup de son temps, sa générosité, sa hauteur de caractère et son style distinct dans le suivi et l'achèvement de notre travail.

Nos vifs remerciement s'adressent aussi aux chers enseignants : Dr. BAA Abdelhamid qui nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance et Dr. DJELAILIA Sofiane pour qu'il a bien accepté d'examiner et d'évaluer ce fruit d'étude

Nous remercions également Mr Ahmed Owaina, Statisticien à la DSA M'Sila pour son collaboration et aide précieuses afin de recueillir les informations et données et qui n'a pas hésité à nous orienter et conseiller. A Mr Khairani Lamin, le propriétaire de la laiterie « MACH », et son assistant, Khairani Hisham, pour leurs bon accueil et collaboration

Nous n'oublions pas non plus de remercier tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, même avec un bon mot ou une invitation

DEDICACES

Au nom de Dieu Clément et Miséricordieux

Au Prophète de la Paix, de la Miséricorde et de la Lumière

A la plus Douce et la plus Merveilleuse de toutes les Mamans,

la Personne qui m'a Tout Donné sans Compter

Aucun hommage ne saurait transmettre à sa juste valeur, l'amour, le dévouement et le respect que je porte pour toi. Que Dieu, le tout puissant, te protège du mal, te procure une longue vie, santé et bonheur afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je dois. Je t'aime « MAMA »

A celui qui m'a indiqué la bonne voie, le plus adorable et gentil, cher défunt « PAPA », qui m'a tout donné sans rien recevoir en parallèle, pour ses encouragements et son soutien, et surtout pour ses sacrifices afin que rien n'entrave le déroulement de mes études

Tu Resteras Toujours Mon Exemple à Suivre Pour Tes Qualités Humaines, Ta Persévérance et Ton Perfectionnisme

A mes très chers frères

A mes très chères belles sœurs et

A ma Famille, mes Proches et à ceux qui me Donnent de l'Amour et de la Vivacité et à qui je Souhaite plus de Succès.

Un merci spécial à ma chère nièce « Fairouz » pour ses encouragements constants envers moi

A Mes Amies, Nadjat et Oum El-kheir

A Tous ceux qui Connaissent Chaimaa

A Mme BARA, Je prie Dieu de Vous Apporter le Bonheur

Chaima

DEDICACES

Dieu soit loué, qui nous a aidés, et nous ne l'aurions pas atteint sans la grâce de Dieu

Je Dédie cet Humble Travail à Mes Chers PERE et MERE, Que Dieu Les Protège
Pour Moi

A l'Honorable Professeur Yamouna BARA, que Dieu Prolonge Sa Vie et la Préserve

Aux Membres de ma Famille, mon Soutien dans le Monde

A Tous mes Proches et à Tous mes Amis Sans Exception

A Tous mes Chers Professeurs et Camarades de Classe

Halima



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Différents types de lactosérum	14
Tableau 2 : Composition en minéraux d'un litre de lactosérum	16
Tableau 3 : Acides aminés essentiels du lactosérum	16
Tableau 4 : Composition moyenne d'un lactosérum doux et d'un lactosérum acide	17
Tableau 5 : Teneur en vitamines dans le lactosérum	18
Tableau 6 : Production végétale de la wilaya de M'Sila	25
Tableau 7 : Effectifs des cheptels dans la wilaya de M'Sila	26
Tableau 8 : Fourrages artificiels consommés en sec	27
Tableau 9 : Évolution des effectifs (bovin, ovin, caprin et camelin) au cours de la période (2012-2018)	29
Tableau 10 : Évolution du cheptel bovin dans la région de M'sila	30
Tableau 11 : Évolution des effectifs (VL et BV) au cours de la période (2017-2021)	30
Tableau 12 : Zones potentielles en production laitière	31
Tableau 13 : Quantités de lait produites au cours de l'année 2021	31
Tableau 14 : Collecte de lait cru dans la wilaya de M'Sila	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les algues	5
Figure 2 : Voies technologique d'obtention des principaux types de lactosérum issu de la transformation du lait	13
Figure 3 : Démarche Méthodologique	28
Figure 4 : Effectifs VL par rapport à l'effectif total (année 2021)	30
Figure 5 : Parts (%) de production laitière selon l'espèce	32
Figure 6 : Intégration de la collecte dans la production totale de la wilaya de M'Sila au cours de l'année 2021	33

LISTE DES CARTES

CARTE 1 : Situation de la wilaya de M'Sila	24
CARTE 2 : Communes et limites administratives de la wilaya de M'Sila	25

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CNRS. Centre National de la Recherche Scientifique

%. Pour cent

°C. Degré Celsius

\$. Dollar

€/tonne. Euros par tonne

ADG « GMQ ». Gain moyen quotidien

FI « food ingestion » . consommation alimentaire

AFSSA. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

BLA. Bovin laitier amélioré

BLL. Bovin laitier local

BLM. Bovin laitier modern

BSA. Bovine serum albumin

BV. Bovin

BWG. Gain de poids corporel

Ca-CN. Caseimate de calcium

CaCl₂. Sels de calcium

BCE. Banque centrale européenne

CMH. Monohydrate de créatine

CNIS. Centre National de l'Information et des Statistiques

CO₂. Dioxyde de carbone

DBO. Demande Biochimique en oxygène

DGCCRF. Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes

DMD. Digestibilité de la matière sèche in vivo

DSA. Direction des Services Agricoles

DWW. Lactosérum entier séché

EWPA. European Whey Products Association

FAO. Food and agriculture organization

FCR "IC". Indice de conversion alimentaire

g/kg. Gramme par kilogramme

ha. Hectare

Ig. Immunoglobuline

IGF: Insuline like Growth Factor

J. jour

Kg. Kilogramme

l. Litre

LLAWP. Poudre de lactosérum acide à faible teneur en lactose

ml. Millilitre

Mcal. Mégacalories

MG. Matière Grasse

Mg. Milligramme

mg/dl. Milligramme par décilitre

MO. Matière organiques

MS. Matier Séche

Mt. Million de tonne

NH₃. Ammoniaque

OMS. Organisation mondiale de la santé

ONIL. Office interprofessionnel

P. Probabilité

PDW. Lactosérum partiellement dé lactosé

PH. Potentiel hydrogène

Ppm. Parties par million

Qx. Quintaux

UE. Union européenne

USD. Dollars

USDA. Département de l'agriculture des états unis

VL. Vache laitière

WG. Gain de poids

WGO. World gastroenterology organization

WP. Poudre de lactosérum

WPC. Concentrés de protéines de lactosérum

μM/ml. Micromètre par millilitre

TABLE DES MATIÈRES

RESUMÉ

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DE CARTES

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION

1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : LES ADDITIFS ALIMENTAIRES DANS L'ALIMENTATION ANIMALE

1. Définition	3
2. Types d'additifs alimentaires	4
2.1. Additifs d'origine naturelle	4
2.1.1. L'argile	5
2.1.2. Les algues	5
2.1.3. La zéolithe	6
2.2. Additifs Phytogéniques	6
2.3. Additifs Technologiques	7
2.3. Les Enzymes	8
2.4. Les Probiotiques	8
2.5. Les Prébiotiques	9
3. Intérêt des Additifs dans l'alimentation du bétail	10
3.1. Chez la Volaille	10
3.2. Chez le Lapin	11

CHAPITRE 2 : VALORISATION DU LACTOSÉRUM

1. Définition	12
2. Les sources industrielle de lactosérum	12

2.1. La fromagerie	12
2.2. La beurrerie	12
3. Types de lactosérum	12
3.1. Lactosérum doux	13
3.2. Lactosérum acide	14
3.3. Autres types de lactosérum	14
3.3.1. Lactosérum déprotéiné	14
3.3.2. Perméat de lactosérum	15
4. Composition physicochimique du lactosérum	15
5. Intérêt industriel du lactosérum	18
5.1. Intérêt nutritionnel	18
5.2. Intérêt biotechnologique	19
5.3. Intérêt zootechnique	20
5.4. Voies de valorisation du lactosérum	21

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 : MATÉRIEL ET METHODES

1. Objectif.....	23
2. Présentation de la région d'étude.....	23
2.1. Situation et limites administratives.....	23
2.2. Relief géographique.....	23
2.3. Climat.....	23
2.4. Productions agricoles de la wilaya.....	25
2.4.1. Production végétale	25
2.4.2. Production animale.....	25
2.4.3. Potentiel fourrager... ..	26
3. Méthodologie de travail	27

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Potentiel laitier de la wilaya de M'Sila	29
1. Évolution des effectifs de cheptel laitier	29
2. Production laitière de l'année 2021	31

2.1. Zones potentielles	31
2.2. Production annuelle de lait cru	31
II. Collecte de lait cru dans la wilaya de M'Sila	32
III. Transformation du lait cru dans la wilaya de M'Sila	33
1. Résultats d'enquête	33
2. Opportunité économique du lactosérum	34
IV. Travaux scientifiques valorisant le lactosérum	36
1. Le lactosérum rejeté présente un polluant potentiel	36
2. Travaux de valorisation dans l'alimentation animale	37
2.1. Dans le traitement des ensilages	37
2.2. Pour la vache laitière	38
2.3. Pour le bovin viande	40
2.4. Pour l'agneau	42
2.5. En aviculture	44
2.6. En cuniculture	51
2.7. En apiculture	54
2.8. En pisciculture	55
CONCLUSION	59
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

INTRODUCTION

Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées aux aliments pour préserver ou améliorer leur innocuité, leur fraîcheur, leur goût, leur texture ou leur aspect (OMS, 2018). L'utilisation d'additifs alimentaires date de plusieurs siècles, elle s'est d'abord élargi avec les avancées scientifiques avant de se restreindre avec l'avènement des études toxicologiques. Une taxonomie décrit également les fonctions uniques de chaque additif alimentaire (Benyelles et Bestaoui, 2018).

Le lactosérum est produit en quantité faramineuse et en croissance continue dans les pays reconnus grand producteurs de fromages et de caséines (Europe et Etats-Unis). Il représente entre 85 à 90% du volume initial du lait utilisé et contient environ 50 à 55% de ses constituants initiaux. Composé d'environ 94% d'eau, de lactose, de protéines solubles, de sels minéraux solubles et de très peu de matières grasses (Luquet, 1990 ; Jouan, 2002).

Jusque dans les années 1970, le lactosérum servait majoritairement à l'alimentation du bétail et à l'élaboration de préparations laitières très anciennes et pauvres en matières grasses : ricotta, brocciu, sérac.... Les fromageries écoulaient le maximum de leur lactosérum dans les porcheries voisines et le déversement dans les cours d'eau était à l'origine de pollution grave due à la fermentation des matières organiques.

L'industrie du lactosérum s'est considérablement développée depuis l'an 2000 et a vu la progression de marchés se chiffrant en milliards d'euros: poudre de lactosérum, protéines de lactosérum, sans parler du marché du lactose, du lactose pharmaceutique et des dérivés du lactose (Luquet, 1990). Au niveau mondial, cette deuxième utilisation tire le marché, dynamisé par une demande de plus en plus importante. Alors que le prix moyen du lactosérum en poudre était relativement stable (400-600 €/tonne) entre 2000 et 2006, il se situe en 2013 à environ 1000 €/tonne, après de fortes fluctuations. Comme l'ensemble des produits laitiers industriels (beurre, poudre de lait et de lactosérum), il a connu une flambée des prix en 2007 avec une hausse de presque 40% entre 2006 et 2007 jusqu'à un niveau historique de 1400 €/tonne au début de l'été 2007. Il a ensuite chuté de 30% entre 2007 et 2008, puis de 15% l'année suivante, retrouvant ainsi les niveaux observés entre 2005 et 2006. Ces mouvements s'expliquent par une hausse de la demande mondiale en produits laitiers plus forte que celle de la collecte mondiale de lait, puis après 2007 et jusqu'en 2009 par un excédent d'offre (reprise de la collecte en Océanie et en Europe) vis-à-vis de la demande (crise économique en lien avec la crise

américaine des subprimes) (FranceAgrimer, 2013 d'après FAO). Depuis 2009, selon la FAO, la production mondiale de lactosérum en poudre s'est élevée à plus de 100 millions de tonne. Les principaux fabricants sont l'UE à 27 et les Etats-Unis, à l'origine de respectivement 50% et 20% des fabrications mondiales de lactosérum. Ces deux entités sont aussi les principaux fournisseurs du marché mondial et représentent, à elles seules, près de 75% des volumes échangés en 2010. La demande internationale se situe principalement en Asie, tirée par la Chine, premier importateur mondial représentant 27% des volumes échangés. Les autres principaux pays importateurs sont l'Indonésie (7%), la Malaisie (6%), le Japon (5%) et la Russie (5%). Entre 2000 et 2010, les importations de ces pays ont fortement augmenté, sauf sur le marché mature du Japon. La forte demande de pays dépendants des importations rend les équilibres sur ce marché assez fragiles, et une hausse de la demande (comme en 2007) ou une baisse de l'offre, comme celle de début 2013, entraîne rapidement une variation marquée des cours mondiaux (USDA et BCE cités par FranceAgrimer, 2013).

Étudier les différents avantages de ce coproduit serait intéressant et propose dans la filière de l'alimentation animale une nouvelle source locale alternative moins chère que les additifs de commerce, et de valeur nutritionnelle intéressante pour les animaux d'élevage. Vu notamment qu'en Algérie, l'industrie fromagère rejette quotidiennement 6000 litres de lactosérum par jour, soit 4 à 12 kg pour 1 kg de fromage produit (Gana et Touzi, 2001) et que des tonnages en sérum sont rejetés chaque année, et sa richesse en nutriments de base en particulier le lactose, les protéines solubles, les vitamines hydrosolubles, la matière grasse ainsi que les éléments minéraux font de lui un facteur de pollution redoutable.

C'est dans ce contexte que ce travail est mené, il portera premièrement sur l'étude des propriétés du lactosérum à travers une synthèse bibliographique en deux chapitres ; deuxièmement sur l'étude de la capacité de la wilaya de M'Sila du point de vue tonnage (production, collecte et transformation laitière), à produire du lactosérum et troisièmement à faire une synthèse des travaux de recherche valorisant le lactosérum dans l'alimentation du bétail.

**PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE**

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1. LES ADDITIFS ALIMENTAIRES

1. Définition

Les additifs sont des substances chimiques ajoutées intentionnellement à certains produits alimentaires dans le but d'améliorer les qualités organoleptiques du produit, et sa conservation (Aboiron et Hameury, 2004).

D'après (FAO et OMS, 1999), les additifs alimentaires sont des produits ajoutés aux denrées alimentaires commerciales (notamment aliments industriels) destinés à l'alimentation humaine et/ou animale. Pour les animaux, on parle en Europe d'additifs zootechniques, qui comprennent notamment le groupe fonctionnel des « améliorateurs de digestibilité ».

OMS (2018) a publié que les additifs alimentaires préservent ou améliorent l'innocuité, la fraîcheur, le goût, la texture ou l'aspect des aliments.

La (DGCCRF, 2020) a annoncé que les additifs sont des substances, micro-organismes ou préparations, délibérément ajoutés aux aliments pour animaux ou à l'eau et qui peuvent remplir plusieurs fonctions:

- Technologique : conservateur, liant, additif pour l'ensilage, etc. ;
- Sensorielle : colorant, substance aromatique ;
- Nutritionnelle : acide aminé, vitamine, oligo-élément ;
- Zootechnique : dans le cas d'un additif ayant un effet positif sur la production, le rendement ou le bien-être des animaux, ou sur les conséquences environnementales de la production animale (DGCCRF, 2020).

Certains produits ayant un effet « coccidiostatique » ou « histomonostatique » (inhibant ou détruisant certains parasites des volailles et des lapins) sont également considérés comme des additifs. Les conditions d'autorisation, d'utilisation et de mise sur le marché des additifs pour l'alimentation animale sont encadrées par le règlement (CE) n°1831/2003. La réglementation est donc la même dans toute l'Union européenne. Un additif ne peut être mis sur le marché ou utilisé que s'il a obtenu une autorisation conformément au règlement (CE) n°1831/2003 et s'il respecte les termes de cette autorisation (DGCCRF, 2020).

L'additif doit répondre à des obligations précises :

- ⇒ Avoir une influence favorable sur les caractéristiques des aliments auxquels il est incorporé ou sur la production animale ;
- ⇒ En aucun cas n'avoir d'effet néfaste sur la santé animale, la santé humaine ou l'environnement;
- ⇒ Ne pas porter atteinte au consommateur par l'altération des caractéristiques spécifiques des produits d'origine animale ;
- ⇒ La présentation de l'additif ne doit pas induire l'utilisateur en erreur.

Le domaine Algérien de l'alimentation animale s'intéresse le plus à l'utilisation de trois gammes et qui sont : la gamme nutritionnelle qui est la plus connue, la plus maîtrisée et la mieux utilisée, la gamme coccidiostatique et histomonostatique et la gamme zootechnique en parallèle (Abdelhalim, 2015).

2. Types d'additifs alimentaires

Il peut s'agir de produits d'origine naturelle, ou de produits de synthèse. Il ne faut pas confondre les additifs alimentaires avec les auxiliaires technologiques. Ces derniers présentent

Un additif de fabrication qui est une substance utilisée par l'industrie agroalimentaire durant la préparation ou la transformation d'aliments, et qui peut s'y retrouver, mais qui ne doit pas légalement être mentionnée dans les ingrédients. Utilisé pour permettre, faciliter ou optimiser une étape de la fabrication d'un aliment, il n'en constitue pas un ingrédient, à l'opposé des additifs alimentaires (FAO et OMS, 1999).

2.1. Additifs alimentaires d'origine naturelle

L'utilisation d'additifs alimentaires naturels comme stimulants de croissance dans l'alimentation des animaux d'élevage est devenue une alternative prometteuse, après l'interdiction des animaux en Europe depuis 2006 sur l'utilisation des antibiotiques dans l'alimentation animale. Les antibiotiques ne sont utilisés chez les animaux que comme médicaments vétérinaires. Seuls les antibiotiques ioniques (Monensin, Naracin, Salinomycin, Lazalocid A), en tant qu'axes, sont autorisés en tant qu'additifs pour l'alimentation animale (AFSSA, 2006).

2.1.1. L'argile (résidus de terre)

Ce sont des extraits de substances végétales ou animales existantes dans la nature (par exemple, les extraits d'arbres, d'algues, de graines, de fruits, de légumes, etc.). Ces résidus sont naturelles, très abondantes et bon marché ; sa consommation par les ruminants est un phénomène naturel. En effet, en broutant au pâturage, ces derniers consomment au fur et à mesure de la terre. Cette consommation varie en moyenne de 4 à 8% de la matière sèche totale ingérée chez les moutons et peut atteindre 14% pour les bovins sur des pâturages à végétation très pauvre. Par ailleurs, des valeurs extrêmes aussi élevées que 18% et 30% ont été rapportées chez les bovins et chez les ovins respectivement.

Cependant, ce comportement n'est pas spécifique aux ruminants, puisque les porcs mangent naturellement une grande quantité de terre. Les volailles en basse-cours ingèrent des quantités de terre, particulièrement d'argile, qui adhère aux graines, aux vers et aux insectes qu'elles trouvent (Ouachem et al, 2005).

2.1.2. Les algues

Les algues sont aujourd'hui des ingrédients introduits dans l'alimentation animale pour plusieurs applications, on les retrouve dans la formulation des aliments sous forme de farines, elles peuvent aussi intervenir comme compléments alimentaires en nutrition animale, au niveau de l'industrie des colloïdes, les carraghénanes « E407 » (qui sont des polysaccharides naturels extraits des algues rouges) sont utilisés dans les aliments pour animaux comme épaississants ou stabilisateurs de suspension. Les alginates (sels de l'acide alginiques extrait des algues bruns) eux interviennent pour donner une forme aux granules (Mohammad et al, 2009).



Figure 1: Les algues (Amandine, 2017)

2.1.3. La zéolithe

La zéolithe (en grec, « pierre qui bout »), ou zéolite, est formée de structures cristallines dans lesquelles quatre atomes d'oxygène enferment un atome de silicium ou d'aluminium. Formées naturellement dans des eaux alcalines ou dans les sédiments, les zéolithes ont la propriété de gonfler sous l'effet de la chaleur. Chimiquement, elles s'hydratent et se déshydratent de façon réversible (FuturaSciences, 2022).

La zéolithe est largement utilisée par les éleveurs comme additif alimentaire pour les bovins de boucherie, les bovins laitiers, les volailles (poulets de chair et pondeuses) et les ovins. Étant donné que la zéolite est le seul minéral naturel chargé négativement au monde, le minéral peut apporter une pléthore d'avantages dans le processus d'alimentation à partir de la chimie de base de la zéolite en tant qu'additif alimentaire pour animaux. La zéolite est certifiée biologique, stable et non toxique. Ceci, ainsi que ses autres propriétés uniques, lui permet d'être utilisé comme additif alimentaire avec de multiples avantages complémentaires. L'additif alimentaire à base de zéolite absorbera également les odeurs des céréales fourragères et réduira considérablement les odeurs dans les installations pour animaux fermées.

2.1.4. Les additifs phytogéniques

Les additifs alimentaires phytogéniques, connus sous le nom de PFA sont des substances d'origine végétale ajoutées à l'alimentation animale à des niveaux recommandés dans le but d'améliorer l'appétence, la digestibilité, la santé intestinale et les performances. Ces composés peuvent avoir un large éventail de propriétés par exemple, les herbes, les épices, les huiles essentielles et les oléorésines contiennent une grande variété de substances chimiques, à savoir les phénols et les flavonoïdes, qui peuvent avoir des effets bénéfiques sur l'utilisation des nutriments en stimulant les enzymes digestives. Leur impact positif sur la digestibilité influence l'indice de consommation et réduit le rejet de nutriments dans l'environnement, ce qui à son tour améliore la performance économique et le respect de l'environnement.

