

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

N° d'ordre : 031/PFE/2025

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Docteur Vétérinaire

THÈME

**Impact de l'alimentation sur la production laitière
Etude bibliographique**

Présenté par : **ZAHOUI IBTISSEM**

Soutenu publiquement, le 30 juin 2025

Devant le jury :

| | | |
|------------------------|------------|-------------|
| BOUHAMED Radia | MCA | Président |
| BOUAYAD Leila | Professeur | Promotrice |
| ZAOUANI Mohamed | Professeur | Examinateur |

Année universitaire 2024-2025

DÉDICACE :

À tous ceux qui me sont chers, ceux à qui je dois mon succès :

À notre Seigneur, Dieu Tout-Puissant, merci de m'avoir donné la vie, la foi, et d'avoir exaucé mes prières pour que je puisse arriver jusqu'ici.

À celui qui m'a dit un jour que j'étais la prunelle de ses yeux, et qui voyait dans mon plus simple succès la plus grande des réalisations. À l'homme qui a fait de moi celle que je suis aujourd'hui. À mon **Père**, mon modèle de respect, d'amour, de compréhension et de générosité. Grâce à toi, j'ai appris à être cette fille qui ne cesse de tout faire pour te rendre heureux et fier.

À celle dont les paroles m'accompagnent depuis l'enfance, la première **Femme Forte**, courageuse, qui a souffert sans jamais nous laisser ressentir cette douleur. Celle qui m'a appris à être forte, à poursuivre mes objectifs coûte que coûte. Celle qui a toujours cru en mes rêves, même quand les obstacles semblaient insurmontables. Mon ange gardien, ton amour et ta présence continueront d'éclairer mon chemin. **Ma Mère**, je te dédie ce travail avec tout mon amour.

À mon premier ami d'enfance, mon épaule solide, celui qui m'a appris la véritable signification de la fraternité et qui a partagé tant de moments de bonheur. Mes pensées les plus sincères s'adressent à toi, **mon frère Hamza**.

À mes précieuses confidentes, témoins de mes joies, mes peines et mes réussites : **Samah, Bouchera et Anfal**. Je n'oublierai jamais vos encouragements constants et votre soutien moral. Votre présence dans ma vie est un trésor inestimable.

À mes chères sœurs de la cité : **Amina, Feriel, Hadjer, Samah, Bouchera** merci pour l'énergie positive que vous apportez à mon existence. Votre bienveillance est gravée dans mon cœur.

À mes chers amis : **Aymen, choaibe, Tarek** votre contribution a été essentielle à cette réussite.

À mon groupe préféré **groupe 09**, merci d'avoir été l'une des plus belles expériences de ma vie.

À toutes mes amies rencontrées tout au long de mon cursus universitaire, et à toutes celles qui sont passées par C68 : vous êtes les meilleures.

À toutes les personnes formidables que j'ai croisées dans ma vie : que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux et le fruit de votre soutien inestimable.

Enfin, je me dédie ce travail, car il est temps d'y être.

IBTISSEM

REMERCLEMENT:

"At times, our own light goes out and is rekindled by a spark from another person. Each of us has cause to think with deep gratitude of those who have relit the flame within us"

Albert Schweitzer.

À l'issue de ce parcours, je ressens le besoin profond d'exprimer ma gratitude à celles et ceux qui ont été ma lumière dans les moments sombres, ma force dans les instants de doute, et mon refuge dans les tempêtes.

Je tiens tout d'abord à remercier du fond du cœur ma famille, qui m'a entourée d'un amour inconditionnel et d'un soutien indéfectible. Merci à mes parents pour les sacrifices silencieux, les encouragements constants et les valeurs qu'ils m'ont transmises : la patience, la dignité, le respect et la persévérence. Leur confiance en moi a été la boussole qui m'a guidée à travers chaque étape de ce projet.

Je remercie aussi chaleureusement, **Madame BOUAYAD Leila**, mon encadrante, pour sa disponibilité, sa confiance et ses conseils tout au long de ce travail. Son accompagnement, à la fois rigoureux et bienveillant, a grandement contribué à la qualité de ce mémoire.

Je remercie chaleureusement, **Dr BOUHAMED Radia** et **Pr ZAOUANI Mohamed** pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail

À mes amis proches, qui ont su m'écouter, m'encourager, me faire rire parfois quand je pensais ne plus en être capable : votre bienveillance et votre énergie ont été essentielles. Vous avez su être cette étincelle qui rallume la flamme.

Je n'oublie pas non plus toutes les personnes croisées sur ce chemin, qui m'ont offert un regard bienveillant, un mot juste ou une aide inattendue. Leur générosité a laissé une empreinte durable.

Enfin, je tiens à me remercier moi-même. Pour n'avoir pas abandonné. Pour avoir continué à croire, même quand c'était difficile. Pour chaque pas accompli avec détermination, chaque page écrite avec passion. Ce mémoire est l'aboutissement d'un engagement personnel et d'une volonté sereine de réussir.

À tous, merci infiniment.

Liste des abréviations :

AA : acides amines

AGRIDEA : Association suisse du développement de l'agriculture et de l'espace rural,

AMV : Aliment minéral vitaminé

ANP : Azotes non protéiques

BCS : Body Condition Score

BLA : Bovin laitier Amélioré

BLL : Bovin laitier local

BLM : Bovin laitier moderne

DAC : Distribution automatique de concentré

DSA : Direction des services agricoles

EA : Efficacité alimentaire

EB : Energie brute

ED : Energie digestible

EM : Energie métabolisable

EN : Energie nette

FAO: Food and Agriculture Organization

FVH: Fourrage vert hydroponique

INRA : Institut national de la recherche agronomique

ITEBO : Institut de Technique d'Elevage et de Biologie

MADR : Ministère de l'agriculture et de développement rural

MG : Matière grasse

MTD : Matière Totale Dissoute

NEC : Note d'état corporel

PDI : Protéine Digestible Intestinale.

PDIA : Protéine Digestible Intestinale d'origine Alimentaire.

PDIE : Protéine Digestible Intestinale conditionnée par l'énergie.

PDIM : Protéine Digestible Intestinale d'origine Microbienne.

PDIN : Protéine Digestible Intestinale conditionnée par l'azote.

PI : Production Initiale.

PM : Production Maximale.

PV : Poids vif.

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéiques

UE : unités d'encombrement

UF : Unités fourragère

Table des matières

Liste des abréviations :

Liste des Tableaux :

Table des Figures :

RUSEME

INTRODUCTION

| | |
|--|----|
| I.1: Evolution des effectifs bovins en Algérie: | 3 |
| I.2. Principales races bovines de l'Algérie: | 3 |
| I.2.1. Bovins améliorés | 3 |
| I.2.2. Bovin Moderne « B.L.M » : | 4 |
| I.2.3. Bovin local « B.L.L »: | 4 |
| I.3. Répartition du cheptel bovin par zone agro écologique : | 5 |
| II.1. Différents types d'aliments: | 7 |
| II.1.1. 1. Fourrages verts : | 8 |
| II.1.1. 2. Fourrages secs : | 8 |
| □ Foin | 8 |
| □ Luzerne | 9 |
| II.1.1. 3. Ensilages : | 10 |
| II.1.2.1. Concentrés simples | 12 |
| II.1.2.2. Concentrés composés | 12 |
| III.3.2. Efficacité alimentaire : | 16 |
| VI.1. Carences énergétiques: | 26 |
| VI.1.1. Stéatose : | 26 |
| VI.1.2. Cétose | 26 |
| VI.2. Excès énergétiques | 27 |
| VI.2.1. Excès énergétique global : | 27 |
| VI.2.2. Acidose : | 27 |
| VI.3. Troubles du métabolisme azoté: | 28 |
| VI.3.1. Carences azotées : | 28 |
| □ Déficit en PDI : | 28 |
| □ Carence en azote dégradable : | 28 |

| | |
|--|----|
| □ C carences-en PDIA : | 29 |
| VI.3.2. Excès azotés : | 29 |
| □ Excès en PDI : | 29 |
| □ Excès en PDIA | 29 |
| □ Excès en PDIN | 29 |
| VI.4. Principaux troubles du métabolisme minéral : | 30 |
| □ Carence en calcium : l'hypocalcémie puerpérale : | 30 |
| □ Tétanie d'herbage | 30 |
| CONCLUSION | 31 |
| Références | 32 |