Les PFA ne stimulent pas simplement l'ingestion, mais ils présentent également diverses propriétés bénéfiques qui améliorent la santé, la performance et le bien-être des animaux. Un certain nombre de PFA ont été notés pour leur activité antimicrobienne, antioxydante et potentiellement antiparasitaire et antivirale. Ils peuvent aider à stimuler le système endocrinien

et immunitaire pour atténuer le stress cellulaire et renforcer la capacité naturelle de l'animal à résister aux pathogènes (Giannenas et al, 2013).

2.2. Les additifs technologiques (de synthèse)

Les additifs qui remplissent la fonction de conservation des aliments sont classés en deux catégories principales : les conservateurs et les antioxydants (Elatyqy, 2011) :

- ⇒ Les conservateurs : des substances qui assurent la conservation des aliments en les protégeant des altérations microbiologiques qui peuvent entraîner notamment le développement de toxines. Principalement composés d'acides organiques (acide sorbique, citrique, formique, propioniques, lactique...) ou de sels d'acides organiques, ils opèrent une action antibactérienne (salmonelles) et antifongique dans l'alimentation de toutes les espèces animales. Ils servent donc non seulement à assurer la sécurité sanitaire mais aussi à garantir la stabilité organoleptique des aliments,
- ⇒ Les acides organiques : les acidifiants (ou acides organiques : formique, acétique, propionique, tartrique, lactique, citrique, maléique, fumarique, sorbique) ont été longtemps cantonnés à leur rôle de conservateur des aliments alors qu'ils offrent, en condition d'élevage, des avantages zootechniques et sanitaires substantiels. D'une manière générale, les acides organiques sont de plus en plus considérés comme des produits de substitution aux facteurs de croissance (Saad, 2011).
des substances qui modifient ou limitent le pH d'un aliment pour animaux (SYNPA, 2014).
- ⇒ Les antioxydants : des molécules qui aident à protéger et à préserver la qualité nutritionnelle des aliments contre les réactions d'oxydation qui accélèrent le vieillissement et le rancissement des produits renfermant des matières grasses ; notamment les acides gras insaturés et les vitamines (exemple : acide ascorbique, B.H.T ; B.H.A ; Gallate de Propyle et Ethoxyquine).
- ⇒ Les émulsifiants et les stabilisants : des substances qui jouent un rôle fondamental dans la formulation des aliments et influent sur leurs caractéristiques physiques et organoleptiques. Ils sont indispensables dans les procédés de fabrication utilisant des matières grasses ou des huiles et de l'eau. Ils permettent de mélanger et de stabiliser plusieurs phases telles que l'huile et l'eau qui ne peuvent être mélangés qu'en leur présence. Les stabilisants permettent aussi de maintenir l'état physicochimique de

l'aliment auquel ils sont rajoutés (SYNPA, 2014).

- ⇒ Les épaississants et gélifiants : des substances qui, ajoutées à un aliment pour animaux, en augmentent la viscosité, lui confère de la consistance par la formation de gel (SYNPA, 2014).
- ⇒ Les liants : des substances qui agissent sur la texture des aliments principalement solides pour en faciliter l'utilisation. Ils interviennent sur leur structure physique pour une meilleure agrégation des matières premières mises en œuvre, ce qui permet de limiter la présence de particules fines sous forme de poussières d'aliments préjudiciables à la présentation et à la consommation de l'aliment.
- ⇒ Les colorantes : les pigments, caroténoïdes et xanthophylles, naturels ou de synthèse, sont utilisés dans les aliments destinés aux volailles en raison de leur influence sur la couleur du jaune d'œuf ou des pattes et de la peau des poulets. Ces pigments interviennent également dans la coloration des saumons et des truites. Quelques autres colorant sont autorisés dans des conditions très restrictives.

2.3. Les enzymes

Les enzymes agissent sur les composants de la ration en améliorant la digestibilité des matières premières. Elles rendent davantage de nutriments accessibles à l'animal. En améliorant l'assimilation des aliments, les enzymes contribuent à une production animale respectueuse de l'environnement, en diminuant notamment les rejets de phosphore.

Les enzymes appartiennent à deux catégories :

- ⇒ Celles qui viennent renforcer les enzymes digestives déjà produites par l'animal (protéases et amylases chez les jeunes animaux) ;
- ⇒ Celles, non synthétisées par l'animal, qui permettent la dégradation des constituants des matières premières non hydrolysées par les enzymes endogènes de l'animal et leur transformation en nutriments absorbables (phytases et xylanase).

2.4. Les probiotiques

Les probiotiques sont des microbes vivants qui peuvent être intégrés dans différent types de produits, y compris les aliments, les médicaments et les suppléments alimentaires. Les espèces de *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* sont les plus communément utilisées comme

probiotiques, mais la levure *Saccharomyces cerevisiae* et quelques espèces de *E.coli* et de *Bacillus* sont également utilisées comme probiotiques. Les bactéries lactiques, y compris des espèces de *Lactobacillus*, utilisées pour la conservation de la nourriture par fermentation depuis des milliers d'années, peuvent jouer un double rôle comme agents de la fermentation alimentaire et comme agents bénéfiques pour la santé.

Cependant, le terme « probiotique » devrait être réservé aux microbes vivants pour lesquels un bénéfice pour la santé a été démontré dans des études contrôlées. La fermentation des aliments leur donne un goût particulier et diminue le pH, ce qui empêche la contamination par des agents pathogènes potentiels. La fermentation concerne globalement un vaste ensemble de produits agricoles (céréales, racines, tubercules, fruits, légumes, lait, viande, poissons, etc.) (World Gastroenterology Organisation, 2011).

Ces microorganismes vivants sont résistants aux acides gastriques et à la bile et sont bénéfiques pour l'hôte lorsqu'ils sont ingérés par celui-ci :

- L'inhibition de la croissance des bactéries pathogènes et
- La nourriture et l'espace dans l'intestin de l'hôte sont en concurrence avec ces microorganismes pathogènes. <https://champrix.com/fr/articles/ameliorer-la-sante-des-volailles-en-utilisant-des-additifs-alimentaires-et-des-concentres>

2.5. Les prébiotiques

Les prébiotiques sont des substances alimentaires (consistant surtout en polysaccharides à l'exclusion de l'amidon et oligosaccharides non digestibles par les enzymes humaines) qui nourrissent un groupe sélectif de microorganismes vivant dans l'intestin. Ils stimulent la croissance des bactéries à effet positif aux dépens des autres à effets négatifs. A la différence des probiotiques, la plupart des prébiotiques sont utilisés comme ingrédients alimentaires dans les biscuits, les céréales, le chocolat, la pâte à tartiner et autres produits alimentaires, par exemple. Les prébiotiques les plus communs sont (WGO, 2011) :

- L'oligofructose
- L'inuline
- Les galacto-oligosaccharides
- Le lactulose

- Les oligosaccharides du lait maternel

Les synbiotiques sont des combinaisons appropriées de prébiotiques et de probiotiques. Un produit synbiotique exerce un effet pré- et probiotique (WGO, 2011).

3. Intérêt des additifs dans l'alimentation du bétail

3.1. Chez la volaille

Les additifs alimentaires sont aujourd'hui considérés comme essentiels dans tout produit d'usine d'aliments pour animaux en raison de leur impact important sur la promotion de la santé générale de l'animal pour leur rôle important dans la promotion de la croissance, la prévention des maladies et l'amélioration des propriétés physiques des aliments et de la valeur nutritionnelle ainsi que les caractéristiques de stockage des aliments.

En aviculture, les plus importants intérêts sont l'augmentation de la valeur nutritionnelle de l'aliment, l'amélioration du taux de conversion alimentaire, l'augmentation de la palatabilité de l'aliment, l'augmentation de sa consommation, l'augmentation de la croissance, la protection de l'animal contre les maladies, l'amélioration de la qualité de l'aliment lors de la fabrication, la réduction le gaspillage de nutriments, l'amélioration de la qualité des produits animaux et l'augmentation de la viabilité économique.

Ces additifs sont généralement utilisés pour :

- Modifier le métabolisme des volailles,
- Avoir un effet positif sur leur croissance et leur immunité,
- Modifier le pH du corps et réduire l'acidose,
- Manipuler la microflore,
- Améliorer la digestion des oiseaux,
- Améliorer son appétence,
- Réduire les odeurs fécales, etc.

Les antimicrobiens sont largement utilisés dans les méthodes modernes d'élevage intensif de volailles pour :

- Minimiser les cas de maladies survenant dans les élevages de volailles,
- Apporter une amélioration de leur immunité,
- Soutenir leur croissance,

- Aider à mieux utiliser la nourriture.

Bien que ces mesures n'améliorent pas la production d'œufs, il y a une nette amélioration de la production de viande de poulet ou de volaille saine <https://champrix.com/fr/articles/ameliorer-la-sante-des-volailles-en-utilisant-des-additifs-alimentaires-et-des-concentres>.

3.2. Chez le lapin

L'expérience montre que différents produits de cette catégorie tels que les argiles et différents composés minéraux à base de silice peuvent avoir des effets positifs sur la santé des lapins. Le mécanisme d'action supposé repose sur la forte capacité de ces produits à séquestrer différentes molécules, dont des toxines, voire certaines bactéries, mais aussi des enzymes et à favoriser leur évacuation hors du lapin (Lebas, 2010).

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 2. VALORISATION DU LACTOSÉRUM

1. Définition

Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulation consiste à séparer la phase coagulée du reste du lait au cours d'une opération d'égouttage. La fraction liquide ainsi recueillie s'appelle le lactosérum. Ce dernier est un sous-produit de la fromagerie et de la caséinerie, son pH est compris entre 5 et 6,5, il représente près de 90% du lait mis en œuvre (Kosikowski et Wzorek, 1977).

Le lactosérum, ou petit-lait ou sérum « whey en anglais » est un liquide de couleur jaune verdâtre « due à la riboflavine (vitamine B2) » (FranceAgrimer, 2013). Il contient une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/l) et riche en éléments nutritifs (Muller et al, 2003). Il contient environ 50% des nutriments du lait de départ ; protéines solubles, lactose, vitamines, minéraux (TPPS, 1995).

Le lactosérum est obtenu suite à la précipitation et l'enlèvement de la caséine du lait pendant la fabrication du fromage (Marwaha et Kennedy, 1988 ; Gonzalez siso , 1996), sous l'action de la présure (lactosérum doux), ou suivant l'acidification du lait (lactosérum acide) (Dahache et Messaoudi, 2019).

La production de 10 litres de lait permet d'obtenir 1kg de fromage et 9l de lactosérum, soit 600g de poudre de lactosérum après déshydratation (Boudier et al, 1981).

2. Les sources industrielle de lactosérum

2.1. La Fromagerie

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication des fromages à partir du lait nature, ce dernier subit les processus de coagulation et de synérèse, aboutissant d'une part à une phase solide le « fromage », d'une part à une phase liquide «le lactosérum» (Laplanche, 2004).

2.2. La Beurrerie

C'est l'ensemble de procédés qui conduisent à la fabrication du beurre à partir du lait nature. Après écrémage total de ce dernier suivi d'une extraction de la caséine par précipitation, on obtient du « lactosérum écrémé » (Laplanche, 2004).

3. Les types de lactosérum

Différents types de lactosérum peuvent ainsi être obtenus comme illustre la figure 2.

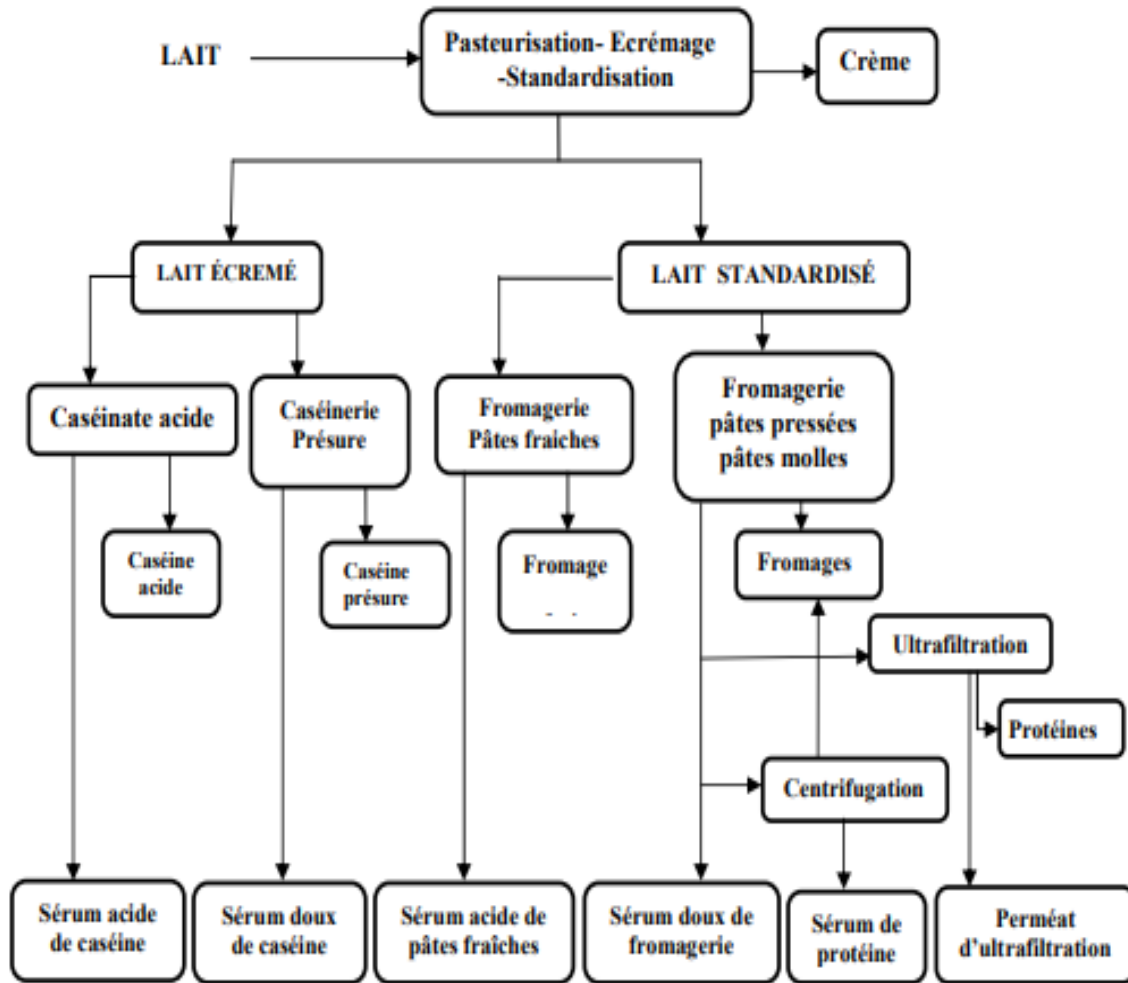


Figure 2 : Voies technologique d’obtention des principaux types de lactosérum issu de la transformation du lait (Luquet, 1990).

On distingue deux types : lactosérum doux et lactosérum acide (Linden et Lorient, 1994), selon l’acidité du liquide obtenu (tableau 1).

3.1. Lactosérum doux

Également appelé lactosérum de fromagerie. Il est produit au cours de la fabrication des fromages qui sont obtenus par la présure (fromages à pâte pressée cuite ou non, et à pâte molle). Ce type, doux est pauvre en sels minéraux et riche en lactose et en protéines (Gribissa et Acliouat, 2015). Son acidité varie entre 15 et 22 °Dornic¹ (pH ≈ 6,5) (Luquet, 1990 ; Jouan, 2002).

¹ °Dornic = degré dornic ; unité de mesure de l’acidité du lait. 1°D correspond à 0,1g d’acide lactique par litre de lait

3.2. Lactosérum acide

Issus de la production des fromages à pâtes fraîches et molles ou lors de la production de caséines. Ce type de lactosérum est obtenu suite à la coagulation du lait par l'acide lactique ou l'acide chlorhydrique.

Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riches en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux (Moletta, 2002).

Ils atteignent une acidité de 120 °Dornic (pH \approx 4,5) (Luquet, 1990 ; Jouan, 2002).

Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation de ces lactosérums, aussi, ils sont souvent utilisés à l'état liquide (Samah, 2018).

Tableau 1 : Différents types de lactosérum (Adrian et al, 1991)

Degré d'acidité	Type	pH	Production
< 18°D	Lactosérum doux	6,5 \pm 6,7	Fromage à pâte pressée Fromage à pâte cuite Caséinerie présure
> 18°D	Lactosérum acide	4,5 - 5,5	Fromagerie à pâte fraîche Fromagerie à pâte molle Caséinerie acide

3.3. Autres types de lactosérum

L'émergence de nouvelles technologies de fractionnement et de concentration telles que l'ultrafiltration a permis l'apparition de nouveaux dérivés en plus des deux catégories précédentes de lactosérum. Ce sont des dérivés des lactosérums doux et acides:

3.3.1. Lactosérum déprotéiné

Certaines fromageries réalisent une opération de déprotéinisation partielle de leurs sérums doux ou acide après coagulation à chaud (90°C) en vue de réincorporer des protéines sériques dans le lait ce qui assure un meilleur rendement fromager.

3.3.2. Perméat de lactosérum

Ce perméat peut être considéré comme étant le sous-produit résultant de la fabrication de concentrés protéiques de sérum par ultrafiltration. Sa composition est comparable à celle du lactosérum, exception faite des protéines comme le montre la figure 2. Le perméat d'ultrafiltration, caractérisé par une haute teneur en lactose et en sels minéraux, peut être valorisé après déminéralisation (Settoui et Beggar, 2017).

4. Composition physicochimique du lactosérum

La composition physico-chimique du lactosérum peut varier sensiblement selon le procédé de coagulation et selon la composition initiale du lait (saison, race des animaux, l'alimentation) (Bergel et al, 2004). Une certaine variabilité de la composition du lactosérum est à signaler, selon aussi les études réalisées par les chercheurs (auteurs).

4.1. L'eau

Le lactosérum contient en moyenne 94% d'eau (Morr et Ha, 1993 ; Linden et Lorient, 1994).

4.2. Le Lactose

Le principal constituant du lactosérum (76g/l) (Sottiez, 1990). Il représente l'essentiel de la matière sèche du sérum, c'est un diholoside constitué par l'union d'une molécule de α ou β -D- glucose et d'une molécule de β -D-galactose (Luquet, 1990). Le lactose est caractérisé par une solubilité limitée, un pouvoir sucrant faible. Sa seule source importante dans la nature est le lait et les produits laitiers (Visser et al, 1988).

4.3. Les minéraux

Les matières salines de l'extrait sec du lactosérum sont constituées de plus de 50% de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, se retrouvent principalement sous forme de phosphate de calcium. En outre, selon certaines pratiques fromagères, il y'a ajout de sel de calcium (CaCl_2) (Vrignaud, 1983).

D'après Méreo (1971), ces sels minéraux constituent en quelques sortes les éléments indésirables « du sérum ». En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation de lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Elle est également un écueil pour les traitements technologiques, notamment en vue de préparation de lactose pur et des protéines. Il est donc avantageux de

déminéraliser le sérum partiellement grâce à des techniques physico-chimique, telle que l'électrodialyse (Linden et Lorient, 1994) (tableau 2).

Tableau 2. Composition en minéraux d'un litre de lactosérum (en mg/l) (Berrocal, 2000)

Minéraux	Lactosérum doux	Lactosérum acide
Calcium	400	1200
Phosphore	360	680
Chlorure	1100	1500
Magnésium	8	90
Sodium	500	500
Potassium	1400	1400

4.4. Les protéines

Elles ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum (13,5 g/l), mais elle est la plus intéressante sur le plan nutritionnel et économique. Il s'est avéré que la valeur nutritionnelle des protéines sériques du lait est supérieure à celle des protéines du blanc d'œuf prises comme protéines de référence (Sottiez, 1990).

Deux grands groupes de protéines entrent dans la composition du lait ; les caséines qui représentent environ 80% des protéines totales du lait et les protéines solubles, constituées essentiellement selon (Morr et Ha, 1993) de :

- ⇒ La β - lactoglobuline (β -LG) : 3,2 g/kg
- ⇒ L' α - lactalbumine (α -LA) : 1,2 g/kg
- ⇒ L'albumine sérique bovine (BSA) : 0,4g/kg
- ⇒ Les immunoglobulines (Ig) : 0,75g/kg
- ⇒ Les protéoses peptones 0,1 à 0,2 g/kg

La composition moyenne du lactosérum en acides aminés est présentée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Acides aminés essentiels du lactosérum (Moletta, 2002)

Acide aminé	Protéine de lactosérum	Caséine
Tryptophane	1,38	1,22
Lysine	10,9	8,81
Méthionine	1,95	3,07
Cystéine	1,35	0,57
Leucine	7,09	9,8
Isoleucine	4,06	4,8
Phénylalanine	3,47	5,18
Valine	5,54	3,55
Thréonine	5,03	4,7

4.5. La matière grasse

Elle n'est pas abondante dans le lactosérum, estimée à un taux de 1g/l (Sottiez, 1990). Cette MG peut être récupérées est utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix (Boudier et Botofon, 1979).

La composition du lactosérum est très variable en fonction de la spécialité fromagère dont est issu le lactosérum. Les protéines du lactosérum possèdent un véritable intérêt nutritionnel en raison de leur composition élevée en acides aminés essentiels. Les plus importantes sont la β - lactoglobuline (majoritaire), l' α -lactalbumine, le glycomacropéptide, les immunoglobulines bovines, l'albumine sérique bovine et la lactoferrine bovine (tableau 4) (Luquet, 1990 ; Jouan, 2002).

Tableau 4 : Composition moyenne d'un lactosérum doux et d'un lactosérum acide (Luquet, 1990 ; Jouan, 2002)

	Lactosérum doux (issu de la fabrication de l'Emmental par ex.)	Lactosérum acide
Eau (%)	93,5	94
Extrait sec (%)	6,5	6
pH	6,70	4,6
Composition en g.L ⁻¹		
Lactose	76	74
Protéine	13,50	12,00
Cendres	8,00	12,00
Acide lactique	<1,8	>1,8
Calcium	0,6	Jusqu'à 1,8 - 2
Phosphore	0,6	1,50
Chlorure de sodium	2,50	7,50

4.6. Les vitamines

Le lactosérum contient la majeure partie des vitamines hydrosolubles présentes dans le lait, il est particulièrement riche en riboflavine (qui lui donne la couleur jaune verdâtre), d'acide pantothénique (B5), thiamine (B1), de pyridoxine (B6) et l'acide ascorbique (Woo, 2002) (tableau 5).

Tableau 5 : Teneur en vitamines dans le lactosérum (Vrignaud, 1983)

Vitamines	Concentration (mg/100g)
Thiamine	4
Ribiflavine	43
Acide nicotinique	0,85
Acide panthoténique	45
Pyridoxine	5,3
Cobalamine	0,159
Acide ascorbique	2,2

5. Intérêt industriel du lactosérum

Ce lactosérum est un produit qu'il existe il y a plus de 3000 ans (De-Witt, 2001). Depuis quelques années, de nouvelles technologies effectuées par la plupart des pays (EU et UE notamment) permettent maintenant d'exploiter pleinement la production laitière de leurs cheptels, et de récupérer les les concentrés de protéines sériques, destinés à l'alimentation humaine, l'alimentation animale, à être utilisé comme engrais et comme milieu de fermentation pour la production par voie microbienne de l'acide lactique, des vitamines (B2, B12), d'enzymes (protéase, amylase, pectinases, β galactosidase et cellulase) et de matières grasses. Selon FranceAgrimer (2013), en Europe, près de 70% du lactosérum disponible est encore utilisé en alimentation animale et 20% pour la fabrication de lait infantile.

5.1. Intérêt nutritionnel

Le lactosérum est composé d'environ 94% d'eau, de sucre (le lactose), de protéines, de très peu de matières grasses et de sels minéraux. Il a longtemps été considéré comme un déchet encombrant car à la fois très polluant et produit en grandes quantités par l'industrie fromagère (Benslama, 2016).

La qualité nutritive du lactosérum tient à la fois à la présence du lactose et des protéines sériques. Les propriétés fonctionnelles liées aux protéines sériques en font des produits intéressants à la fois pour l'alimentation du bétail, mais aussi en nutrition humaine : dans la confiserie et dans l'élaboration de préparations laitières très anciennes et pauvres en matière grasse (recuite, ricotta, brocciu, sérac, brunost). En effet, il est devenu une source intéressante de composés actifs et de nutriments spécifiques, présentant des propriétés

incomparables, tant sur le plan nutritionnel que techno-fonctionnel, tels que le lactose, les protéines solubles, les vitamines hydrosolubles, les graisses et les éléments minéraux (Baghli, 2021).

Des essais préliminaires ont montré que l'isolat de lactosérum, à raison de 24 à 45 g par jour peut agir favorablement sur le système immunitaire défaillant des malades. Les concentrés de protéines de lactosérum sont très utilisés en musculation, leur haute teneur en protéines ainsi que leur faible teneur en matière grasse et en calories en font un complément de choix avant et après l'entraînement physique. On prête aux protéines contenues dans le lactosérum un grand rôle dans la reconstruction des fibres musculaires qui ont subi des micro-déchirures lors de l'entraînement. L'absorption d'environ 20 g de protéines durant ou juste après l'exercice est suffisant pour maximiser la synthèse post-entraînement des protéines musculaires (Boudier et Luquet, 1980).

Cuevas-Gómez et al (2021), ont annoncé que la protéine de lactosérum est un sous-produit du fromage, de la caséine et du yaourt grec produit en Europe, en Amérique du Nord et en Australasie. C'est une source substantielle de protéines fonctionnelles et de peptides pour l'industrie alimentaire mondiale. L' α -lactalbumine (α -La) est une protéine globulaire qui peut être isolée à partir de WPI (isolats de protéines de lactosérum) à l'aide de techniques telles que la chromatographie/filtration sur gel, la séparation membranaire, etc. L' α -La est utilisé dans l'élaboration d'aliments fonctionnels et constitue une très bonne source de peptides aux bioactivités anticancéreuses, antimicrobiennes, antivirales, antihypertensives, immunomodulatrices, opioïdes, liant les minéraux et antioxydantes. Les nanotubes et les nanoparticules générés à partir de cette protéine sont utilisés comme véhicules pour le transport de composés actifs et peuvent donc être utilisés dans les industries alimentaires et pharmaceutiques. Les effets contaminants du lactosérum, les caractéristiques de l' α -La, les technologies de production et ses applications en nanotechnologie sont passés en revue ici.

5.2. Intérêt biotechnologique

En biotechnologie, le lactosérum, par sa composition biochimique, possède d'intéressantes propriétés comme milieu de fermentation pour plusieurs microorganismes assimilants le lactose comme source de carbone et d'énergie. Selon Botfonja (1994), la croissance de certaines souches telles que *Streptococcus lactis* serait bonne sur lactosérum seul, du fait de la richesse de celui-ci en lactose.

Un bon milieu de culture permettant le développement des levures qui utilisent le lactose comme source de carbone (Omar et Sabry, 1991). Selon Poget-Ramscier (1993), le lactosérum est un bon milieu de culture pour la production d'acide lactique par les bactéries lactiques.

Etant donné que, la composition du lactosérum est déficiente en facteurs de croissance indispensables pour la multiplication de certaines bactéries, dans plusieurs études, il a été enrichi par ajout d'additifs tels que : l'extrait de levure, les bicarbonates de sodium et le tween 80 (Yang et Silva, 1995).

5.3. Intérêt zootechnique (plus détaillé en résultats et discussion)

Le lactosérum et ses dérivés sont utilisés notamment dans l'alimentation du veau et du porc (Bernardeau et al, 2009). L'utilisation du lactosérum a engendré chez ces animaux, comme chez les volailles une amélioration de la croissance sans aucun désordre gastro-intestinal (Linden et Lorient, 1994 ; Fevrier et Aumaitre, 1978). De nombreux travaux ont signalé le développement réussi d'un ensilage de paille avec le lactosérum pour l'alimentation des ruminants (Bardy et al, 2016).

Le lactosérum acide est le plus souvent utilisé dans l'élevage comme nourriture pour les animaux car il est plus difficile à traiter comparativement au lactosérum doux, ceci est en lien avec la concentration de lactosérum acide qui donne un produit visqueux et collant. Donc moins pratique lors d'une utilisation pour l'alimentation humaine (Proot, 2001).

Le lactosérum est le coproduit le plus important de l'industrie laitière et au cours des deux derniers siècles, une quantité importante de recherches a été consacrée à découvrir sa composition chimique et à mieux comprendre les activités biologiques des constituants du lactosérum, et son importance dans l'industrie de l'alimentation animale.

Avantages à base de lactosérum :

- ⇒ Le lactosérum est un ingrédient naturel dérivé du lait frais ;
- ⇒ Les produits de lactosérum sont une combinaison de protéines de haute qualité, lactose, composants bioactifs, minéraux et vitamines ;
- ⇒ Le lactosérum a une excellente solubilité ;
- ⇒ Le lactosérum ne contient pas de facteurs antinutritionnels ;
- ⇒ Le lactosérum est très agréable au goût et facile à digérer ;

- ⇒ Le lactosérum favorise la prise alimentaire dans la période post-sevrage immédiate ;
- ⇒ Le lactosérum favorise les performances animales et la santé intestinale (EWPA, 2020) ;

5.4. Voies de valorisation du lactosérum « Whey »

En alimentation animale, il y a 2 voies de valorisation :

- **UNE VOIE SECHE**, dans laquelle le lactosérum déshydraté est intégré dans un mélange sous forme de poudre ou inclus dans la composition de granulés destinés aux animaux. Cette transformation est réalisée par des sociétés de fabrication d'aliments pour animaux.

Le processus de déshydratation d'un produit ou sous-produit à basse température (lyophilisation), a pour but essentiel de stabiliser les produits par extraction de l'eau. L'amélioration des technologies, les changements des habitudes alimentaires, la baisse des coûts, et une meilleure stabilité des poudres sont les principales raisons qui ont contribué à l'accroissement de l'utilisation des produits sous forme déshydratée (Schuck et al, 2004).

La concentration est généralement réalisée par un procédé membranaire : l'osmose inverse ; la taille des pores est alors comprise entre 0,1 et 1 nm et la pression de fonctionnement requise est d'environ 20 à 30 bars. Le petit-lait est concentré de deux à quatre fois, selon l'utilisation. Il se conserve mieux que le petit-lait brut et permet d'éviter des frais de transport. La déshydratation nécessite au préalable, la cristallisation du lactose. On utilise un procédé de refroidissement rapide après initialisation du processus d'ensemencement. Le séchage final fait intervenir les techniques de « spray drying » (Membrez et al, 2004).

Selon la qualité du sérum mis en œuvre, il existe différentes variétés de concentrés ou de poudres : produits de sérum doux, de sérum acide, de sérum déminéralisé et de sérum délactosé. D'une façon générale, les sérums doux sont plus faciles à sécher, de meilleure qualité et offrent plus de débouchés (FAO, 1995).

- **UNE VOIE LIQUIDE**, dans laquelle le lactosérum est directement conduit chez l'éleveur, ceux-ci l'utilisent pour une alimentation en soupe après intégration de la farine en mélangeuse (Boudry et al, 2012). Le débouché principal des lactosérums est l'alimentation des veaux et de façon plus fluctuante l'alimentation animale dans son ensemble (Adrian, 1971). C'est sur cette utilisation croissante que se sont penchées de nombreuses équipes de recherches spécialisées dans ce domaine, pour améliorer cette alimentation et diminuer les troubles gastro-intestinaux. De nombreux travaux ont signalé le développement réussi d'un ensilage de paille avec le lactosérum pour l'alimentation des ruminants (Bardy et al, 2016).
- Autres formes de lactosérum sont disponibles et peuvent être donné aux animaux telles que le lactosérum condensé, lactosérum séché (sérum partiellement délactosé) ou sous forme de produits à base de lactosérum séché (El-Shewy, 2016).

PARTIE EXPÉRIMENTALE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Objectifs

Initialement, l'objectif de l'étude était d'évaluer le lactosérum comme additif alimentaire zootechnique dans nos exploitations des différentes espèces animales, en effectuant des analyses physicochimiques au laboratoire tout en déterminant ses composants et sa valeur nutritionnelle. Et pour des raisons de terrain, et d'accessibilité, nous n'avons pas pu le faire et nous avons dû changer de l'objectif et, il est devenu l'étude des possibilités de valorisation du lactosérum dans l'alimentation animale dans la wilaya de M'Sila, ceci à travers l'étude des potentialités laitières et les voies de transformation disponibles dans cette région en premier volet, et une synthèse de travaux scientifiques de valorisation du lactosérum dans l'alimentation animale, en deuxième volet.

2. Présentation de la région d'étude

2.1. Situation et limites administratives

La wilaya de M'Sila se situe à 250 km au Sud-Est d'Alger, la capitale. La wilaya de M'Sila a une superficie de 18 175 km² (latitude 358 408 N ; longitude 048 308 N). Administrativement, elle est limitée par les wilayas de Médéa, Bouira, Bordj-Bou-Argeridj et Sétif au Nord, Batna à l'Est, Djelfa à l'Ouest et Biskra au Sud (la carte). La wilaya de M'Sila comprend 15 Daïra qui regroupent 47 communes (cartes 1 et 2).

a. Relief géographique

Sa morphologie et sa position géographique confèrent à cette région un aspect écologique unifié représenté par la prédominance de la steppe (végétation clairsemée) qui couvre 1 200 000 ha (soit 63 % de la superficie totale) de la wilaya. La superficie affectée à l'agriculture représente 20 % de la surface totale (plaines du Hodna), consacrées essentiellement à la céréaliculture, à l'arboriculture et au maraîchage (DSA M'Sila). La zone de montagne est réservée à la céréaliculture extensive et aux massifs forestiers, avec des proportions respectives de 56, 33 et 7 % de la superficie totale (Sebhi, 1987).

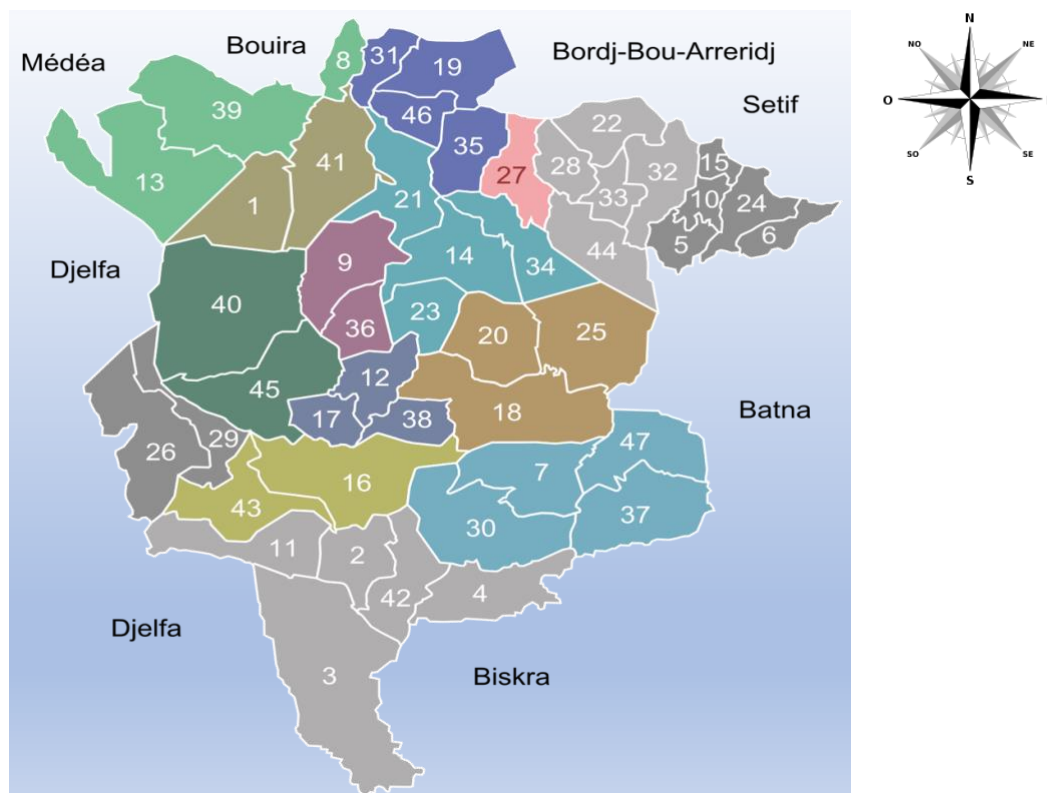
b. Climat

La wilaya de M'Sila est fortement soumise à l'influence du climat aride et semi-aride. Elle se présente comme une région enclavée entre le contre forts des atlas tellien et

saharien. Elle est délimitée au Nord par L'isohyète 400 mm et au Sud par l'isohyète 100 mm, qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (Sebhi, 1987).



Carte 1: Situation de la wilaya de M'Sila



1: Aïn El Hadjel	15: Dehahna	29: Ouanougha	43: Slim
2: Aïn El Melh	16: Djebel Messaad	30: Ouled Addi Guebala	44: Souamaa
3: Aïn Errich	17: El Hamel	31: Ouled Atia	45: Tamsa
4: Aïn Fares	18: El Houamed	32: Mohammed Boudiaf	46: Tarmount
5: Aïn Khadra	19: Hammam Dhalaa	33: Ouled Derradj	47: Zarzour
6: Belaïba	20: Khettouti Sed El Djir	34: Ouled Mahdi	
7: Ben Srour	21: Khoubana	35: Ouled Mansour	
8: Beni Ilmane	22: Maadid	36: Ouled Sidi Brahim	
9: Benzouh	23: Maarif	37: Ouled Slimane	
10: Berhoum	24: Magra	38: Oultem	
11: Bir Fadha	25: M'Cif	39: Sidi Aïssa	
12: Bousaâda	26: Medjedel	40: Sidi Ameur	
13: Bouti Sayah	27: M'Sila	41: Sidi Hadjeres	
14: Chellal	28: M'Tarfa	42: Sidi M'Hamed	

Carte 2 : Communes et limites administratives de la wilaya de M'Sila (Ghadbane, 2011)

https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_M%27Sila#/media/Fichier:M'sila_administrative.svg

2.2. Productions agricoles de la wilaya

2.2.1. Production végétale

La production végétale de la wilaya de M'Sila repose notamment sur les céréales, avec une production estimée à 16 766 580 qx au cours de la saison 2021/2022, suivie par les légumes, avec une production de 2 185 000 qx, viennent ensuite les fourrages en troisième position avec 1 405 000 qx.

Tableau 6 : Production végétale de la wilaya de M'sila (DSA M'Sila, 2020).

Produit	Résultats de la saison 2020/2021	
	Superficie (ha)	Production (qx)
Grains totaux	18 120	435 800
Quantité de céréales combinées	16 766 580	
Fourrage	38 200	1 405 000
Légumes, dont	7 600	2 185 000
Pommes de terre	716	229 505
Oignons	875	266 000
Arbres fruitiers	4 3965	301152
Olive	9 522	153 800

2.2.2. Production animale

L'élevage ovin dans la wilaya de M'Sila occupe la première place, avec 1 million et 550 000 de tête, suivi par les caprins avec 133 600 têtes, puis en troisième position l'élevage

bovin avec 31 400 tête. L'élevage camelin avec un effectif peu important, 1320 tête. Quant à l'aviculture, elle se focalise beaucoup sur le poulet de chair qui marque un effectif important estimé à 5 160 000 têtes, ainsi que sur les poules pondeuses, où leur nombre atteint 1 715 000 têtes (DSA, 2021).

Tableau 7: Effectifs des cheptels dans la wilaya de M'sila (DSA, 2021).

Espèce	Effectif
Ovins	1 550 000
Bovins	31 400
Caprins	133 600
Camelins	1 320
Chevaux	1 730
Abeille (ruche remplie)	6 700
Capacité en poulet de chair(en sujet)	5 160 000
Capacité en poules pondeuses (en sujet)	1 715 000

2.2.3. Potentiel fourrager

La wilaya de M'sila produit des fourrages artificiels verts et secs :

⇒ La production de fourrages artificiels consommés en vert est estimée à 1 216 000 qx, sur une superficie de 19 550 ha. L'orge est l'espèce la plus cultivée sur 16 350 ha, suivie par le trèfle puis la luzerne.

⇒ La production de fourrages artificiels consommés en sec, est estimée à 189 000 qx sur une superficie de 18 650 ha.

Tableau 8 : Fourrages artificiels consommés en sec (DSA, 2020)

Type de fourrage	Superficie	Production
Fourrages artificiels consommés en sec		
Vesce Avoine	250	5000
Céréales consommé en Foin	18 400	184 000
Total	18 650	189 000
Fourrages artificiels consommés en vert		
Maïs et Sorgho	1 500	210 000
Orge	16 350	768 000
Trèfle et Luzerne	1 700	238 000
Total	19 550	1 216 000
Totaux fourrage en Sec et Vert	38 200	1 405 000

3. Méthodologie de travail

Afin d'atteindre l'objectif tracé, nous avons visité la direction des services agricoles de la wilaya de M'Sila au cours du mois de Mai 2022, afin d'obtenir le plus d'informations possible sur les bilans de production laitière à travers le territoire de la wilaya, pour en fin faire des traitements et analyse des données (figure 3) .

La démarche suivie se décompose en trois volets :

- 1) Diagnostic des capacités de la wilaya de M'Sila en :
 - Production laitière ; effectifs de bovin laitier, types de bovin exploités,
 - Collecte de lait cru,
 - Transformation laitière locale,
- 2) Choix d'un échantillon des gérants de la filière lait de la wilaya, représenté par les unités de collecte et transformation de lait cru (de vache), afin d'analyser :
 - Les capacités de collecte,
 - Les capacités de transformation,
 - Les types de lait collecté (selon l'espèce animale),
 - Les quantités transformées,
 - Les types et devenir des lactosérums produits,

- 3) Une synthèse des travaux de valorisation du lactosérum dans le domaine de l'alimentation animale, comme étant « un additif zootechnique » pouvant améliorer les performances des animaux (viandes ou œufs).

Ici, on a tenté à extraire les avantages et les inconvénients de l'utilisation du petit lait chez les différentes espèces d'animaux d'élevage.