Liste des Tableaux :

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Répartition géographique des bovins en Algérie (MADR , Direction des statistique agricoles 2018) | 6 |
| Tableau 02 : donne les caractéristiques d'un bon ensilage d'herbe et une compilation d'analyses de la récolte 2014 au Québec (Lefebvre, 2015) | 11 |
| Tableau 03: Minéraux essentiels qui ont une importance pratique dans l'alimentation du ruminant (Schlegel et al. 2015). | 15 |
| Tableau 04: Minéraux essentiels qui ont une importance pratique dans l'alimentation du ruminant (Schlegel et al. 2015). | 19 |
| Tableau 05: Ration pour une vache laitière (poids 550Kg) (Elevage bovin, 2005)..... | 24 |

Table des Figures :

| | |
|--|----|
| Figure 01 : Evolution des effectifs bovins en Algérie 2007-2017 (MADR, Direction des statistique agricoles 2018)..... | 3 |
| Figure 02 : Race moderne (Anonyme 1,2025) | 4 |
| Figure 03 : La Guelmoise (MADR, Direction des statistique agricoles 2003) | 5 |
| Figure 04: Races locales (a.la chélifienne ; b.la Cheurfa) (MADR. Direction des statistique agricoles 2003) | 5 |
| Figure 05 : Prairie riche en légumineuses (Christine Cuvelier et al.,2005) | 8 |
| Figure 06 : Culture de luzerne dans la wilaya de Blida MADR, Direction des statistique agricoles 2003) | 9 |
| Figure 07 : Utilisation de l'énergie des aliments chez les ruminants (Christine Cuvelier et al. 2010)..... | 18 |

Résumé :

Cette revue de littérature traite des diverses méthodes d'alimentation employées dans la gestion des élevages de vaches laitières en Algérie. Suite à une analyse approfondie de l'importance du bétail bovin, de sa distribution et de la progression de ses populations, Une description des diverses races existantes a été réalisée. Par la suite, nous avons porté notre attention sur l'alimentation et la production de lait. Effectivement, divers types de nourriture sont employés, y compris les fourrages secs, verts, l'ensilage et la nourriture concentrée. Il est crucial de connaître la valeur nutritive des ingrédients utilisés pour optimiser leur valorisation auprès des animaux. Par conséquent, l'évaluation de la condition corporelle des vaches laitières est un bon indicateur pour repérer leur état nutritionnel et apporter les corrections nécessaires aux problèmes qui pourraient provenir des conditions d'élevage, de l'alimentation et de la santé des animaux.

Pour réussir tout type d'élevage, il est essentiel de dominer la gestion de l'élevage (nourriture, reproduction, rationnement...) ainsi que les conditions dans lesquelles l'élevage se déroule.

Mots clés : Bovin laitier, Algérie, production laitière, alimentation

Summary:

This literature review discusses the various feeding methods used in dairy cow management in Algeria. Following an in-depth analysis of the importance of cattle, their distribution, and population growth, a description of the various existing breeds was provided. We then turned our attention to feeding and milk production. Various types of feed are used, including dry fodder, green fodder, silage, and concentrated feed. It is crucial to know the nutritional value of the ingredients used in order to optimize their value for the animals. Therefore, assessing the body condition of dairy cows is a good indicator for identifying their nutritional status and making the necessary corrections to problems that may arise from breeding conditions, feeding, and animal health.

To succeed in any type of farming, it is essential to master farm management (feeding, reproduction, rationing, etc.) as well as the conditions in which the farming takes place.