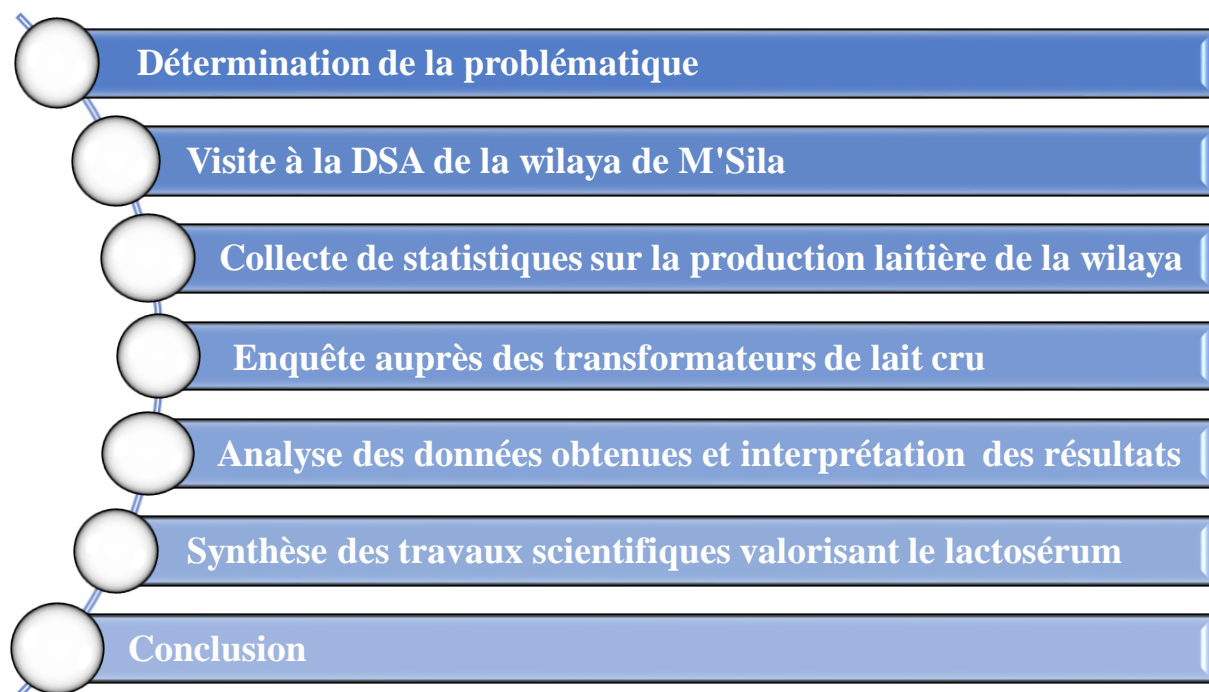


Figure 3 : Démarche Méthodologique

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. Potentiel Laitier de la Wilaya de M'Sila

1. Évolution des Effectifs du Cheptel Laitier

A travers le tableau 9, on peut observer que le cheptel de la région de M'sila est dominé par l'espèce ovine qui vient en première position, suivie par l'espèce caprine et troisièmement l'espèce bovine. En 2018, l'ovin a présenté un effectif de 1650000 têtes (90,34% du total), l'espèce bovine 34700 têtes (1,87%), dont 24 200 vaches laitières (VL), et les caprins représentant 7,66% du total avec 140000 têtes, dont 87000 tête de chèvres. Le camelin avec 1730 tête (données 2021, DSA M'Sila).

Tableau 9 : Évolution des effectifs (bovin, ovin, caprin et camelin) au cours de la période (2012-2018)

Années	Bovin	Ovin	Caprin	Camelin
2012	26800	1600000	140000	1600
2013	27500	1610000	142000	1600
2014	32700	1630000	145000	1620
2015	29000	1630000	140000	1620
2016	32600	1630000	140000	1650
2017	33500	1600000	140000	1730
2018	34700	1650000	140000	1730

Le tableau 10 présente l'évolution des effectifs de bovin avec ces catégories, au cours de la période (2017-2021). La figure 4 illustre alors l'effectif de VL contre le total de la wilaya. L'évolution de l'effectif de vaches laitières est parallèle à celle de l'effectif total ; la baisse est notable à partir de l'année 2020, et plus prononcé en 2021 (-8,7%) (tableau 10). Toutefois, la crise sanitaire Covid-19 remet en cause tous les paradigmes de gestion des filières agroalimentaires en temps de crise.

Tableau 10 : Évolution du cheptel bovin dans la région de M'sila (DSA, 2021)

	Vaches laitières		Total vaches	Génisses	Taureaux repro-	Taurillons	Veaux	Velles	Total
	BLM	BLA + BLL							
	1	2	1+2=3	4	5	6	7	8	9 = 3+ (4 à 8)
2017	12600	9800	22400	2320	980	1170	3350	3280	33500
2018	13000	11200	24200	2000	930	1170	3350	3050	34700
2019	13000	11000	24000	2100	1000	1300	3450	3150	35000
2020	12300	10700	23000	2450	1000	1100	3450	3500	34500
2021	11500	9500	21000	2200	1000	1100	3000	3100	31400

Tableau 11 : Évolution des effectifs (VL et BV) au cours de la période (2017-2021)

	Total VL	Progression (%)	Total Bovin	Progression (%)
2017	22400	/	33500	/
2018	24200	+8	34700	+3,58
2019	24000	-0,8	35000	+0,87
2020	23000	-4,2	34500	-1,43
2021	21000	-8,7	31400	-8,98
		-6,25		-6,27

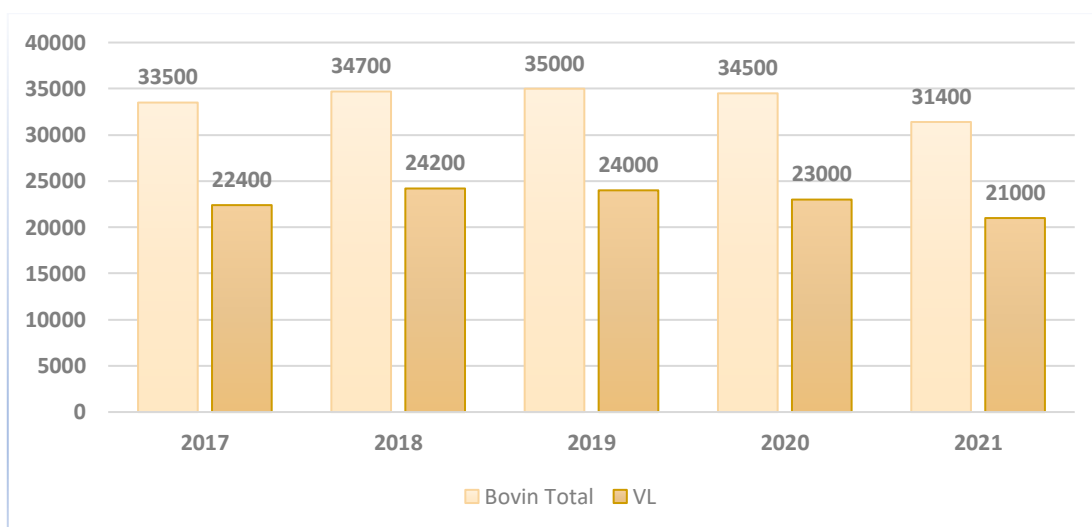


Figure 4 : Effectifs VL par rapport à l'effectif total (année 2021)

2. Production Laitière au cours de l'Année 2021

2.1. Les Zones Potentielles

Suivant les données (an 2021) fournies par la direction des services agricoles de la wilaya, neuf (9) Dairas présentent les régions potentielles en bovin laitier (BLL, BLA et BLM), dont les trois premières sont : Bousaada avec un effectif VL de 8459 tête (40%), M'Sila avec 3813 tête (18%) et Ouled-Derradj avec 2751 tête (13%) (tableau 12).

Tableau 12 : Zones potentielles en production laitière

	Bousaada	M'Sila	Ouled-Derradj	Magra	A.Lehdjel	H.Dalaa	A.Melh	D.Mesaad	B.Srouur	Total
Effectif VL	8459	3813	2751	2610	1151	888	559	479	290	21000
%	40,28	18,16	13,1	12,42	5,48	4,22	2,67	2,28	1,39	100

2.2. Production Annuelle de Lait Cru

La filière lait a enregistré un développement considérable avec une production moyenne annuelle de l'ordre de 80 million de litre par an environ, dont 30 millions soient livrés à deux laiteries situées au chef-lieu de wilaya (Hodna et El-Mazraa) et une dans la commune da Boussaâda (laiterie Biladi).

Ce développement a été rendu possible par les mesures incitatives mises en place pour les éleveurs bovins, qui consistent en l'achat de vaches laitières par les transformateurs puis en remise aux éleveurs en contrepartie du paiement du prix d'achat en production laitière (DSA, 2022). Le tableau suivant résume la production laitière (x1000 litres), et le nombre total d'exploitations pour la saison 2020/2021 (tableau 13).

Tableau 13 : Quantités de lait produites au cours de l'année 2021

	Production laitière (x1000 litres)				
	Vaches	Chèvres	Chamelles	Brebis	Total
Colonnes	1	2	3	4	5=1+2+3+4
Total (litres)	72510	6378	512	ND	79400

ND= non disponible

Le lait de vache a le monopole dans la filière lait, par sa production importante (figure 5). L'effectif de chèvres étant plus important (87000 tête contre 24 200 tête, en 2018), mais de production moins importante (6378 litres contre 72510 litres en 2021). Les mesures initiatives menées par l'état tentent à repousser la production de bovin laitier, car une espèce à production intéressante, pouvant couvrir les besoins des consommateurs en lait.

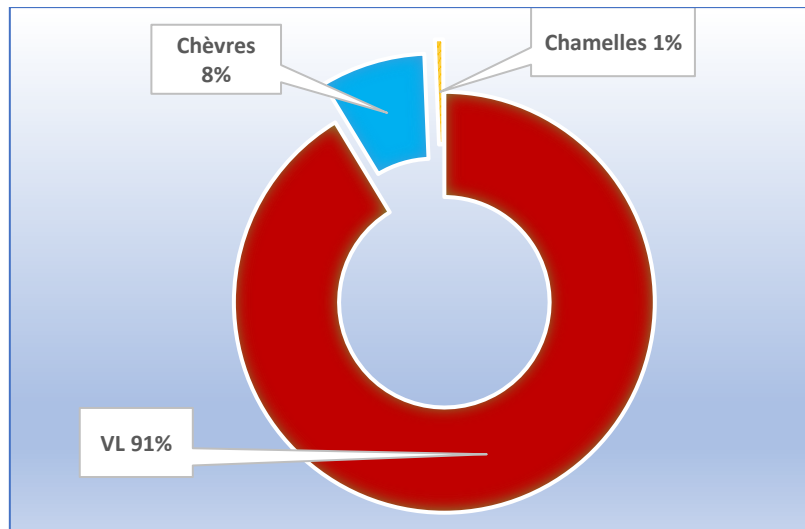


Figure 5 : Parts (%) de production laitière selon l'espèce

II. Collecte de Lait Cru dans la Wilaya de M'Sila

Le tableau 14 représente les quantités de lait cru collectées par le total des exploitations au cours de la campagne agricole (2020/2021). Cependant, le taux d'intégration qui correspond à la part du lait collecté dans les quantités totales produites dans la wilaya de M'Sila vaut 56%, un taux faible qui reflète une part importante (44%) qui s'échappe du circuit de collecte. Au niveau national, le taux de collecte de lait cru est très faible, ne dépassant pas 10% (Bencharif, 2001). La quantité totale collecté en 2021 (44 millions) a baissé comparativement à celle enregistré en 2017 (48millions) collecté en 2017 (DSA, 2017).

Tableau 14 : Collecte de lait cru dans la wilaya de M'Sila (x1000litres/an)

	Collecte de lait (x10 ³ litres)				Total Collecte	Part dans la production totale
	Vache	Chèvre	Chamelle	Brebis		
Colonnes	1	2	3	4	5=1+2+3+4	
Total des exploitations	44 614	/	/	/	44614	56,18%

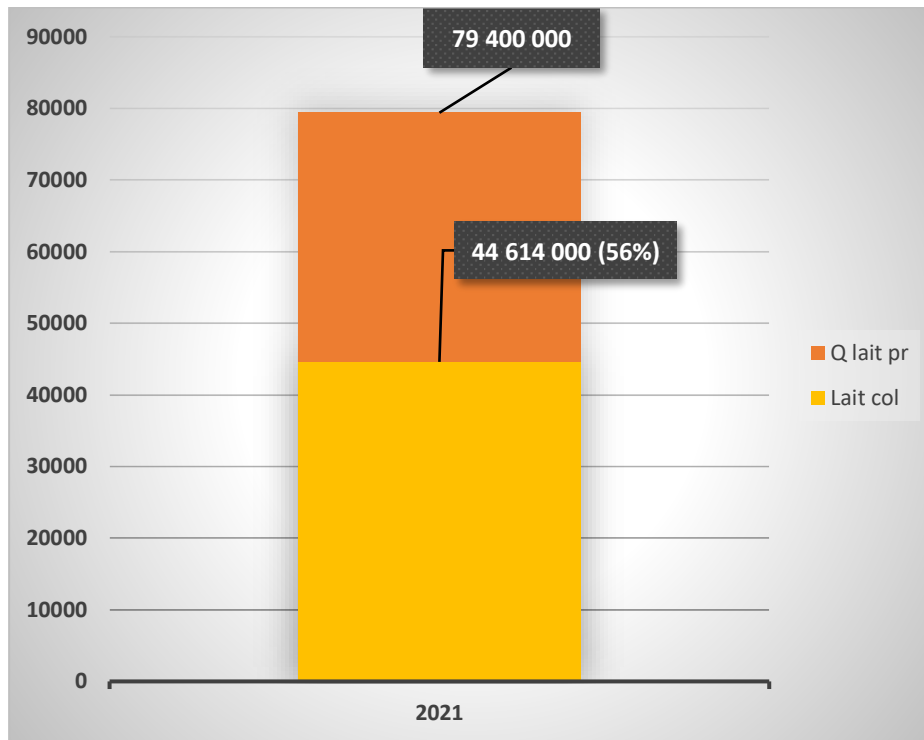


Figure 6 : Intégration de la collecte dans la production totale de la wilaya de M'Sila au cours de l'année 2021

Au niveau national, Le volume du lait cru collecté en 2019 estimé à 850 millions de litres reste faible comparativement à la production laitière qui est de 3,6 milliard de litres (23% de la production) (ONIL, 2019). Ceci se présente comme un obstacle au développement de la filière lait locale. La collecte constitue la principale articulation entre la production et l'industrie laitière.

III. Transformation du Lait Cru dans la Wilaya de M'Sila

1. Résultats d'Enquête

Les principales laiteries actives au niveau de la wilaya de M'Sila, sont au nombre de trois (3), plus d'autres à petites capacités (au nombre de 22 unités de transformation) : situées dans la région potentielle « Bousaada et M'Sila » qui compte plus de 58% de l'effectif total de VL de la wilaya (tableau 12).

Pour des raisons de crainte, réticence et du manque d'accueil de certains gérants de ces unités de transformation de lait cru, nous n'avons pu poser nos questions d'enquête qu'à quelques-uns d'entre eux, trois laiteries à M'Sila, trois à Bousaada et une unité à Ain -ElMelh. Alors nos résultats sont assez peu abondantes.

A la lumière des déclarations des responsables, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Une collecte de 100 à 500 litre par jour pour les petites laiteries ;
- Jusqu'à 130000 litre par jour pour les grandes laiteries (Hodna et Biladi) ;
- Le lait de vache est collecté par toutes les laiteries, le lait de chèvre est collecté en petites quantités et en association avec le lait de vache, chez trois laiteries ;
- Le lait de chèvre est vendu et ne reçoit pas de transformations ;
- Le lait de vache est vendu cru, ou bien transformé en fromage, leben, raib, ou yaourt (par Hodna) ;
- Quant au petit lait « lactosérum », la totalité des laiteries s'en débarrassent et le versent dans les égouts sans le moindre souci de sa valeur nutritive gâchée ;

2. Opportunité Économique du Lactosérum

Beaucoup de travaux menés au niveau national qui ont dévoilé la situation de production, collecte et transformation (Mamine et al, 2020 ; Chemma, 2017 ; Foughali et al, 2018 ; Benghida, 2021 ; Meribai et al, 2016) annoncent le faible de taux de collecte de lait cru (fluctuant au tour de 10%) et que l'industrie laitière nationale repose principalement, sur l'industrialisation de la poudre importée, le temps que la sphère de production locale, reste faible et n'engendrant pas la sécurité alimentaire, malgré les différentes politiques et plans de soutien et d'encouragement.

Le taux d'intégration du lait collecté dans la transformation industrielle nationale est variable ; en 2015, ce taux est estimé à 25% (Chemma, 2017). CNIS (2017) a signalé que le lait cru produit localement n'entre que pour une très faible part dans l'activité des laiteries. Ainsi, en l'espace d'une décennie, la part de lait cru produite dans les exploitations n'est entrée que pour une proportion de 6% dans la production industrielle.

Au cours de l'année 2017, la DSA M'Sila a indiqué que les quantités transformées durant cette période représentent pas moins de 50% du volume produit à l'échelle locale, estimé à 68 millions de litres (DSA, 2017).

En concluant avec nos résultats d'enquête avec les unités de transformation de lait cru de la région de M'Sila, on peut évaluer la quantité de lait cru transformée par an, cette dernière vaut d'au moins 40 millions litres de lait au total. Et à la lumière de ces données, si on considère que le minimum du taux d'intégration du lait produit dans la transformation de lait cru se situe à 25%, on peut déduire qu'au cours de l'année 2021, dans la wilaya de M'Sila,

avec une production de 80 millions de lait cru, la quantité transformée est égale à 20 millions de litre. Selon Boudry et al (2012), le taux de lactosérum après fabrication fromagère présente 90% de lait transformé. Alors dans la région de M'Sila, on peut faire l'estimation des quantités de lactosérum rejeté à l'état comme suivant :

20 millions litres de lait transformés x 0,9 l'équivalent de 18 millions de litres de lactosérum, avec, 20 millions x 60g = 1,2 millions de tonne de poudre de lactosérum. Cette estimation minimale reste relative et est soumise à de nombreuses variables.

Ce sous-produits de fromagerie est certes de valeur économique considérable et qui représente une source alternative importante dans l'alimentation animale. Les pouvoirs publics peuvent l'investir en créant des unités de traitement et de recyclage pour son utilisation liquide ou en poudre au lieu de le rejeter dans les égouts. Un tel sous-produit peut alléger la facture d'importation de la poudre de lait par exemple, un aliment consommable de première nécessité.

D'après (FAO cité par FranceAgrimer, 2013), au niveau mondial, la demande de lactosérum est de plus en plus importante. Alors que le prix moyen du lactosérum en poudre était relativement stable (400-600 €/tonne) entre 2000 et 2006, et se situe en 2013 à environ 1000 €/tonne. Comme l'ensemble des produits laitiers industriels (beurre, poudre de lait et de lactosérum), il a connu une flambée des prix en 2007 jusqu'à 1400 €/tonne au début de l'été 2007.

La forte consommation a contraint les pouvoirs publics à importer, à des prix élevés, des quantités importantes de lait prêt à la consommation pour compenser le déficit de la production nationale. Chaque année l'Algérie importe 40% de sa consommation de lait essentiellement sous forme de poudre de lait entier (Imadalou, 2020). Ainsi, l'Algérie se place au second rang mondial en matière d'importation de lait et produits laitiers, après la Chine.

Les importations Algériennes portent annuellement sur 300000 tonnes de poudre de lait. Durant la période 2000-2015, les quantités importées ont presque doublé (97,91%), allant de 188 089 à 372 252,4 tonnes avec une valeur passant de 373 700 Millions d'USD (\$) en 2000 à 1,04 Milliards d'USD (\$) en 2015 (Chemma, 2017). La facture des importations de poudre de lait coûte au pays 1,5 milliard de dollars/an, (Demmad, 2021). Les importations de matières premières ont fortement augmenté dans le temps, en termes de quantités et de valeur (CNIS, 2017).

A la lumière de nos résultats, si on considère 1000€/tonne de lactosérum, il ressort avec 1,2 millions de tonne de poudre (nos estimations) : $1,2\text{Mt} \times 1000\text{€} = 1,2$ milliard €. Avec ce chiffre qui mérite d'être bien étudié, on peut proposer le lactosérum comme une source alimentaire alternative à double intérêt : allègement des factures d'importation de matière consommable prioritaires (poudre de lait surtout), et son incorporation dans l'alimentation animale comme facteur de croissance, ou bien aussi de l'intégrer dans l'alimentation humaine vu ces atouts médicaux et nutritionnels.

IV. Travaux Scientifiques Valorisant le Lactosérum

1. Le lactosérum Rejeté Présente un « Polluant Potentiel »

Les effluents produits par l'industrie fromagère sont caractérisés par leur volume et leur charge polluante élevés. Bien qu'il existe des possibilités de valorisation du Lactosérum, approximativement la moitié de la production mondiale n'est pas exploitée mais rejetée comme effluents, ce qui constitue une perte importante de matière alimentaire (Gonzalez Siso, 1996 ; Marwaha et Kennedy, 1988). Dans ces conditions le lactosérum représente un problème environnemental très important à cause des volumes considérables générés et à cause de sa teneur élevée en matière organique.

Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (DBO), de 30000-50000 ppm (Marwaha et Kennedy, 1988). Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux. En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures (Auliffe et al, 1982) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (Yang et al, 1992).

Le lactosérum est riche en matières organiques (protéines, lactose, ...), il est aussi relativement concentré en phosphore. Lorsqu'il est rejeté dans un environnement donné (sol, lac, rivière, ...) il représente un apport massif de nutriments. Ces nutriments provoquent une multiplication massive, rapide des micro-organismes (bactéries, micro- algues notamment) et des algues, c'est l'hypereutrophisation (ou dystrophisation) du milieu. Dans le cas d'une masse d'eau faiblement renouvelée (lac par exemple) cette multiplication conduit à la consommation du dioxygène, diminue la quantité de lumière atteignant le fond et provoque ainsi une mort des organismes qui, en se décomposant, renforcent l'anaérobiose du milieu. Au final l'écosystème s'appauvrit permettant la seule survie d'organismes anaérobies dans des couches relativement profondes (CNRS, 2022).

Thivend (2007) a signalé que le lactosérum est un polluant puissant lorsqu'il est rejeté dans les cours d'eau, sa forte teneur en matière organique entraînant une demande biochimique en oxygène (DBO5) allant de 30 à 40 g d'oxygène par litre. Ainsi, la charge polluante d'une fromagerie transformant 100 000 litres de lait par jour serait équivalente à la pollution d'une ville de 60 000 habitants (Petillot, 1976). Compte tenu de la grande quantité de lactosérum produite chaque année dans le monde, les risques de pollution sont donc extrêmement élevés (Guirguis et al, 1993).

2. Travaux de Valorisation du Lactosérum dans l'Alimentation Animale

2.1. DANS LE TRAITEMENT DES ENSILAGES

Schüngoethe, 1975 : l'ajout de lactosérum aux ensilages d'herbes et de légumineuses améliorait la qualité et la digestibilité de l'ensilage, et les concentrations d'azote ammoniacal étaient réduites dans l'ensilage lorsque le lactosérum était ajouté à l'ensilage de maïs traité à l'urée.

Bilal et Altiner, 2017 : le lactosérum a un grand potentiel pour être utilisé dans le traitement de l'ensilage de maïs car il augmente le processus de fermentation et la stabilité aérobie des ensilages. Le lactosérum a un taux élevé d'acides aminés à chaîne ramifiée (leucine, isoleucine et valine) qui sont responsables du métabolisme efficace après consommation. Les protéines de lactosérum sont des protéines de haute qualité et comprennent tous les acides aminés essentiels. La protéine de lactosérum, y compris la β -lactoglobuline, l' α -lactalbumine, le glucomacropéptide, l'immunoglobuline et la lactoferrine, a la capacité d'agir comme antioxydant in vitro et in vivo, antihypertenseur, antitumoral, antiviral et agent hypolipidémique et antibactérien.

Özüretmen et al, 2022 : étude sur les effets de la poudre de lactosérum (WP) sur la qualité de la fermentation, la valeur nutritive et la digestibilité de la luzerne ensilée (*Medicago sativa L.*). La luzerne traitée avec différentes doses de WP (0, 2 et 4 % d'ensilage de matière fraîche) a été ensilée dans des fûts en plastique pendant 60 jours. Les résultats de l'étude ont révélé que la composition physico-chimique et la qualité de la fermentation de l'ensilage de luzerne se sont améliorées et que la croissance des moisissures a été inhibée dans les groupes traités avec 2 et 4% de WP par rapport à celui du témoin. La production de CO₂ (jour 7) était beaucoup plus faible dans les ensilages traités avec 2 et 4% de WP (respectivement 3,77 et 1,85 g/kg de matière sèche (MS)) que dans le groupe témoin (21,36 g/kg MS). De plus, la digestibilité de la matière sèche in vivo (DMD) était beaucoup plus élevée dans le groupe

traité avec 4% de WP (76,45%) que dans le groupe témoin (55,82%). Dans ce groupe de traitement, toutes les digestibilités apparentes des coefficients in vivo à partir des teneurs en nutriments bruts et des fractions de paroi cellulaire ont augmenté de manière significative et ont donc augmenté la valeur énergétique nette de la lactation de 1,18 à 1,31 Mcal/kg MS. Cependant, bien que la DMD in vitro soit plus élevée dans les ensilages traités avec WP que dans le témoin et que la dose soit significative, il n'y avait pas de forte corrélation entre les valeurs in vivo et in vitro. Selon nos résultats, WP pourrait apporter un avantage pour la conservation de l'ensilage de luzerne. De plus, le WP pourrait être évalué comme un additif d'ensilage durable.

2.2. POUR LA VACHE LAITIÈRE

Huber et al, 1967 : dans deux essais, des vaches Holstein en lactation ont reçu des rations de 16 % de foin et 84 % de concentré à 120 % de la norme Morrison pour l'énergie. Les concentrés contenaient des quantités variables de lactosérum partiellement délactosé (PDW) et de lactosérum entier séché (DWW). Le pourcentage de matières grasses dans le lait a été maintenu aux niveaux de prétraitement lorsqu'une quantité aussi faible que 10 % de PDW a été incorporée dans le concentré. Au niveau de 30 %, le DWW n'était pas aussi efficace pour maintenir la matière grasse du lait que le PDW. Ni le SNF du lait ni les protéines n'ont été systématiquement affectés par l'ajout de lactosérum. Les rendements en lait étaient réduits lorsque le concentré contenait 60 % de l'un ou l'autre des lactosérums, mais pas à 30 %. Tous les concentrés étaient facilement consommés par les vaches. Le pourcentage molaire de butyrate de rumen a été augmenté par l'ajout des deux types de lactosérum à tous les niveaux testés. Ces augmentations étaient probablement dues au lactose contenu dans le lactosérum. Le propionate de rumen a diminué et les rapports acétate/propionate ont augmenté par l'ajout de PDW, mais pas par DWW. L'augmentation des ratios de butyrate et d'acétate sur propionate dans le rumen, ainsi que la diminution du propionate dans le rumen, étaient associées au maintien de pourcentages normaux de matières grasses du lait dans les groupes nourris avec des rations contenant du PDW.

Schingoethe et al, 1973 : résumé Après une ration standardisée de 3 semaines de foin de luzerne et d'ensilage de maïs ad libitum et de concentré à 1 kg/3 kg de lait, 30 vaches Holstein en lactation ont reçu 2,3 kg de foin/jour et l'une des cinq rations concentrées ad libitum pendant une période expérimentale de 6 semaines. période Les rations concentrées étaient : (1) témoin, (2) lactosérum entier séché, (3) produit de lactosérum riche en minéraux, (4)

lactosérum déminéralisé et (5) lactose. La ration 3 contenait la même quantité de minéraux de lactosérum que la ration 2 tandis que les rations 4 et 5 contenaient les mêmes quantités de lactose que la ration 2. Les changements de matières grasses du lait par rapport à la période de normalisation pour les rations en séquence étaient (unités de pourcentage) : -1,26, -0,58, -0,47, -1,32 et -0,64. Cela indiquait que les minéraux du lactosérum étaient les plus efficaces pour prévenir la dépression des matières grasses du lait dans les rations à forte concentration, bien que le lactose soit également partiellement efficace. Les rations à haute concentration (expérimentales) ont augmenté la teneur en protéines du lait de 0,2 unité de pourcentage par rapport à la période de normalisation. Les rendements laitiers et la consommation de concentré n'ont pas été modifiés par le traitement. Les concentrations ruminales de propionate (μ M/ml) sur les rations de lactosérum témoin et déminéralisé ont augmenté par rapport aux valeurs de normalisation. Les concentrations de butyrate étaient le plus élevées par les rations contenant le lactose le plus élevé (c'est-à-dire les rations 2, 4 et 5) tandis que l'acétate n'était affecté par aucun traitement.

Casper et Schingoethe, 1986 : trente-trois vaches Holstein ont reçu l'un des trois mélanges concentrés complétés avec toutes les protéines (tourteau de soja), 1 % d'urée ou 1 % d'urée et 30 % de lactosérum séché de la semaine 3 à la 16^e semaine post-partum. Les rations mélangées totales contenaient 40 % (sur la base de la matière sèche) d'ensilage de maïs, 10 % de foin de luzerne et 50 % de mélange concentré. Les régimes devaient être isoazotés à 16% de protéines brutes, mais l'azote soluble était vrai à environ 23, 30 et 42% de l'azote total. La production de lait était similaire (33,8, 33,4 et 33,2 kg/j) pour les vaches nourries avec les trois régimes, tandis que la production de lait corrigé à 4 % de matière grasse (29,9, 28,0 et 29,2 kg/j) et de lait corrigé en solides (30,3, 28,6 et 29,6 kg/j) était plus élevée pour les vaches nourries avec du tourteau de soja et du lactosérum séché à l'urée. Les pourcentages de matières grasses du lait (3,23, 2,94 et 3,23 %) étaient plus faibles lorsque les vaches recevaient de l'urée, mais les protéines du lait (3,10, 3,04 et 3,04 %) et les solides non gras (8,74, 8,79 et 8,81 %) n'étaient pas affectés. par régime. Les apports en matière sèche (22,0, 20,2 et 23,1 kg/j) étaient les plus élevés pour les vaches nourries avec du lactosérum séché à l'urée et les plus faibles pour les vaches nourries avec de l'urée. Les pourcentages molaires d'acétate ruminal (56,6, 50,3 et 50,2 %) étaient les plus élevés chez les vaches nourries au tourteau de soja, le propionate (24,8, 28,6 et 25,0 %) était le plus élevé chez les vaches nourries à l'urée et le butyrate (13,6, 14,4 et 18,4 %) était le plus élevé pour les vaches nourries avec du lactosérum séché à l'urée. Les concentrations d'ammoniac

ruminal (11,8, 20,3 et 13,5 mg/dl) et d'urée sérique (19,5, 22,9 et 16,5 mg/dl) étaient les plus élevées chez les vaches nourries avec de l'urée. L'utilisation de l'azote uréique pour la production de lait a été améliorée en ajoutant du lactosérum séché aux régimes des vaches en début de lactation.

El-Shewy (2016) : le lactosérum doux (fromage cheddar) peut être plus agréable au goût que le lactosérum acide (fromage cottage) par les ruminants. De nombreuses bactéries présentes dans le rumen ont apparemment une capacité limitée à fermenter le lactose. L'aspect le plus important de l'alimentation au lactosérum est l'adaptation progressive et la fourniture de foin pour contrer la diarrhée. La valeur nutritive de 1 t de lactosérum frais équivaut à celle de 71 kg de grains d'orge mesurée à partir de leur teneur en énergie et en protéines. Il a été signalé que lorsque du lactosérum doux était administré à des vaches en lactation à raison de 12 à 20 litre par jour, la production de lait, le calcium et le magnésium du lait augmentaient et les propriétés technologiques du lait s'amélioraient.

2.3. POUR LE BOVIN VIANDE

Schingoethe, 1975 : les ruminants peuvent consommer jusqu'à 30% de leur apport en matière sèche sous forme de lactosérum liquide sans altération des performances, tandis que les porcs peuvent souffrir de diarrhée lorsque plus de 20 % de leur matière sèche est du lactosérum liquide. Le lactosérum condensé fermenté et ammoniacé est un complément protéique liquide acceptable pour les ruminants. De petites quantités de lactosérum séché ou de lactosérum partiellement dé-lactose dans les rations pour non-ruminants augmentent souvent les gains de poids, l'efficacité alimentaire, la digestibilité des protéines et la digestibilité des graisses, ainsi que l'absorption et la rétention des minéraux. L'inclusion de 10% ou plus de lactosérum séché ou de lactosérum partiellement dé-lactosé dans les rations hautement concentrées des vaches en lactation prévient généralement la majeure partie de la dépression de la matière grasse du lait rencontrée avec ces rations sans réduire la consommation de concentré. Le butyrate du rumen est généralement augmenté lorsque les rations contiennent du lactosérum ou des produits à base de lactosérum. Les taux de croissance ont été favorables lorsque les veaux ont été nourris avec des substituts de lait contenant jusqu'à 89 % de lactosérum séché.

Toulllec et al, 1977 : chez le veau pré-ruminant, il a été indiqué l'utilisation digestive de laits de remplacement contenant de l'ultrafiltrat de lactosérum comme seule source de lactose dans 2 essais (A et B). Les auteurs ont comparé l'utilisation digestive de laits de

remplacement (témoin et expérimental contenant le lactose) afin de préciser l'influence de la solubilité des protéines dans trois essais (A, B, et C). Dans les essais A et B, le remplacement du lactosérum par de l'ultra filtrat a eu un effet dépressif sur les performances zootechniques (16 % en moyenne sur le gain de poids vif) et sur la consistance des fèces (11,8 % de jours d'état diarrhéique, au lieu de 1,4). Dans l'essai A, l'utilisation digestive apparente a été fortement diminuée ($P < 0,01$) (respectivement de 92,3% à 89,2 de 86,3 à 82,7 et de 86 g à 78,2 pour la matière organique, les matières azotées et les matières grasses). Dans l'essai B, l'utilisation digestive des 2 aliments a été beaucoup plus satisfaisante que dans l'essai A ; seule, celle des matières azotées a été significativement abaissée (de 92,2 à 90,21 %) par l'introduction de l'ultrafiltrat. Dans l'essai C, l'addition d'émulsifiants a eu un effet favorable sur l'utilisation digestive qui est passée de 87,2 à 91,8 % pour la matière organique ($P < 0,001$), de 78,3 à 83, pour les matières azotées ($P < 0,05$) et de 72,1 à 88, 1 pour les matières grasses ($P < 0,001$). En aucun cas, l'utilisation digestive de l'extractif non azoté et donc probablement du lactose, n'a été affectée. En conclusion, l'ultrafiltrat de lactosérum devrait être introduit à des taux moins élevés que le lactosérum dans les aliments d'allaitement destinés au veau pré-ruminant.

Folkink et al, 2009 : l'objectif de cette étude était d'évaluer différents ingrédients dans les démarreurs pour veaux. Dans la première expérience, les traitements de démarrage étaient un témoin, du lactosérum séché doux, une source de peptides, une culture de levure et un mélange d'acides gras (butyrate, acides gras à chaîne moyenne et acide linoléique). Dans la deuxième expérience, les traitements de démarrage étaient un témoin et une culture de levure. Des veaux Holstein, initialement âgés de moins d'une semaine, ont été nourris quotidiennement avec 0,45 kg de lait de remplacement en poudre (20 % de PC, 20 % de matières grasses) pendant 42 jours et sevrés. Les démarreurs contenaient principalement du maïs et du soja, ce qui signifie 18 % de CP et étaient nourris à volonté. Les veaux ont été maintenus dans des enclos individuels pendant une période de 56 jours. Le premier essai a été analysé comme une conception en blocs complets randomisés. InExp. 2, une période d'alimentation de 56 à 84 jours a été ajoutée à la fin, avec des veaux regroupés dans des enclos de 6, et les résultats ont été analysés selon un plan complètement randomisé. Par rapport aux veaux témoins dans Exp. 1, les veaux nourris avec la source de peptides présentaient un ADG, un apport de démarrage et un changement de largeur de hanche inférieurs de 0 à 56 jours ; les veaux nourris au lactosérum avaient une plus grande efficacité alimentaire de 42 à 56 jours ; les veaux nourris avec une culture de levure avaient un ADG

et une efficacité alimentaire supérieurs de 42 à 56 jours; et les veaux nourris avec le mélange d'acides gras avaient un ADG et un changement de largeur de hanche plus importants de 0 à 56 jours. Il n'y avait pas de différences entre les traitements dans Exp. 2. Les résultats sont cohérents avec les recherches publiées. La principale réponse positive a été lorsque le mélange d'acides gras a été ajouté.

Morel et al, 2016 : le lactosérum ou petit-lait représente dans les zones de production de fromages d'alpage une source d'énergie disponible importante, peu valorisée et problématique pour l'environnement lorsqu'il n'est pas utilisé correctement. Sa mise en valeur sous forme d'aliment pour des bovins à viande a été étudié dans deux essais comprenant chacun 48 génisses et bœufs, appartenant à différentes races ou croisements de races à viande et répartis dans trois variantes expérimentales: une H ne variant disteantin que de l'herbe de la pâture et les variantes O et PL recevant un complément à la pâture, sous forme d'orge ou de petit-lait chaud non centrifuge distribue par groupe en quantité limitée (2012) ou à volonté (2013), une fois par jour. Les trois groupes de 16 animaux chacun, d'un poids vif moyen de 480 kg, ont été estives dans le Jura (1200 m) durant 95 jours. Donne a volonté, le petit-lait a été consommé a raison de 32.9 l par jour et a entraîné, par rapport aux animaux témoins, une amélioration significative de l'augmentation journalier sans effet négatif sur la qualité de carcasse et la santé, mais avec une réduction des besoins en eau de 60 %. En conclusion, ce système de production s'avère être une solution intéressante permettant de donner une valeur ajoutée à un coproduit comme le petit-lait.

2.4. POUR L'AGNEAU

Poliquit et al, 2013 : douze agneaux mâles en croissance ont été utilisés dans un schéma de bloc complet randomisé pour déterminer les effets de l'alimentation de lactosérum acide liquide (LAW) sur la performance de l'animal, son apport en matière sèche, la digestibilité des nutriments, le gain de poids et le pH ruminal. Les animaux ont reçu un régime composé d'herbe Napier (*Pennisetum purpureum*, Schumacher). Les traitements étaient l'herbe Napier plus concentré, l'herbe Napier plus LAW et l'herbe Napier plus concentré plus LAW. L'apport individuel en matière sèche (DMI), le gain de poids bihebdomadaire (WG) et le pH ruminal ont été mesurés. La digestibilité du régime alimentaire a été déterminée en utilisant la méthode de collecte totale. Les résultats ont montré que LAW augmentait ($p < 0,05$) le WG et la digestibilité de l'alimentation (matière sèche, matière organique et protéines brutes). Le lactosérum acide liquide avait une

digestibilité moyenne de 54,41 % pour la matière sèche, 83,94 % pour la matière organique et 87,56 % pour la protéine brute. Le pH ruminal deux heures après l'alimentation était stable pour les animaux avec LAW seul. Cependant, le DMI était similaire ($p > 0,05$) entre les traitements. On peut conclure que l'inclusion de LAW dans l'alimentation a considérablement amélioré la WG, la digestibilité de l'alimentation et le pH ruminal sans affecter la DMI.

El-Sayed et al (2017) : les moutons ont été jugés comme un ruminant alternatif approprié pour effectuer des essais préliminaires afin de permettre une enquête scientifique sur la pertinence et la valeur du lactosérum. Les résultats sont les suivants : le lactosérum peut remplacer à 100% la consommation d'eau à la ferme, le lactosérum fournit une alternative peu coûteuse aux aliments liquides, à une fraction du coût (moins de 10% de mélasse), 19 litres de perméat de lactosérum liquide peuvent remplacer la même quantité d'énergie et de protéines que celle fournie par 2,4 kg d'un mélange d'aliments pour animaux à 88 % de protéines brutes/fourrage grossier. Le lactosérum peut améliorer la saveur, la texture et le contrôle de la poussière des rations de parc d'engraissement. Il fournit une nutrition équilibrée en énergie, protéines, minéraux et un facteur de sécurité pour compenser les régimes alimentaires de qualité médiocre ou variable, étant un complément pompable, le lactosérum peut économiser sur les frais généraux d'alimentation car il nécessite moins de travail et d'équipement d'alimentation et de mélange, et peut fournir une méthode économique et pratique pour donner des suppléments d'urée, des vitamines, des minéraux et des additifs alimentaires.

Lupo et al (2019) : l'objectif de cette étude était d'évaluer l'utilisation du lactosérum bovin sur les performances, les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande des agneaux de finition. Dix-huit agneaux mâles ont été répartis en trois traitements (régime témoin – CD, régime avec lactosérum en poudre – DWP et régime avec lactosérum liquide – DLW) avec six répétitions. Les variables de performance, les mesures de la zone longe-œil, la couverture et le gras sous-cutané, le persillage, le rendement, la morphométrie, la conformation et la finition des carcasses ont été évalués. Il y avait une différence dans l'apport en matière sèche, les traitements CD (3,22 %) et DWP (3,08 %) ayant des niveaux plus élevés que celui du traitement DLW (2,46 %). Les moyennes pour la région de la longe-œil, la graisse sous-cutanée et le marbrage étaient de 9,88 cm², 2,97 mm et 1,39, respectivement. Il y avait une différence entre les traitements pour la teneur en extrait éthéré de la viande; il était plus élevé en CD (7,90 %) et plus faible en DLW (5,19 %). L'inclusion

de lactosérum bovin n'a pas modifié les paramètres quantitatifs et qualitatifs de la carcasse; cependant, cela a modifié les niveaux de teneur en extrait éthéré dans la viande.

2.5. EN AVICULTURE

Shariatmadari et Forbes, 2005 : les effets sur l'apport alimentaire et la prise de poids de l'offre aux poulets de chair (âgés de 2 à 7 semaines) d'aliments secs, d'aliments humides, d'aliments humides contenant du lactosérum, de lactosérum comme liquide de boisson et de combinaisons de deux d'entre eux ont été étudiés dans 5 expériences.

Les aliments humides ont généralement amélioré de manière significative à la fois le gain de poids et l'efficacité alimentaire. L'alimentation au lactosérum a également amélioré le gain de poids et l'efficacité de la conversion alimentaire, mais le lactosérum offert comme liquide de boisson a eu un effet négatif sur les performances des poulets de chair.

Lorsque le lactosérum était offert à la fois comme boisson liquide et ajouté à la nourriture, il avait un effet délétère. Lorsque le lactosérum était offert à partir de 4 ou 6 semaines, il avait un meilleur effet que lorsqu'il était offert à partir de 2 semaines.

Il y avait de meilleures performances lorsque le lactosérum dans l'eau de boisson était dilué et/ou proposé un jour ou une demi-journée sur deux.

Les poulets de chair autorisés à choisir entre des aliments humides et secs lorsque l'eau était librement disponible ont choisi principalement des aliments secs ; en l'absence d'eau potable, ils ont choisi la plupart des aliments humides. Les oiseaux offraient de l'eau et du lactosérum liquide évitaient complètement le lactosérum.

Il est conclu que le lactosérum peut être utilisé dans l'alimentation des poulets à griller en l'incorporant à l'aliment tant que l'eau potable est offerte à volonté. Le lactosérum peut être proposé en boisson si l'aliment est mélangé avec 1,8 fois son poids d'eau mais il est préférable de diluer le lactosérum avec un volume d'eau égal qu'il soit ajouté à l'aliment ou donné en boisson. De bons résultats peuvent également être obtenus lorsque du lactosérum non dilué est proposé en alternance avec de l'eau, soit en demi-journée, soit en journée complète.