Keywords: Dairy cattle, Algeria, milk production, feeding

ملخص:

يتناول هذا الاستعراض الأدبي مختلف أساليب التغذية المستخدمة في إدارة مزارع الأبقار الحلوبي في الجزائر. بعد إجراء تحليل معمق لحجم أعداد الماشية وتوزيعها وتتطور أعدادها، تم إجراء وصف لمختلف السلالات الموجودة. ثم وجهنا اهتمامنا بعد ذلك إلى الأعلاف وإنتاج الحليب. يتم استخدام أنواع مختلفة من الأعلاف، بما في ذلك العلف الجاف والعلف الأخضر والسيلاج والأعلاف المركزية. ومن الضروري معرفة القيمة الغذائية للمكونات المستخدمة لتحسين استخدامها من قبل الحيوانات. وبالتالي فإن تقييم حالة أجسام الأبقار الحلوبي هو مؤشر جيد لحالتها الغذائية، ووسيلة لتصحيح أي مشاكل قد تنشأ من الظروف التي يتم فيها تربية الحيوانات وأعلافها وصحتها.

ولتحقيق النجاح في أي نوع من أنواع التربية، من الضروري إتقان إدارة التربية (الأعلاف، والتكاثر، والمحصول الغذائي)، وما إلى ذلك) وكذلك الظروف التي تتم فيها التربية.

الكلمات المفتاحية: الأبقار الحلوبي، الجزائر، إنتاج الحليب، الأعلاف

INTRODUCTION

En Algérie, l'élevage laitier repose majoritairement sur des pratiques extensives, caractérisées par l'utilisation de races bovines à faible potentiel génétique et un recours limité aux cultures fourragères (Kadi et al., 2007). Cette situation se traduit par une production laitière insuffisante, qui ne couvre qu'environ 18 % de la demande nationale. Pour pallier ce déficit structurel, l'État a recours depuis plusieurs décennies à l'importation massive de lait en poudre. En 2009, par exemple, la production nationale n'a atteint que 2,45 milliards de litres, tandis que l'Office National Interprofessionnel du Lait (ONIL) a importé près de 120 000 tonnes de poudre de lait, pour un coût avoisinant les 863 millions de dollars (MADR, 2009).

Malgré ces limites, l'élevage bovin demeure un pilier fondamental de l'économie agricole algérienne, en raison de son double rôle dans la fourniture de lait et de viande rouge, ainsi que dans la contribution à la sécurité alimentaire nationale (Bouras, 2015 ; Mamine *et al.*, 2021). Le lait, en particulier, constitue un aliment de base dans le régime quotidien des Algériens, représentant une source essentielle de protéines d'origine animale (Senoussi, 2008 ; FAO, 2022).

À l'échelle mondiale, les pays industrialisés ont considérablement amélioré les performances de leurs élevages grâce à l'optimisation de divers facteurs de production, au premier rang desquels figure l'alimentation (Wang *et al.*, 2014). Une nutrition bien équilibrée permet non seulement de maximiser les rendements laitiers, mais aussi de préserver la santé et la longévité des animaux. En revanche, une alimentation déséquilibrée peut entraîner des désordres métaboliques majeurs, avec des répercussions sur la reproduction, la digestion et la production laitière.

La période de transition, qui s'étend de trois semaines avant à trois semaines après le vêlage, représente une phase critique dans le cycle de production de la vache laitière. Durant cette période, les besoins énergétiques augmentent de manière significative, tandis que l'ingestion alimentaire diminue, induisant un déséquilibre énergétique négatif (Mion, 2023). Cette situation favorise la mobilisation des réserves corporelles et accroît le risque d'affections métaboliques telles que la cétose, la stéatose hépatique ou l'hypocalcémie. Ces pathologies, souvent subcliniques, peuvent compromettre à long terme la productivité, la santé et la rentabilité du troupeau.

Dans ce contexte, la gestion alimentaire, en particulier durant la phase de transition, constitue un levier stratégique pour prévenir les troubles métaboliques et assurer une production laitière

INTRODUCTION

optimale. Il apparaît donc fondamental d'évaluer le niveau de compétence des éleveurs en matière de rationnement, ainsi que d'identifier les principales pathologies métaboliques affectant les vaches laitières à ce stade sensible de leur cycle de production.

Cette étude bibliographique a pour objectif d'analyser les effets de l'alimentation sur la production laitière, de décrire les processus physiologiques influencés par l'apport en nutriments, et de recenser les principaux troubles métaboliques associés aux déséquilibres nutritionnels.

I.1: Evolution des effectifs bovins en Algérie:

Dans tous les plans de développement agricole, la production laitière bovine joue un rôle important. Les effectifs bovins en Algérie sont en constante évolution. Entre 1965 et 1992, le nombre de bovins a augmenté de 800900 à 1342000 individus, avec une estimation des vaches laitières passant de 437300 à 772100. L'importation de vaches laitières est la principale cause de cette progression (Amellal, 1995). D'après la MADR (2018), la population bovine a progressivement augmenté, passant de 1633810 individus en 2007 à 2 149 549 individus en 2015. Au cours de l'année 2017, une diminution a été observée et le nombre d'individu a atteint 1 895 126 individus (Figure 01).

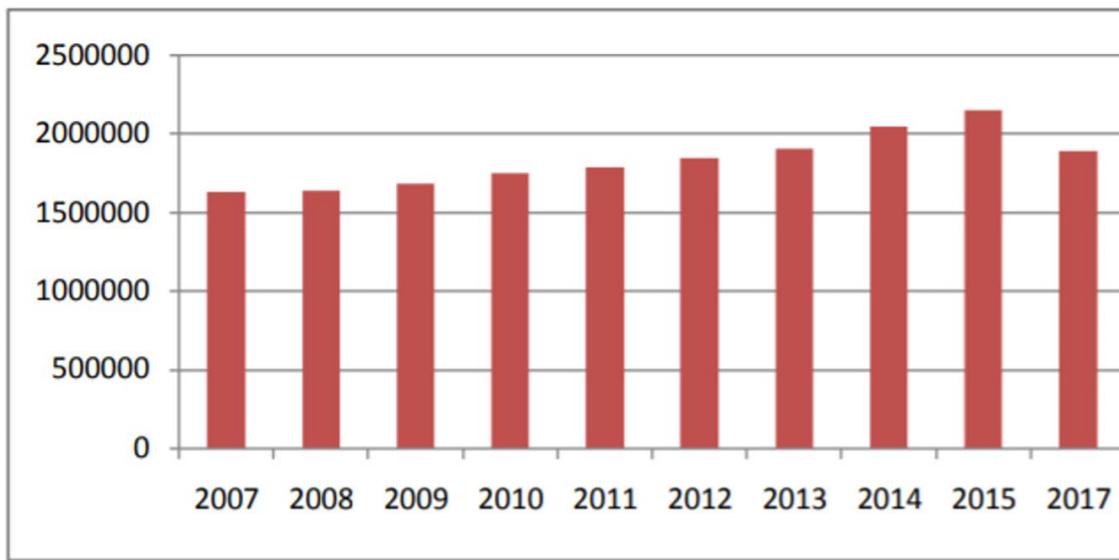


Figure 01 : Evolution des effectifs bovins en Algérie 2007-2017 (MADR, 2018)

I.2. Principales races bovines de l'Algérie :

Trois catégories distinctes composent le cheptel bovin en Algérie : le Bovin Laitier moderne « BLM », le Bovin Laitier Local « BLL » et le Bovin Laitier amélioré « BLA ».