Abu-Dieyeh et al, 2007 : l'étude a été pour évaluer l'effet de la consommation de lactosérum Labaneh sur les performances des poulets de chair. Le lactosérum frais de labaneh a été mélangé à l'eau de boisson des poulets de chair à des taux de 0, 25, 50 et 75 %. Les traitements expérimentaux de lactosérum labaneh ont été offerts ad libitum pendant l'âge de 4 à 8 semaines de poulets de chair lohman élevés dans un poulailler ouvert. À la fin de

l'expérience, les résultats ont montré que le taux de croissance, le gain corporel, la consommation d'aliments, l'efficacité alimentaire et le pourcentage d'habillage étaient significativement ($p < 0,05$) réduits pour les poulets de chair supplémentés avec du lactosérum Labaneh dans l'eau de boisson. Le taux de mortalité cumulé des poulets de chair a augmenté de manière significative ($p < 0,05$) en augmentant le niveau de lactosérum de labaneh au-dessus de 25 %. Ces résultats ont indiqué que l'utilisation du lactosérum de labaneh comme additif alimentaire sous-produit dans l'eau de boisson a un effet négatif significatif ($p < 0,05$) sur les performances des poulets de chair âgés de 4 à 8 semaines élevés dans un poulailler ouvert.

Majewska et al (2009) : deux expériences ont été menées pour déterminer l'effet du lactosérum acide frais non dilué et de l'acide lactique, offerts comme boisson liquide, sur les résultats de production des poulets à griller. Dans l'expérience 1, des poulets ont reçu du lactosérum acide frais non dilué comme liquide de boisson deux fois par semaine pendant 4 heures. Un régime de démarrage offert aux oiseaux dans cette expérience était de mauvaise qualité. Dans l'expérience 2, des poulets ont reçu du lactosérum acide ou de l'acide lactique frais en une quantité de 4 cm³/litre (4 ml/l) d'eau, également deux fois par semaine pendant 4 heures. Dans cette expérience, les oiseaux ont reçu des régimes de démarrage, de croissance et de finition contenant un acidifiant. Il a été constaté que du lactosérum acide frais administré à des poulets nourris avec une alimentation de mauvaise qualité prévenait efficacement une baisse des résultats globaux de production, contribuant notamment à une diminution du risque de mortalité. Chez les oiseaux nourris avec des régimes contenant un acidifiant, le lactosérum et l'acide lactique ont eu un effet négatif sur les résultats de production. Les producteurs de poulets à griller ne doivent pas utiliser d'acide lactique ou de lactosérum comme boisson liquide si les aliments offerts aux poulets sont acidifiés avec des acides organiques.

Omar, 2012 : l'étude a examiné l'effet de l'ajout de probiotiques commerciaux ou naturels aux régimes alimentaires des poulets de chair sur les performances de croissance, la digestibilité des nutriments et l'efficacité économique. Avi-Bac (un produit probiotique de bactéries lactiques concentrées et d'enzymes) a été utilisé comme probiotique commercial, tandis que le lait écrémé frais et le lactosérum ont été utilisés comme probiotiques naturels. Neuf cents poussins de chair Hubbard non sexés âgés d'un jour ont été répartis au hasard en 6 groupes expérimentaux, de 150 poulets de chair, avec 3 répétitions pour chaque groupe de

traitement. Tous les régimes ont été nourris pour contenir les niveaux testés de probiotiques commerciaux et naturels et ont été nourris sous forme de purée. Les régimes expérimentaux ont été distribués en 2 phases : croissance (1-4 semaines) et finition (5-6 semaines). Avi-Bac a été utilisé à raison de 0,1 %, tandis que du lait écrémé ou du lactosérum ont été ajoutés à raison de 0,5 ou 1,0 % de la ration. L'eau et les aliments ont été offerts à volonté tout au long de la période expérimentale, qui a duré 6 semaines. Les poulets de chair recevant les régimes complétés par des probiotiques commerciaux et naturels ont montré de manière significative ($P < 0,05$) la digestibilité des fibres brutes. En outre, les données ont montré que l'ajout de probiotiques naturels ou commerciaux aux régimes alimentaires des poulets de chair améliorait les valeurs moyennes de l'efficacité économique calculée. Les résultats obtenus ont indiqué que les probiotiques naturels ou commerciaux peuvent être utilisés comme promoteur de croissance dans les régimes alimentaires des poulets de chair et qu'ils peuvent améliorer les performances, la digestibilité des nutriments et l'efficacité économique des poulets de chair.

Ibrahim et al (2015) : le but de l'étude était d'évaluer les effets des concentrés de protéines de lactosérum (WPC) et/ou ajout de monohydrate de créatine (CMH) aux régimes de poulets de chair sur les performances de croissance, la régulation de l'expression génique la construction musculaire, les caractéristiques de la carcasse et le statut oxydatif. Des poussins Ross d'un jour ($N = 300$) ont été assignés à six soins diététiques. Le 1^{er} traitement est administré au animaux du régime contrôle, le 2^{ème} traitement a reçu le régime contrôle additionné de 0,05 % de WPC, le 3^{ème} traitement a reçu le régime témoin additionné de 0,05% de CMH, le 4^{ème} traitement a reçu le régime de contrôle complété à la fois avec WPC et CMH (0,05 %, chacun), le 5^{ème} traitement reçu un régime réduit (RD) plus faible en énergie métabolisable et en protéines brutes (50 kcal/kg et 0,5 %, respectivement) et le 6^{ème} traitement a reçu le RD additionné de WPC et de CMH (0,05 % chacun) pendant 42 jours d'alimentation. Chaque traitement a été répété dans cinq enclos de 10 oiseaux chacun. Les résultats ont montré que les oiseaux se nourrissaient de l'un ou l'autre témoin ou RD complété avec WPC et/ou CMH ont montré une augmentation significative ($p < 0,05$) du poids corporel cumulé (BW), gain de poids corporel (BWG), indice de conversion alimentaire (FCR) amélioré, rendement carcasse élevé et viande de poitrine pourcentage par rapport au traitement témoin. Où, la graisse abdominale corporelle était significativement ($p > 0,05$) diminué dans les groupes nourris avec du WPC et/ou du CMH. L'expression de la myogline et du facteur de croissance analogue à l'insuline (IGF1) dans le muscle a été régulée après

l'ajout de WPC et/ou de CMH. La supplémentation en WPC et/ou CMH n'a ne modifient pas de manière significative les taux sériques de créatine, d'urée et d'acide urique du poulet de chair. La réduction du malondialdéhyde (MDA) et des valeurs accrues de glutathion réduit (GSH) dans le foie correspondant à la capacité anti-oxydante ont été observé après 42 jours d'alimentation de WPC. En conclusion, l'ajout de WPC et/ou CMH à un régime conventionnel ou RD pour les poulets en croissance exerce une action stimulante sur la croissance et induit un meilleur rendement en carcasse et en poitrine pourcentage musculaire basé à la fois sur l'analyse chimique et moléculaire et sur les changements souhaitables rapides dans l'oiseau santé.

Khani et al, 2015 : la présente étude a été réalisée pour évaluer l'effet de différents niveaux de poudre de lactosérum acide (AWP) et de poudre de lactosérum acide à faible teneur en lactose (LLAWP) sur les performances de croissance et l'immunité des poussins de chair. Un total de 416 poussins de chair âgés d'un jour (Ross 308) ont été répartis au hasard dans 1 des 8 traitements diététiques isocaloriques et isoazotés (4 répétitions d'enclos ; 13 oiseaux par enclos) et ont été élevés sur une période expérimentale de 42 jours. Les traitements diététiques comprenaient le contrôle, 1, 2,5, 5, 7,5 % AWP et 2,5, 5 et 7,5 % LLAWP. Le gain de poids corporel (BWG), l'apport alimentaire (FI) et le taux de conversion alimentaire (FCR) ont été enregistrés toutes les deux semaines pendant 42 jours. Les titres d'anticorps contre les virus de Newcastle et de la grippe et les globules rouges de mouton (SRBC) ont été déterminés pour évaluer les réponses immunitaires. Au cours de la période de croissance globale, le BWG chez les poulets de chair a reçu une augmentation significative de 2,5 ou 5 % de LLAWP et le FCR chez ceux nourris avec 2,5 % de LLAWP a diminué ($p < 0,05$). Les poulets de chair ayant reçu 5 % de LLAWP présentaient le plus grand IF au cours de la période de croissance globale ($p < 0,05$). Le poids des organes lymphoïdes et les titres d'anticorps contre les virus de Newcastle et de la grippe et les SRBC n'ont pas été significativement affectés par les traitements diététiques ($p > 0,05$). Il a été conclu que 2,5 % de LLAWP alimentaire amélioreraient les performances et que l'AWP pouvait être utilisé jusqu'à 5 % dans l'alimentation sans effets néfastes sur les performances et l'immunité des poussins à griller.

Fallah, 2016 : l'étude a été menée pour étudier les effets de différents niveaux de probiotiques de lactosérum séché et de protéine sur les performances de production, les caractéristiques de la carcasse et les paramètres sanguins des poulets à griller. Dans cette étude, 360 poulets à griller commerciaux mâles et femelles Ross 308 âgés d'un jour de sexe

mixte ont été utilisés dans un schéma randomisé avec quatre traitements (six répétés dans chaque traitement et 15 oiseaux/répliqués) et élevés sur les enclos au sol pendant 42 journées. Les traitements diététiques étaient : (1) régime témoin (sans supplément), (2) régime de base complété avec 40 g/kg de poudre de lactosérum séché (3) régime de base complété avec 1 g/kg de probiotique protexine et (4) régime de base complété avec 20 g/kg de poudre de lactosérum séché. g/kg de lactosérum en poudre + 0,5 g/kg de probiotique protexine. Les résultats de cette étude ont indiqué que la supplémentation alimentaire avec de la poudre de lactosérum séché et des protéines augmentait statistiquement le poids corporel des poussins à 42 jours par rapport aux poussins témoins ($p < 0,05$). Les autres résultats ont montré des différences significatives dans la prise alimentaire entre les traitements témoin et poudre de lactosérum séché + protexine. Les poulets de chair recevant différents niveaux de poudre de lactosérum séché et de protexine avaient une consommation alimentaire plus élevée par rapport au groupe témoin. De plus, en plus de différents niveaux de lactosérum séché et de probiotiques, le taux de conversion alimentaire a diminué par rapport aux groupes témoins. L'ajout de différents niveaux de probiotique de lactosérum séché et de protexine a augmenté le gésier, la rate et la bourse du fabricius en comparaison avec les groupes témoins. D'autres résultats ont montré que les oiseaux ayant reçu de la poudre de lactosérum séché + protexine présentaient les concentrations de cholestérol total, de HDL et de LDL les plus faibles en comparaison avec les groupes témoins.

Kanza et al, 2017 : les protéines de lactosérum sont très efficaces dans l'anabolisme musculaire du corps ainsi que d'autres avantages pour la santé. Les recherches actuelles ont utilisé des protéines de lactosérum sous forme de supplément protéique. La protéine de lactosérum a été précipitée par une combinaison de pH, de température et de traitement au sel suivi d'une filtration. Deux types de concentrés de protéines de lactosérum (WPC) ont été formés. L'un était de texture crémeuse tandis que l'autre était sous forme de poudre. Les WPC ont été ajoutés dans l'alimentation des poulets de chair à raison de 0,2 % sous forme de poudre et de 2 % sous forme de texture crémeuse. Les paramètres de croissance tels que la consommation d'aliments, le poids corporel et le gain de poids ont augmenté avec le supplément de protéines de lactosérum alors qu'ils n'avaient aucun effet sur le taux de conversion alimentaire (FCR). Les caractéristiques de la carcasse comme la carcasse, la poitrine, la cuisse, les ailes, le poids du pilon avaient augmenté de manière significative avec l'incorporation de protéines de lactosérum tout en ayant un effet non significatif sur le poids du foie, le poids GIT et le rapport GIT/carcasse. La supplémentation en protéines de

lactosérum ne présente aucune influence significative sur l'hématocrite (PCV), l'hémoglobine, les lymphocytes et les leucocytes polynucléaires (PMN) tout en présentant un impact significatif sur les leucocytes et les plaquettes. Il est conclu que seulement 0,2 % de WPC (poudre) ont un impact significatif sur la croissance de la carcasse tandis qu'une supplémentation de 2 % de WPC (texture crémeuse) a amélioré les paramètres de croissance, mais l'analyse statistique l'a révélé non significatif.

Pineda-Quiróga et al, 2017 : étude de l'influence de la supplémentation des régimes alimentaires des poulets de chair avec de la poudre de lactosérum sec (DWP) et du concentré de protéines de lactosérum (WPC) sur le coefficient nutritif de la digestibilité iléale apparente (CAID) et les performances productives. Nourrir les poulets avec 60-DWP et 80-WPC a augmenté leur poids corporel, leur gain quotidien moyen (GMQ) et leur consommation alimentaire (FI) pendant les périodes de démarrage ($P < 0,001$ pour toutes les variables) et de croissance-finition ($P < 0,001$ pour BW et FI, et $P = 0,048$ pour l'ADG), et pendant toute la période d'alimentation ($P < 0,05$), par rapport au régime témoin. Les régimes 60-DWP et 80-WPC ont réduit l'indice de conversion alimentaire des poulets pendant la période de démarrage ($P < 0,001$ et $0,003$, respectivement), tandis que le 60-DWP a réduit ce paramètre pendant toute la période d'alimentation ($P = 0,048$), par rapport à contrôler le régime alimentaire. Au jour 42, les communautés microbiennes caecales des poulets nourris avec 60-DWP et 80-WPC différaient de celles nourries avec un régime témoin ($R = 0,776$, $P = 0,008$; et $R = 0,740$, $P = 0,008$, respectivement). *Lactobacillus salivarius* a constamment augmenté chez les poulets ayant un meilleur indice de conversion alimentaire, c'est-à-dire ceux nourris avec du 60-DWP. Les résultats obtenus indiquent que la croissance des poulets est améliorée par la supplémentation en DWP et WPC en raison d'une digestibilité minérale plus élevée, d'une consommation alimentaire accrue et d'une modulation des communautés de microbiote cæcal.

Tsiouris et al, 2019 : l'objectif de la présente étude était d'étudier l'effet du lactosérum sur les performances, le bien-être et le nombre de *Campylobacter* cæcaux des poussins de chair dans des conditions expérimentales et de terrain. Afin d'évaluer l'utilisation du lactosérum dans des conditions de terrain, une deuxième étude a été réalisée dans un élevage de poulets de chair avec deux bâtiments identiques. L'évaluation des données expérimentales a révélé que l'utilisation de lactosérum n'affectait pas significativement les performances ($P \leq 0,05$) et le nombre de *C. jejuni* cæcaux ($P \leq 0,05$). Il n'y avait ni lésions de dermatite du coussinet plantaire ni lésions de brûlure du jarret dans aucun des groupes expérimentaux. Dans l'étude

de terrain, l'utilisation de lactosérum n'a eu aucun effet sur les indices de performance ($P \leq 0,05$). On peut conclure que l'ajout de lactosérum n'a pas d'effet négatif sur la volaille et peut fournir un additif alimentaire naturel alternatif pour l'industrie de l'alimentation des poulets de chair.

Hilmi et al, 2020 : les déchets de production de fromage contiennent une source de carbone, dont le lactose en tant que source d'énergie dans le développement de fermentation, notamment dans la fabrication de probiotiques pour la volaille. La méthode de recherche consiste à utiliser 3% de fermenté lactosérum de fromage dans l'eau de boisson des poules pondeuses de 17 semaines pour analyser la productivité des poules pondeuses et la microbiologie. Le but de la recherche est de déterminer la concentration efficace de fromage de lactosérum fermenté pour améliorer la productivité, la composition physique et chimique des œufs et évaluer le métabolisme des graisses chez les poules pondeuses. L'étude a porté sur 120 poules pondeuses âgées de 17 semaines. La méthode expérimentale a été conçue en utilisant la méthode du test T de témoin (P0), fromage de lactosérum fermenté (P1). Les variables observées étaient la productivité (consommation d'aliments, consommation, production quotidienne d'œufs, ration de conversion alimentaire) et microbiologie de l'intestin grêle et des excréta (bactéries lactiques, salmonelle, *Escherichia coli*). L'effet de l'ajout de fromage de lactosérum fermenté dans la boisson : l'eau a diminué la consommation d'aliments et le FCR contrairement au groupe témoin (P0) mais a augmenté la production d'œufs, le poids et le poids de la masse d'œufs. L'effet de l'ajout de fromage de lactosérum fermenté dans l'eau potable a diminué le nombre de bactéries *Escherichia coli* et augmente les bactéries lactiques dans le tube digestif des poulets de chair, surtout dans l'iléon, caeca, donc aussi avec ceux dans les selles. Le nombre de bactéries *Salmonella* était significativement diminué et augmentation très significative des bactéries lactiques dans les matières fécales lors de la fermentation du fromage de lactosérum.

La diminution de l'ammoniac dans les selles était très significative par rapport au groupe contrôle. En conclusion, en ajoutant le fromage de lactosérum fermenté dans l'eau potable peut réduire la consommation d'aliments, le taux de conversion alimentaire (FCR), *Escherichia coli*, salmonelle, ammoniac (NH_3), et augmenter la production d'œufs, le poids des œufs, le poids de la masse d'œufs, le poids corporel final, et les bactéries lactiques. L'utilisation de fromage de lactosérum fermenté peut être utilisée comme additif alimentaire nutraceutique pour inhiber bactéries pathogènes dans l'intestin et augmentent les bactéries lactiques.

Tsiouris et al, 2020 : l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation des volailles est limitée par sa teneur élevée en lactose et en minéraux. L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'effet de différentes concentrations de lactosérum dans l'alimentation des volailles sur les performances, le microbiote intestinal et les paramètres physico-chimiques de l'écosystème intestinal, ainsi que sur la morphologie osseuse et sa résistance chez les poulets de chair. La supplémentation alimentaire de 1 et 2% de lactosérum améliorait significativement ($p \leq 0,05$) le poids corporel, tandis que l'ajout de 5% de lactosérum réduisait significativement ($p \leq 0,05$) le poids corporel. De plus, l'ajout de 1, 2 et 5% de lactosérum alimentaire a augmenté de manière significative ($p \leq 0,05$) le pH du digesta du jéjunum et réduit de manière significative ($p \leq 0,05$) le pH du digesta du caecum par rapport au groupe témoin. L'ajout de 1 et 2% de lactosérum a réduit significativement ($p \leq 0,05$) la viscosité dans le digesta du jéjunum et de l'iléon, par rapport à l'ajout de 5% de lactosérum qui a réduit significativement ($p \leq 0,05$) la viscosité dans le digesta du jéjunum mais a augmenté de manière significative ($p \leq 0,05$) la viscosité dans le digesta de l'iléon. De plus, l'ajout de 1, 2 et 5% de lactosérum alimentaire a augmenté significativement ($p \leq 0,05$) le nombre de caecaux de *Lactobacillus* spp. et *Lactococcus lactis*, tandis que l'ajout de 5 % de lactosérum a réduit significativement ($p \leq 0,05$) la longueur du tibiotarse. On peut conclure que l'ajout de faibles quantités de lactosérum jusqu'à 2 % a favorisé les performances et la santé intestinale des oiseaux, tandis que l'ajout de quantités plus élevées de lactosérum au niveau de 5 % a eu un effet néfaste sur les performances et la longueur du tibiotarse.

2.6. EN CUNICULTURE

Masoero et al (2012) : 193 lapins en croissance issus d'un double croisement ont été nourris en 35 et 77 jours avec un régime à 24% de protéines et 2% de lactosérum séché, sans ajouts (A), avec *Streptococcus faecium* lyophilisé issu de culture de lactosérum (B), sur peptones (C), avec supplément de 1,5 ml/lapin/jour de yaourt dégraissé dans l'eau de boisson (D). La mortalité a chuté de manière significative de 22,4 % (A) à 6,1 (B), 10,6 (C) et 6,3 (D). Le gain de poids total vs A était de 20, 10 et 18% pour B, C, D, mais aucune différence ne ressortait dans le gain moyen quotidien. Efficacité alimentaire meilleure de 6 % en A vs (B + C), intermédiaire en D. La forte mortalité dans le groupe A était due à la présence de 2 % de lactosérum séché mais avec un rapport protéines/fibres élevé et une énergie élevée, sans le contraste des bactéries alimentaires. Bactéries lactiques dans le caecum de 12 lapins étudiés. Ils étaient associés positivement au taux de survie, alors que les streptocoques affectaient négativement la survie, mais positivement l'efficacité alimentaire. Un test

préliminaire a montré qu'avec 5 % de lactosérum, la mortalité est passée de 6 à 23 %. Avec le lactosérum séché, il faut veiller à fixer l'équilibre entre les protéines et les fibres. Le supplément de bactéries lactiques en petite quantité est recommandé.

Hassan et al (2014): l'étude a été menée pour évaluer l'effet de la consommation de lactosérum acide sur les performances du lapin. Du lactosérum acide frais a été mélangé à l'eau de boisson des lapins à raison de 0, 100, 150, 200 et 250 ml de lactosérum acide dans l'eau de boisson. Les traitements expérimentaux de lactosérum acide ont été offerts ad libitum pendant l'âge de 4 à 8 semaines de lapins élevés dans des lapineries fermées. Les résultats ont montré que le gain de poids corporel, la consommation d'aliments et l'efficacité alimentaire étaient significativement ($p < 0,05$) faibles pour les lapins supplémentés en lactosérum acide dans l'eau de boisson. Ces résultats ont indiqué que l'utilisation du lactosérum acide comme additif alimentaire sous-produit dans l'eau de boisson a un effet négatif significatif ($p < 0,05$) sur les performances des lapins âgés de 4 à 8 semaines élevés dans des lapineries fermées.