I.2.1. Bovins améliorés : Appelé Bovin Laitier Amélioré (B.L.A.) ou type mixte, ce groupe résulte du croisement de la race locale *Brune de l'Atlas* avec des races introduites. Ces croisements, souvent non maîtrisés (Kafidi, 2019 ; Kerbache, 2019 ; Tennah, 2019). Parmi les races exotiques les plus répandues figure la Frisonne Pie Noire Hollandaise, réputée pour ses hautes performances laitières et particulièrement présente dans les régions côtières. Elle représente à elle seule environ 66 % des bovins dits « améliorés ». La Pie Noire de la Frisonne Française est également largement diffusée et valorisée pour sa production laitière. En revanche,

d'autres races comme la Pie Rouge de l'Est et la Montbéliarde demeurent beaucoup moins représentées dans les troupeaux, comme le souligne Nedjeraoui (2001).

I.2.2. Bovin Moderne « B.L.M » :

Le Bovin Laitier Moderne est essentiellement constitué de races telles que l'Holstein, la Frisonne Pie Noire, la Montbéliarde, la Pie Rouge de l'Est et la Tarentaise. Selon Kerbache (2019). Les bovins laitiers modernes (BLM) sont des espèces importées à fort potentiel génétique provenant de l'Europe. Depuis la colonisation du pays, ces races ont vu le jour et constituent entre 9 % et 10 % du total du cheptel national, soit 120 000 à 130 000 têtes, ce qui représente 40% de la production de lait (Benyarou, 2016).



Figure 02 : Race moderne (Anonyme 1, 2025)

I.2. 3. Bovin local « B.L.L »:

Les populations locales s'établissent majoritairement dans des zones difficiles d'accès pour les races bovines importées, notamment dans les régions montagneuses et forestières du Tell. Ces territoires sont exploités selon un système pastoral extensif, adapté aux conditions agro écologiques.

Du point de vue phénotypique, dans les populations constituant la Brune de l'Atlas, nous distinguons :

- **La Guelmoise** : On la retrouve dans les territoires de Guelma et Jijel (figure 03).



Figure 03 : La Guelmoise (MADR, 2003)

- La Cheurfa :** Retrouvé également dans les territoires de Jijel et de Guelma (figure 04b)
- La Chélifienne :** Se distingue par sa tenue sombre, sa tête courte, ses cornes en crochets, ses orbites marquées par des lunettes « marron foncé » et son long nez noir. Nous la retrouvons dans les sommets du Dahra (figure 04a).

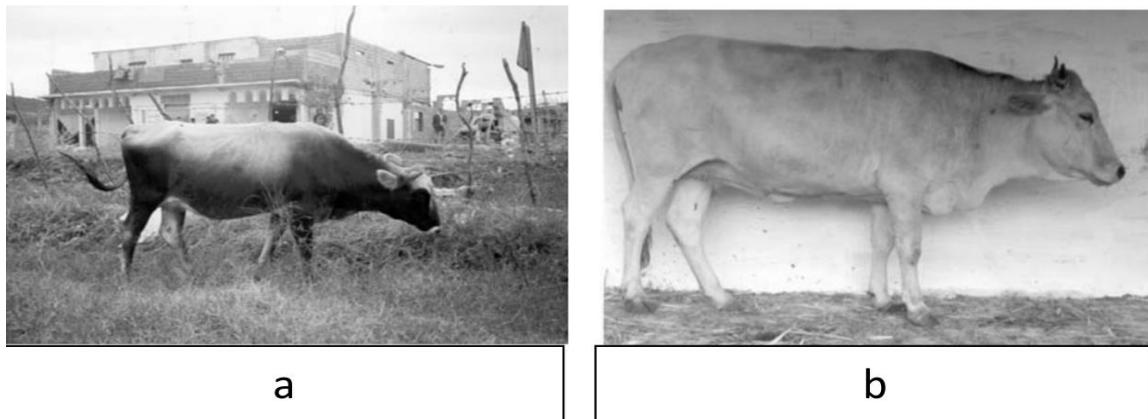


Figure 04 : Races locales (a.la chélifienne ; b.la Cheurfa) (MADR.2003)

I.3. Répartition du cheptel bovin par zone agro écologique :

La zone côtière et la région tellienne du Nord, qui sont caractérisées par un climat humide et subhumide, abritent une importante activité d'élevage bovin (tableau 01). Cette région abrite plus

de 70% du troupeau bovin national (73,6% en 2015), et que plus de la moitié des animaux présents (52%) sont des vaches laitières, avec une part significative de bovins laitiers modernes atteignant 31%. Ceci est dû au fait que ces zones reçoivent beaucoup de pluie, ce qui favorise un bon pâturage. La deuxième région où l'élevage est concentré se trouve dans les zones semi-arides, abritant 21% du bétail national. Dans cette région, les vaches laitières constituent 21,6% du total des bovins laitiers (**Senoussi et al, 2010**).