Kishawy et al, 2018: l'étude a évalué l'impact de la supplémentation du régime alimentaire du lapin avec des niveaux gradués de poudre de lactosérum et d'acide citrique. Les traitements diététiques étaient les suivants : T1, régime témoin (régime de base) ; T2, régime de base + 10 g/kg d'acide citrique ; Poudre de lactosérum T3, T2 + (7,5 g/kg) ; Poudre de lactosérum T4, T2 + (15 g/kg) ; et lactosérum en poudre T5, T2 + (22,5 g/kg). Résultats, le régime T5 a donné les meilleurs ($P < 0,05$) poids corporel final, gain de poids corporel, taux de conversion alimentaire, efficacité protéique, taux de croissance relatif et poids habillé. Les meilleurs coefficients de digestion ($P < 0,05$) ont été associés aux régimes T4 et T5. Les lapins nourris avec des régimes supplémentés avec de l'acide citrique seul ou avec l'ajout de niveaux gradués de poudre de lactosérum ont montré un pH intestinal significativement plus faible ($P < 0,05$) que ceux nourris avec le régime T1. Les régimes T4 et T5 ont entraîné une augmentation de la PC et des cendres dans le muscle de la cuisse par rapport aux régimes T1 et T2. La teneur en calcium du fémur était plus élevée ($P < 0,05$) dans le groupe T5 suivi de T4 et T3. La paroi de différentes parties de l'intestin grêle s'est améliorée dans les groupes T4 et T5, montrant la plus grande augmentation des villosités de l'intestin grêle, des glandes intestinales et de la quantité de cellules caliciformes. En conclusion, l'ajout de poudre de lactosérum (1,5 et 2,25 %) a augmenté les performances de croissance, la digestibilité des nutriments et la teneur en protéines brutes du muscle de la cuisse, et a amélioré la santé intestinale des lapins en croissance. Le meilleur niveau était de 2,25 % de poudre de

lactosérum. L'ajout d'acide citrique n'a eu aucun effet positif sur les performances de croissance, la digestibilité des nutriments, la teneur en protéines brutes du muscle de la cuisse et la santé intestinale.

Atallah et al, 2021 : l'étude examine les impacts de la supplémentation en yogourt avec 1% de concentré de protéines de lactosérum (WPC), Ca-caséinate (Ca-CN) et *Spirulina platensis* sur la performance physiologique des lapins de la lignée V recevant des régimes contenant du yogourt (à une dose de 5 g /kg de poids corporel/jour) et les différents aspects de la qualité de la viande. Les résultats montrent que la teneur en matières grasses était la plus élevée ($p < 0,05$) dans le yogourt enrichi en poudre de spiruline, mais que les protéines (%) étaient les plus élevées dans le yogourt enrichi en WPC. Le yaourt contenant de la poudre de spiruline a montré une augmentation significative ($p < 0,05$) de l'activité antioxydante totale. Le poids vif final pour G1 était supérieur à celui des autres groupes. Cependant, les additifs ont affecté significativement les pourcentages de selle, de pattes arrière, de foie et de cou ($p < 0,05$). Il n'y avait pas de différences significatives pour tous les groupes dans les pourcentages des pattes antérieures, des poumons et du cœur. Les valeurs de cholestérol LDL, de protéines totales, de globuline, d'albumine, de créatinine et d'immunoglobuline M étaient les plus faibles ($p < 0,05$) dans le groupe WPC. Des améliorations significatives sont apparues dans la paroi de l'intestin grêle, la microbiologie, les performances de croissance, la biochimie du sérum, l'histologie des organes et la qualité de la viande du groupe recevant le yaourt enrichi. Les yaourts enrichis en WPC, Ca-CN et *Spirulina platensis* peuvent être utilisés comme aliments fonctionnels.

Rtibi et al, 2021 : l'étude visait à évaluer l'influence de l'inclusion de poudre de caroube (CP) et de poudre de lactosérum doux (WhP) dans les aliments de sevrage sur la morphologie intestinale, les paramètres hémato-biochimiques et les biomarqueurs antioxydants. L'ajout de 10 g/kg (alimentation de base + 10 g/kg de PC, de WhP) ou du mélange (5 g/kg de PC et 5 g/kg de WhP) dans l'alimentation standard du lapin a été évalué. Un total de 40 lapins blancs néo-zélandais sevrés (âgés de 4 semaines) ont été répartis en fonction du poids corporel (PC) en quatre traitements ($n = 10$) et les additifs alimentaires ont été fournis pendant 7 semaines. Des échantillons de tissus et de sang ont été prélevés après l'abattage. Le poids corporel final, le gain de poids quotidien, l'indice de conversion alimentaire, la morphologie intestinale et l'habillage de la carcasse ont été positivement affectés par les traitements CP-WhP par rapport au régime témoin. En outre, les traitements CP-WhP ont augmenté de manière significative les protéines totales, les niveaux de calcium et de fer,

l'excrétion fécale de cholestérol, la capacité totale d'antioxydants, la superoxyde dismutase et la catalase dans différents tissus et ont significativement diminué le cholestérol total, les triglycérides et le glucose dans le sérum sanguin. Ces changements ont été associés à une diminution du facteur de nécrose des tumeurs sanguines alpha, de la peroxydation lipidique et des protéines carbonyle dans les tissus du lapin. Les additifs séparément et en particulier dans le mélange peuvent améliorer les performances de production, le profil protéique, la fonction intestinale, l'immunité et l'activité antioxydante, en réduisant la peroxydation lipidique, le médiateur inflammatoire essentiel et les résidus protéiques-carbonyles des lapins en croissance. Ces résultats suggèrent que la supplémentation alimentaire CP-WhP fournit de nouvelles informations sur une variété de mélanges de composés bioactifs avec différents modes d'action bénéfiques.

2.7. EN APICULTURE

Vrabie et al, 2020 : les caractéristiques de la nutrition protéique et des besoins en protéines des abeilles domestiques doivent être prises en compte, étant donné que les abeilles sont des insectes sociaux, et doivent être examinées à trois niveaux : la nutrition de la colonie d'abeilles ; nutrition des abeilles adultes; nutrition larvaire, puisque les perturbations de la nutrition protéique aux stades précédents du développement affectent les stades suivants et vice versa. La teneur en acides aminés libres des principales sources de protéines, le pollen, la gelée royale de pain d'abeille, ainsi que la teneur en acides aminés de certains additifs protéiques d'abeille et du lactosérum ont été examinées. La qualité de l'alimentation protéique naturelle des abeilles, qui doit être évaluée, dépend de la teneur en acides aminés essentiels, en particulier la leucine, l'isoleucine et la valine. Lors du remplacement de la nourriture protéique naturelle des colonies d'abeilles, par d'autres additifs et substituts protéiques, il est nécessaire de considérer la teneur en protéines et en acides aminés essentiels, ainsi que le rapport lysine/arginine, comme indice de la qualité de la protéine et de l'additif protéique. respectivement.

2.8. EN PISCICULTURE

Abdel-Tawwab et Abbas, 2016 : cette étude a été menée comme un essai d'utilisation de la farine de lactosérum sec (DWM) comme substitut de la farine de poisson (FM) dans les régimes alimentaires pratiques pour le tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*. Des groupes de poissons en triple ont été nourris avec cinq régimes isoazotés (30,2 %) et isolipidiques (6,9

%). Le régime témoin (D1) utilisait FM comme seule source de protéines. Dans les quatre autres régimes (D2-D5), la protéine FM a été remplacée par 25, 50, 75 ou 100 % de DWM. Les poissons ($3,5 \pm 0,1$ g) ont été stockés à raison de 20 poissons par aquarium de 100 L et ont reçu l'un des régimes testés jusqu'à satiété deux fois par jour pendant 12 semaines. La croissance des poissons, l'utilisation des aliments, le taux d'efficacité des protéines, l'utilisation apparente des protéines et l'utilisation de l'énergie pour les poissons nourris avec des régimes DWM jusqu'à 75 % de MG (D2–D4) avaient tendance à être plus élevés, mais n'étaient pas statistiquement différents du régime témoin. Aucun effet significatif du régime alimentaire n'a été constaté sur l'humidité corporelle totale, les protéines brutes et la teneur totale en cendres. La teneur en lipides du corps entier chez les poissons nourris avec le régime 100 % DWM (D5) était significativement plus élevée que celle des poissons nourris avec le régime témoin. Le niveau de remplacement optimal de FM par DWM a été estimé par régression polynomiale du second ordre à 62,5 %.

Mehrüm et al, 2017 : en raison de leur valeur nutritive et de leur fonctionnalité, les protéines de lactosérum ont été utilisées dans de nombreuses applications alimentaires. L'efficacité de l'ajout de différents niveaux (0, 5, 10 et 20 g·kg⁻¹ alimentation) de poudre de concentré de protéines de lactosérum (WPCP) a été abordée sur les performances de croissance, l'utilisation des aliments et le système immunitaire réponses des alevins d'*Oreochromis niloticus* dans l'étude actuelle pendant 8 semaines. Une augmentation significative a été observée dans la performance de croissance poids, gain de poids total, gain quotidien moyen, taux de croissance relatif et taux de croissance spécifique), l'utilisation des aliments (taux de conversion alimentaire, protéines ratio d'efficacité, valeur productive des protéines et utilisation de l'énergie), et les paramètres de composition corporelle totale (matière sèche et protéines brutes). Ces niveaux ont également amélioré de manière significative les paramètres hématologiques (hémoglobine, globules rouges, hématocrite et plaquettes), et les indicateurs de réponses immunitaires (globules blancs, lymphocytes et sérum immunoglobuline M) des alevins de *O. niloticus*. Partiellement, dans tous les tests paramètres, l'ajout du haut niveau 20g WPCP kg⁻¹ le régime a montré une supériorité remarquable parmi les autres niveaux. Remarquablement, l'utilisation bénéfique de WPCP au niveau de 20 g kg⁻¹ le régime s'est avéré être une croissance prometteuse promoteur et agent immunostimulant pour les alevins d'*O. niloticus*, et peut en retour, augmenter la productivité, la santé et la rentabilité des piscicultures.

Amer et al, 2019 : bien que la farine de poisson soit considérée comme la principale source de protéines animales dans l'alimentation des poissons, son coût élevé et son indisponibilité limitent son utilisation dans l'alimentation aquacole. Récemment, la recherche d'autres substituts de haute qualité de la farine de poisson dans les aliments aquatiques est menée avec une attention accrue. Cependant, très peu d'enquêtes ont été réalisées pour évaluer l'utilisation possible de concentré de protéines de lactosérum (WPC) dans les aliments pour tilapia du Nil. Cinq pourcentages de remplacement de la farine de poisson par du WPC (0 %, 13,8 %, 27,7 %, 41,6 % et 55,5 %) ont été évalués. Le WPC pourrait remplacer la farine de poisson dans les régimes alimentaires du tilapia du Nil jusqu'à 27,7 %, en améliorant la santé intestinale, le poids total des poissons de survie et le statut immunitaire des poissons défiés par *Aeromonas hydrophila*. Des niveaux d'inclusion élevés de WPC ne sont pas recommandés dans les régimes alimentaires des poissons, car ils affectent négativement les tissus intestinaux et hépatiques et augmentent le niveau d'apoptose cellulaire, comme l'indique l'activité accrue de la caspase 3.

Hanson et al, 2020 : l'hydrolysate de protéines de lactosérum (WPH) est un ingrédient fonctionnel potentiel dans les aliments pour salmonidés, en tant que source de protéines avec un mélange de peptides de longueurs de chaîne variables et d'acides aminés libres, qui possèdent des propriétés antioxydantes. Un essai d'alimentation de 12 semaines a été mené pour examiner les effets de l'inclusion de faibles niveaux de WPH dans les régimes alimentaires de l'omble chevalier et son effet sur les performances de croissance, l'apport alimentaire et les indicateurs oxydatifs. Six régimes alimentaires pour salmonidés ont été formulés pour contenir du WPH à des niveaux d'inclusion de : 0,0, 1,0, 5,1, 10,1, 25,5 ou 51,0 g/kg. La farine de poisson a été incluse dans les régimes alimentaires à un niveau de 81,6 g/kg et l'huile de poisson à 51,0 g/kg. Les rations ont été données à des ombles chevaliers (poids moyen : 34,1 g ; 30 poissons / bac de 130 l ; 3 bacs / traitement). Il n'y avait pas de différences significatives dans le poids corporel global, le gain de poids, la consommation d'aliments, le taux de conversion alimentaire, le taux d'efficacité protéique, le taux de croissance spécifique, la longueur à la fourche, l'indice viscéromatique ou l'indice hépatosomatique des poissons nourris avec les régimes expérimentaux, et il n'y avait pas non plus de différence linéaire significative. ou des effets quadratiques liés au niveau d'inclusion de WPH. Il n'y avait pas non plus de différences significatives entre les traitements pour les substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS) ou le pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP) dans les échantillons de foie. Bien qu'il n'y ait pas eu de différences

significatives dans les performances de croissance et la capacité antioxydante à la suite de l'inclusion de WPH, les résultats biologiques, en particulier à 5,1 g / kg de WPH, justifient une étude plus approfondie pour évaluer pleinement le potentiel de WPH lorsque le stress oxydatif est induit. Les avantages du niveau d'inclusion alimentaire de 5,1 g/kg WPH dans des conditions normales comprennent un gain de poids et une consommation d'aliments supérieurs de 9 %, des valeurs TBARS inférieures et l'induction de mécanismes de stress oxydatif. D'après les seuls résultats de performance de croissance, cependant, il semble que le WPH soit une source de protéines efficace à des niveaux d'inclusion alimentaire allant jusqu'à 51,0 g/kg pour l'omble chevalier juvénile.

Ahmed-El-Sayed et al, 2021 : le remplacement de la farine de poisson (MF) par de nouvelles sources de protéines rentables devient un besoin impératif pour maintenir le développement continu et durable de l'aquaculture. Par conséquent, la présente étude a examiné l'effet de la substitution FM par la protéine de lactosérum (WP) sur la croissance, l'utilisation des aliments, l'immunité non spécifique, les fonctions hépatique et rénale et l'état histologique intestinal du bar européen, *Dicentrarchus labrax*, juvéniles. Un total de 300 juvéniles de bar ($62,12 \pm 0,40$ g) ont été répartis en cinq traitements (trois répétitions chacun) représentant 0 %, 15 %, 30 %, 45 % et 60 % de substitution FM par WP. Les poissons ont été élevés dans des cages en filet hapa (volume d'eau 0,8 m) et nourris avec les régimes expérimentaux pendant 10 semaines. Les résultats ont révélé que le WP pouvait remplacer jusqu'à 45 % de la FM alimentaire sans compromettre la croissance, l'utilisation des aliments et la survie. Cependant, l'augmentation du niveau de substitution jusqu'à 60% a considérablement réduit tous les critères de performance du bar. La réponse du bar au remplacement de FM par WP en termes de gain de poids suit un modèle de régression polynomiale avec $R^2 = 0,7695$. Les niveaux d'immunoglobulines totales et de complément 3 dans le plasma du bar se sont significativement améliorés avec un niveau de substitution qui variait entre 15% et 30% de FM. Les enzymes de la fonction hépatique et les indicateurs de la fonction rénale ont remarquablement augmenté avec l'augmentation des niveaux d'incorporation de WP. L'étude histologique de l'intestin du bar et des tissus hépatiques a indiqué une augmentation des signes histopathologiques avec des niveaux élevés de substitution FM par WP. En conclusion, le WP pourrait remplacer jusqu'à 45% des MF alimentaires dans l'alimentation des juvéniles de bar européen sans compromettre la croissance et les performances physiologiques.

CONCLUSION

La filière lait en Algérie se trouve actuellement dans une phase critique, face à une production locale insuffisante, aggravée par un taux de collecte très faible et une augmentation des prix de la matière première sur les marchés internationaux. La production laitière en Algérie régulièrement croissante depuis les années 80 est très faiblement intégrée à la production industrielle des laits et dérivés. La production laitière nationale s'est stabilisée autour de 1 milliard de litres jusqu'à l'année 1997. Cependant le taux d'intégration, qui correspond à la part du lait collecté dans les quantités totales produites, reste très faible, inférieur à 10% (Bencharif, 2001).

La présente étude est de proposer le lactosérum comme prébiotique « ou additif zootechnique » pouvant jouer le rôle de facteur de croissance, facteur du bien-être et de santé, dans nos exploitations (bovin, ovin, volaille, lapin, ...). Un tel verdict sera renforcé par la disponibilité de preuves scientifiques et commerciales solides, et notamment de l'investissement par les pouvoirs publics du dit « petit lait », qui présente 90% du lait cru produit localement et industrialisé, dans des conditions difficiles et sous la tutelle de l'état Algérien, à travers l'encouragement financier à la production et à la collecte. Ce produit (vaut mieux dire) est très simplement jeté dans les égouts sans même penser à ses valeurs nutritionnelle et économique gaspillées.

Tant qu'il y a eu du lait cru produit, le lactosérum sous-estimé, peut fournir une source forte de devises si recyclé et correctement exploité sous ces diverses formes ; liquide, concentré ou poudre. Car le lactosérum représente une ressource monétaire estimée à des milliards de dollars si l'on suppose que le prix d'une tonne vaut 1 mille euro (son cours dans le marché mondial), il peut effectivement alléger les factures d'importation de diverses matières premières telles que la poudre de lait.

Pour réfléchir à industrialiser le lactosérum dans nos régions, il sera important de prendre en compte les preuves relatives au contrôle de sa qualité, aux formulations scientifiquement normalisées et également à la manière dont une étude particulière se rapporte à des secteurs d'élevage et à une étape de production spécifiques.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelhalim I, 2015. Les additifs alimentaires utilisés en alimentation animale en Algérie. Mémoire de Master académique en nutrition animale et produits animaux. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. 67p
 2. Abdel-Tawwab M et Abbas FE, 2016. Farine de lactosérum sec comme source de protéines dans les régimes alimentaires pratiques pour les alevins de tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*. <https://doi.org/10.1080/10454438.2016.1215686>
 3. Aboiron J et Hameury E, 2004. Additifs alimentaires : les lécithines : 31p. Université Paris. Val de Marne. RESUME Février 2004.
 4. Abu-Dieyeh ZHM ; Al-Dabbas FM et Al-Dalain SYA, 2007. Effet de la consommation de Labaneh Whey sur les performances de croissance des poulets de chair. *International journal of poultry science* 6 (11) : 842-845, 2007. ISSN 1682-8356
 5. Adrian J, 1971. A propos des poudres de lait et des lacto protéines levures. *Industrie of Alimentation and Agricultural*. Vol. 88, pp 1607
 6. Adrian J, Legrand G et Frangne R, 1991. Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. Tec et doc. Lavoisier. 3ème édition : 116p.
 7. AFSSA, 2006. « Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments » . Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine. 232p.
 8. Ahmed Elsayed Sallam ; Mohamed MM. El-feky ; Abdallah Tageldein Mansour, 2021. Potential use of whey protein as a partial substitute of fishmeal on growth performance, non-specific immunity and gut histological status of juvenile European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture Research*. 2021; 00 :1–15. wileyonlinelibrary.com/journal/are © 2021 John Wiley & Son Ltd.
 9. Amandine O, 2017. utilisation des algues dans les compléments alimentaires HAL ID : dumas-01454889,p47
 10. Amer S ; OsmA, Naif A; Al-Gabri, Shafika A ; M. Elsayed ; Ghada I ; Abd El-Rahman, Elabbasy MT ; Ahmed SAA and Ibrahim Amer RE, 2019. The Effect of Dietary Replacement of Fish Meal with Whey Protein Concentrate on the Growth Performance, Fish Health, and Immune Status of Nile
-

- Tilapia Fingerlings, *Oreochromis niloticus*. *Animals* 2019, 9, 1003; doi:10.3390/ani9121003
11. Atallah AA; Osman A; Sitohy M; Gemiel DG; El-Garhy OH; Azab IHE; Fahim NH; Abdelmoniem AM; Mehana AE; Imbabi TA, 2021. Physiological Performance of Rabbits Administered Buffalo Milk Yogurts Enriched with Whey Protein Concentrate, Calcium Caseinate or *Spirulina platensis*. *Foods* 2021,10,2493. <https://doi.org/10.3390/foods10102493>
 12. Auliffe MKW, Scotter DR, Macgregor AN, Earl KW, 1982. Casein whey Waste water effects on soil permeability. *Journal of Environmental Quality*, 11 : 31 -34
 13. Baghli M, 2021. Etude comparative : valorisation du lactosérum comme sous- produit de l'industrie laitière Mémoire page 1-72 P Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.
 14. Bardy S, Bentz M, Bussière T, Chatras J, Fontaine L, Gaugler M, Lechat A, Leugronne O et Fick M, 2016. Valorisation du lactosérum. Rapport de projet. Université de lorraine, ENSAIA, Vandœuvre-lès-Nancy France.
 15. Bencharif A, 2001. Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: état des lieux et problématiques. In : Padilla M., Ben Saïd T., Hassainya J., Le Grusse P. (eds). Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée : état des lieux, problématique et méthodologie pour la recherche. CIHEAM Options Méditer. Sér. B, 32 : 25-45
 16. Benghida T, 2021. Situation de la filière lait en Algérie. Mémoire en vue de l'obtention du mémoire de Master en production et transformation laitière. Département d'écologie et génie de l'environnement. 37p.
 17. Bensalama A, 2016. Le lait et le lactosérum Mémoire page1-51P. Université Mohamed KHIDER-BISKRA
 18. Benyelles E , Bestaoui I, 2018. Evaluation des additifs alimentaires utilisés dans les boissons gazeuses et de l'état de connaissance des consommateurs dans la région de Tlemcen Mémoire p1-154 Université ABOU BEKR BELKAÏD
 19. Bergel AB, Quinquis P, Renault A, Sorokin SD, Ehrlich S, Kulakauskas A, Lapidus E, Goltzman M. Mazur GD, Pusch M, Fonstein R, Overbeek N, Kyprides B, Purnelle D, Prozzi K, Ngui D, Masuy F, Hancy S, Burteau M, Boutry J, Delcour A, Goffeau et Hols P, 2004. Complète séquence and comparative génome analysis of the dairy bacterium *Streptococcus thermophilus*. *Nat. Biotechnol.* 22: 1554-1558.
-

20. Bernardeau M, Vernoux JP, 2009. Utilisation des probiotiques en alimentation porcine et avicole. 9^{ème} journée productions porcines et avicoles - 2009. p62-71
 21. Berrocal R, 2000. Le lait aliment de santé. Résumés des conférences. INPL, pp : 1-14.
 22. Bilal T et Altiner A, 2017. Peynir Altı Suyunun İnsan ve Hayvanlarda Metabolizma Üzerindeki Etkileri « Effets du lactosérum sur le métabolisme chez les humains et les animaux ». Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi Journal of Bahri Dagdas Animal Research 6 (1):29-42, 2017 ISSN: 2148-3213, www.arastirma.tarim.gov.tr/bahridagdas
 23. Botofonja GK, 1994. Étude de l'activité acidifiante de *Streptococcus salivarius thermophilus* et *Lactobacillus delbrückii ssp bulgaricus* et croissance d'un ferment lactique sur lactosérum. Mémoire d'ingénieur en technologie des industries agro-alimentaires, INA, El-Harrach. Alger, 90p.
 24. Boudier K et Botofon K, 1979. Etude de l'activité acidifiante de *Streptococcus salivarius thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* croissance d'un ferment lactique sur lactosérum. Mémoire d'ingénieur en technologie des industries agro-alimentaires, INA, El- Harrach. Alger, 90p.
 25. Boudier K et Luquet N, 1980. Le lait source d'ingrédients performant et versatiles journal of agriculture food , Canada . 1233 - 1246.
 26. Boudier JF et Luquet F, 1981. Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale ; PARIS. APRIA, 1980. Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires. S4/6092-6094.
 27. Boudry C, Maquet P, Montfort E, 2012. Le lactosérum en alimentation porcine. Essentiel du Porc n° 19- FPW ASBI. 21-24p.
 28. Casper DP and Schingoethe DJ, 1986. Evaluation of Urea and dried Whey in Diets of Cows During Early Lactation. Dairy Science Department. J Dairy Sci 69 : 1346 – 1354.
 29. Chemma N, 2017. La dépendance laitière : Où en est l'Algérie ? Revue d'Etudes en Management et Finance d'Organisation N°5 Juillet 2017.
 30. CNIS, 2017. « Centre National de l'Information et des Statistiques » : Statistiques du commerce extérieur de l'Algérie. Ministère des finances. Direction générale des Douanes.
-

31. CNRS, 2022. « Centre National de la Recherche Scientifique ». <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/ecosys/eutrophisat.html>
 32. Cuevas-Gómez AP ; Arroyo-Maya IJ ; Sánchez HH, 2021. Use of α -Lactalbumin [α -La] from Whey as a Vehicle for Bioactive Compounds in Food Technology and Pharmaceutics: A Review. Open Access. *Recent Progress in Materials 2021*; 3(2), *doi:10.21926/rpm.2102027*
 33. Dahache N et Messaudi T, 2019. Valorisation du lactosérum par incorporation dans des produits laitiers Mémoire page 1-91P Université Aklimohand Oulhadj-BOUIRA.
 34. Demmad A, 2021. 03 Développement de la filière lait : Contraintes et perspectives ». EL MOUDJAHID, économie n°17293.
 35. De-Witt JN, 2001. Manuel de l'Enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1e édi., European Whey Products Association, Bruxelles, Belgique, 2001.
 36. DGCCRF, 2020. « Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes ». Additif pour l'alimentation animale. https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/documentation/fiches_pratiques/fiches/additifs-alimentation-animale.pdf?v=1639737073
 37. DSA M'Sila. « Direction de Services Agricoles ». Bilans agricoles : Production Laitière.
 38. El-Sayed El-Tanboly, Mahmoud El-Hofi, Khorshid, 2017. Journal of Nutritional Health & Food Engineering. Recovery of cheese whey, a by-product from the dairy industry for use as an animal feed. *J Nutr Health Food Eng.* 2017; 6 (5):148–154. p148-154
 39. El-Shewy AA, 2016. Review article: whey as a foof ingredient for lactationg cattle. *Science International.*, 4(3): 80-85. DOI: 10.17311/sciintl.2016.80.85
 40. Elatyqy M, 2011. Qualité et sécurité des aliments : les outils qualité, Maroc
 41. EWPA, 2020. “European Whey Products Association”. Whey in animal nutrition: A valuable ingredient. EWPA task force feed. 20p.
 42. Fallah R, 2016. Productive performance, carcass trait and blood parameters of broiler chickens fed different levels of dried whey and protexin probiotic. *Corpus ID: 38943442*.
 43. FAO et OMS, 1999. *Étiquetage des denrées alimentaires*, Rome, FAO c/o Lavoisier, 1999 (ISBN 978-92-5-204142-9, présentation en ligne [archive], lire en
-

- ligne [archive]), Norme générale codex pour l'étiquetage des additifs alimentaires vendu en tant que tels. <https://www.fao.org/3/W8612F/W8612f00.htm>
44. FAO, 1995. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Vol 28, Col FAO, alimentation et nutrition, P : 271.
 45. Fevrier A et Aumaitre C, 1978. Lactosérum sec dans l'alimentation du porc. II. Adaptation et conséquences sur la croissance et l'efficacité alimentaire. Ann. Zootech., 1978, 27 (4), 471-494.
 46. Fokkink WB ; Hill TM ; Aldrich JM ; Bateman HG and Schlotterbeck RL, 2009. Effect of Yearst Culture, Fatty Acids, Whey, and a Peptide Source on Dairy Calf Performance. *Animal science: Volume 25, issue 6, P794-800, December 01, 2009.*
 47. Foughali AA ; H Ziam ; S. Agag ; B. Medrouh ; R. Elgroud, 2019. Caractérisation des exploitations laitières dans trois communes de Constantine, à l'Est Algérien. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2019) 7(3): 426-432*
 48. FranceAgrimer, 2013. Le marché mondial du lactoserum. Les synthèses de FranceAgriMer. N°02, Septembre 2013. ÉLEVAGE/LAIT. 12p
 49. Futura-Science, 2022. -Science- Zéolithe : Qu'est-ce que c'est ?
 50. Gana S et Touzi A, 2001. Valorisation du lactosérum par production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue .Rev . Energ .Ren : production et valorisation –Biomasse, 5158.
 51. Ghabbane, 2011.
https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_M%27Sila#/media/Fichier:M'sila_administrative.svg
 52. Giannenas I, Bonos E, Christaki E, Florou-Paneri P, 2013. Les huiles essentielles et leurs applications en nutrition animale. *Plantes médicinales et aromatiques. 2: 140-152.*
 53. Gonzalez Siso MI, 1996. The biotechnological utilization of cheese whey : à review. *Bioresource Technology, 57, 1 : 1-11.*
 54. Gribissa T et Aklouat H, 2015. Essais d'optimisation de la Production d'acide lactique sur lactosérum doux par la souche streptococcus thermophilus isolée du yaourt Mémoire page 1-83 Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
<https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/129342/1/Lactoserum%20Boudry.pdf>
-

55. Guirguis N ; Brosnahan C et Hickey MW, 1993. Whey Disposal: Recovery of Nutrients for Animal Feeding. *Water Science and Technology*; London Vol. 27, N° 1, (Jan 1993): 149-157.
 56. Hanson CC ; Udechukwu MC ; Mohan A ; Anderson DM ; Udenigwe CC ; Colombo SM et Collins SA, 2020. Whey protein hydrolysate as a multi-functional ingredient in diets for Arctic charr : Effect on growth response and hepatic antioxidative status. *Animal Feed Science and Technology. Volume 270, December 2020, 114698.*
 57. Hassan AA ; Gibril S et Sabahelkhier MK, 2014. Effect of different concentration of acid whey in drinking water on rabbit performance. *International journal of advanced research (2014), Volume 2, Issue 2, 996-999.*
 58. Hilmi M, Prastujati UA, Khusnah A, Khirzin MH and Yannuarista D, 2020. Influence of Adding Fermented Whey Cheese into Drinking Water of Laying Hens. *J. World Poult. Res.*, 10 (1): 81-86. DOI: <https://dx.doi.org/10.36380/jwpr.2020.11>
 59. Huber JT ; Polan CE & Rosser RA, 1967. Effect of whey on milk composition and rumen volatile fatty acids in restricted-roughage rations. *J. Dairy Sci.* 1967, 50, 687-691.
 60. Ibrahim D, Abdallah E. Metwally and Safaa I. Khater, 2015. Supplementation of Whey Protein Concentrates and Creatine Monohydrate to Broiler Diet: Effects on Performance, Molecular Regulation of Muscle Building, Carcass Characteristics and Oxidative Status. *Global Veterinaria*, 15 (4): 423-432, 2015. DOI: [10.5829/idosi.gv.2015.15.04.10199](https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2015.15.04.10199)
 61. Imadalou S, 2020. La rescousse de la Filière lait en Algérie : « Choix politicien ou simple Pis- Aller ». EL WATAN, Édition économie.
 62. Jouan P, 2002. Lactoprotéines et lactopeptides : propriétés biologiques, INRA-Quae éditions.
 63. Kanza ; Majid Majeed ; aycha sameen ; muhammad usman khan; mohammad ali shariat; vesna karapetkovska-hristova, 2017. Impact of cheese pretein on growth performance of broiler : an approach of cheese whey utilization in poultry feed. *JMBFS "Journal of Microbiology, Biotechnologie and Food Sciences"* : 6(4) 1117-1120.
 64. Khani M ; Toghyani M et Fouroughi M, 2015. Effect of different dietary levels of acid whey powder on growth performance and immune responses of broiler chicks.
-

*International Journal of Poultry Science. Volume: 14. Issue: 2. Page No.: 67-71.
DOI: 10.3923/ijps.2015.67.71*

65. Kishawy ATY; Shimaa A.Amer; Ali Osman ; Shafika AM ; Elsayed Mohamed E.Abd El-Hack ; Ayman A.Swelum ; Hani Ba-Awadh and Islam M.Saadeldin, 2018. Impacts of supplementing growing rabbit diets with whey powder and citric acid on growth performance, nutrient digestibility, meat and bone analysis, and gut health. *AMB Expr (2018) 8:86. Original article*
 66. Kosikowski FV& Wzorek W, 1977. Whey wine from concentrates of reconstituted acid whey powder. *Journal of Dairy Science, 60(12), 1982-1986.*
 67. Laplanche J, 2004. Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. *Revue suisse Agric., 36(5), p: 220-224.*
 68. Lebas F (2010). Additifs alimentaires et maîtrise sanitaire d'un élevage de lapin. Session de formation. *ASFC 1^{er} Juin 2010-Paris 36p*
 69. Linden G et Lorient D, 1994. Biochimie agro industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole Masson Paris Milan Barcelone.
 70. Lupo CR ; Fabiola Cristine de Almeida Rego Grecco ; Josiane Ito Eleodoro ; Luiz Fernando Coelho Cunha Filho ; Camila Cano Serafim ; Joice Sifuentes dos Santos ; Agostinho Ludovico ; Mariana Ferreira de Almeida ; Marilice Zundt ; Julia Volpato Garrido & Camila Hernandes, 2019. Viability of the use of bovine milk whey at lamb finishing: performance, carcass, and meat parameters, *Journal of Applied Animal Research, 47:1, 449-453, DOI: 10.1080/09712119.2019.1653302.*
<https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1653302>
 71. Luquet FM, 1990. Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, Tomes 2 : les produits, transformation et technologie. Lavoisier, Tec & Doc, 1990, 658p. (ISBN 978-2-85206-587-1).
 72. Majewska T ; Krzysztof Pudyszak ; Krzysztof Kozłowski ; Krzysztof Bohdziewicz ; Paulius Matusėvičius, 2009. Whey And Lactic Acid in Broiler Chickens Nutrition. *ISSN 1392-2130. Veterinarija Ir Zootechnika (Vet Med Zoot). T. 47 (69). 2009.*
 73. Mamine F ; M'hand F ; Duteurtre G ; Madani T, 2021. Régulation du secteur laitier en Algérie entre sécurité alimentaire et développement d'une production locale :
-

- synthèse. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 2021, 74 (2) : 73-81
74. Marwaha SS et Kennedy JF, 1988. Whey pollution problem and potential utilization. *International Journal of Food Science & Technology*, 23 (4), 323-336.
75. Masoero G ; Auxilia MT ; Caroppo S ; Toppino PM, 2012. Lactic bacteria in feeding growing rabbits with supplementation of dried whey. *From the journal Annali dell'Istituto Sperimentale per la Zootechnia, Rome. Vol 3 ISSN : 0365-3498*
76. Mehrim AI ; Mohamed M. Refaey and Osama A. Zenhom, 2017. Whey protein concentrate powder as a growth promoter and an immunostimulant agent for *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 1017)1033.
77. Membrez Y et Fruteau De-Laclos H, 2004. Énergie à partir de petit-lait. Comparaison des filières biogaz et bioéthanol, N° 100203, p 15-103.
78. Mereo M, 1971. Les utilisations industrielles du sérum de fromagerie. ind, agro-alim, pp : 817-823.
79. Meribai A ; M. Ouarkoub ; A. Bensoltane, 2016. La problématique de la production et d'importation du lait en Algérie : état des lieux, aspects déficitaires et perspectives. *Bibliographic review. Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 35(7), 1986-1992
80. Mohammad RH et Chakrabarti R, 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture. Food and agriculture organization of the united nations Rome, FAO 2009. 135p. <https://www.fao.org/3/i1141e/i1141e.pdf>
81. Moletta R, 2002. Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc; 600p.
82. Morel I ; Jean-Luc Oberson ; Silvio Guggiari et Pierre-Alain Dufey, 2016. Bovins à viande nourris au petit-lait à l'alpage: performances et comportement d'ingestion. *Recherche Agronomique Suisse* 7 (1): 12–21, 2016.
83. Morr CV et Ha EYW, 1993. Whey protein concentrates and isolate :processing and Functional properties .*Critical reviews in food science and nutrition*, 33 (6) Pp431-476.
-

84. Muller A et al, 2003. Bernard CH, Uzi E, Georges D, 2003. Prepurification of alpha actalbumine with UF ceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions. *Lait* 83 (2003), 111-129.
 85. Omara II, 2012. Nutritive value of skimmed milk and whey, added as natural probiotics in broiler diets. *Egyptian J. anim. Prod.* (2012) 49 (2) : 207-217.
 86. Omar S and Sabry S, 1991. Microbial biomass and protein production from whey. *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 4:2, 170-172, 1991.
 87. OMS, 2018. Additifs alimentaires.
<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/food-additives#:~:text=Les%20additifs%20alimentaires%20sont%20des,humaine%20a vant%20de%20les%20utiliser>.
 88. ONIL, 2019. « Office National Interprofessionnel du Lait » : Statistiques.
 89. Ouachem D, Soltane M et Abbas K, 2005. L'argile améliore la croissance des ovins. *Renc. Rech. Ruminants*, 2005, 12.
http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2005_alimentation_conduite_22_ouachem.pdf
 90. Özüretmen S ; H. Özelçam and HH. İpçak, 2022. Effects of whey powder on fermentation quality, nutritive value, and digestibility of alfalfa silage. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 30, 1, 2022, 65–72
 91. Petillot F, 1976. Prévention et lutte contre les pollutions et nuisances des laiteries-fromageries. 102 p. Paris, Ministère de la qualité de la vie.
 92. Pineda-Quiroga C ; A. Camarinha-Silva ; D. Borda-Molina ; R. Atxaerandio ; R. Ruiz1 and A. García-Rodríguez, 2017. Feeding broilers with dry whey powder and whey protein concentrate affected productive performance, ileal digestibility of nutrients and cecal microbiota community . *Animal* (2018), 12:4, pp 692–700 © *The Animal Consortium* 2017.
 93. Poget-Ramscier C, 1993. Production d'acide lactique et acétique en vue d'une valorisation industrielle du petit lait et de son permeat par fermentation. Thèse de doctorat, école polytechnique fédérale de Lausanne.
 94. Poliquit AR and Serena L. Sanche, 2013. Performance of Growing Lambs as Influenced by Liquid Acid Whey Supplementation. *Annals of Tropical Research* 35[1]:61-73(2013) © VSU, Leyte, Philippines
-

95. Proot J, 2001. Les technologies propres appliquées aux industries agroalimentaires. PDF ARIST Bourgogne, 05.
 96. Rtibi K; Marzouki K ; Salhi A and Sebai H, 2021. Dietary Supplementation of Carob and Whey Modulates Gut Morphology, Hemato-Biochemical Indices, and Antioxidant Biomarkers in Rabbits. *Journal of Medicinal Food*. Vol. 24, NO. 10 I.
 97. Saad A, 2011. Influence du changement climatique et des conditions extrêmes sur les massifs fractures, rôle des fluides dans leur processus d'altération. Thèse de doctorat en Géotechniques. Université PARIS-EST. 285p.
 98. Samah I, 2018. Détermination et identification des bactéries lactique dans le latosérum issu du processus de fabrication du fromage (camembert)à base de laits de vaches Mémoire page 1-51P Université ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM
 99. Schingoethe DJ. Stake PE. & Owens MJ, 1973. Whey components in restricted- roughage rations, milk composition, and rumen volatile fatty acids. *J. Dairy Sci.*, 56(7): 909–914.
 100. Schingoethe DJ, 1975. Our industry today : whey Utilization in Animal Feeding: A Summary and Evaluation 1 . *Journal for Dairy Science Vol. 59, No. 3. 70th Annual Meeting of the American Dairy Science Association, Manhattan, KS, June 23, 1975.*
 101. Schuck P ; Bouhallab S ; Durupt D ; Vareille P ; Humbert JP et Marin M, 2004. Revue : Séchage des lactosérums et dérivés : rôle du lactose et de la dynamique de l'eau. *Lait* 84 (2004) 243-268. INRA, EDP Sciences. DOI : 10.1051/lait :2004007.
 102. Sebhi S, 1987. Mutation du monde rural Algérien. Alger: Éditions le Hodna OPU.
 103. Settouti WS et Beggar A, 2017. Essai d'incorporation de lactosérum en poudre dans la fabrication du fromage fondu Mémoire page 1-73 P Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
 104. Shariatmadari R et Forbes JM, 2005. Performance of broiler chickens given whey in the food and/or drinking water. *British poultry science* volume 46, number 4 (august 2005), pp. 498-505.
 105. Sottiez P, 1990. Produit dérivés des fabrication fromagères, lait et produit laitiers, Tome 2. Ed: Lavoisier, Paris pp 357-392.
 106. SYNPA, 2014. Revue « En savoir plus », 3^{ème} trimestre. Les additifs pour l'alimentation animale. Paris.
-

107. TPPS, 1995. « Tetra Pack Processing System » . Manuel de transformation du lait, Suède : 442P
 108. Thivend P, 2007. Use of whey in feeding ruminants with particular reference to pollution problems. Corpus ID: 21914871. <https://www.semanticscholar.org/paper/Use-of-whey-in-feeding-ruminants-with-particular-to-Thivend/190b943afe9415f0f69a858f584d65fd766532d6#citing-papers>
 109. Toullec R, Paruelle J, Coroller JY et Le-Trkut JH, 1977. Utilisation digestive par le veau prè-ruminant de laits de remplacement contenant de l'ultrafiltrat de lactosérum comme seule source de lactose.
 110. Tsiouris V ; E. Economou ; T. Lazou ; I. Georgopoulou ; and E. Sossidou, 2019. The role of whey on the performance and campylobacteriosis in broiler chicks. *Poultry Science* 98:236–243
 111. Tsiouris V ; Michael G Kontominas ; Giorgos Filioussis ; Sofia Chalvatzi ; Ilias Giannenas ; Georgios Papadopoulos ; Konstantinos Koutoulis ; Paschalis Fortomaris and Ioanna Georgopoulou, 2020. The Effect of Whey on Performance, Gut Health and Bone Morphology Parameters in Broiler Chicks. *Foods* 2020, 9, 588; doi:10.3390/foods9050588
 112. Vrabie V ; Derjanschi V, Ciochina V, 2020. Biochemical features of protein nutrition of honey bees. *Valeria scientific Papers. Series D. Animal Science. Vol. LXIII, No. 1, 2020. ISSN 2285-5750; ISSN CD-ROM 2285-5769; ISSN Online 2393-2260; ISSN-L 2285-5750*
 113. Visser RA, Nan-Den-Bos MJ et Ferguson WP, 1988. Lactose and it chemical Derivates. *Bults of I.D.F, n°233, pp:33-44.*
 114. Vrignaud Y, 1983. Valorisation du lactosérum, une longue histoire revue laitière Française n 422, pp : 41-46 .
 115. WGO, 2011. « World Gastroenterology Organization ». Probiotiques et Prébiotiques. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines. Octobre 2011. 28p. <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-french-2011.pdf>
 116. Woo A, 2002. La grande diversité du lactosérum. Agriculture et agroalimentaire, Canada, p3-13.
-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

117. Yang ST, Tang IC et Zhu H, 1992. A novel fermentation process for calcium magnesium acetate (CMA) production from cheese whey. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 34, 35 : 569 - 583.
118. Yang J et Silva K, 1995. Biotechnological Production of lactic Acid and Its Recent Application. *Biochem. Biotechnol.*, 1-10.