Durant ces dernières années, l'élevage bovin a connu une véritable dynamique de développement dans les régions sahariennes (Ghardaïa, Béchar, Adrar...). Ainsi, en l'espace de 10 ans, l'effectif bovin a doublé atteignant près de 9 500 têtes en 2015 dont 5 173 vaches laitières constituées majoritairement de races importées. Ceci est une répercussion positive du Plan National du Développement Agricole initié en 2000, à travers sa rubrique élevage bovin laitier qui a vu l'installation de fermes d'élevage spécialisées de type intensif. Cependant, ce système inédit fait face à de multiples obstacles au niveau de ces régions qui, bien que surmontables, constituent un frein quant à la réalisation de performances zootechniques (**Senoussi et al, 2010**).

Tableau 01 : Répartition géographique des bovins en Algérie (MADR, 2018)

| Région | Effectif, (têtes) | Pourcentage (%) |
|---------------|-------------------|-----------------|
| Centre | 54034 | 3 |
| Ouest | 496116 | 26 |
| Est | 1190945 | 63 |
| Sud | 154031 | 8 |
| Total | 1895126 | 100 |

L'alimentation constitue un facteur déterminant dans l'optimisation de la production laitière. Elle influence directement la santé, la fertilité et les performances zootechniques des vaches laitières. Un rationnement équilibré permet non seulement d'augmenter les rendements, mais aussi de prévenir les troubles métaboliques. Ainsi, une gestion nutritionnelle adaptée est essentielle pour garantir une production durable et de qualité.

II.1. Différents types d'aliments:

L'alimentation vise à préparer un régime nutritionnel équilibré pour les vaches, dans le but de les encourager à assimiler ces aliments de manière à satisfaire leurs besoins et stimuler la production de lait.

L'herbe pâturee représente l'aliment le plus adapté et le plus économique pour l'alimentation des bovins. Cependant, au cours des dernières décennies, le recours au pâturage a été principalement encouragé dans les systèmes d'exploitation à fort niveau d'intrants, intégrant notamment la fertilisation, l'utilisation de concentrés et l'ensilage de maïs. Cette évolution s'explique, d'une part, par la praticité et la disponibilité croissante de l'ensilage de maïs, et d'autre part, par les limites du pâturage à satisfaire pleinement les exigences individuelles des vaches laitières en termes de performances.

Face à la nécessité de réduire les coûts de production des aliments pour bétail et de renforcer l'autonomie alimentaire, les recherches actuelles s'orientent vers des alternatives nutritionnelles plus durables et économiquement viables (Cuvelier *et al.*, 2005). De manière générale, les aliments destinés aux ruminants se répartissent en deux grandes catégories : les fourrages, sources de fibres et de structure, et les aliments concentrés, riches en énergie et protéines.

II.1.1. Fourrages :

Les plantes fourragères regroupent une grande diversité d'espèces, parmi lesquelles figurent principalement les légumineuses et les graminées, mais aussi d'autres types végétaux adaptés à l'alimentation animale. Cette diversité s'explique par la définition même du terme *plantes fourragères*, qui désigne l'ensemble des espèces végétales dont les parties aériennes ou souterraines sont utilisées pour nourrir le bétail (Pellerin *et al.*, 1998). Selon Cuvelier et al. (2005), les fourrages peuvent être classés en trois grandes catégories, en fonction de leur mode de conservation et de leur teneur en matière sèche (MS) : les fourrages verts

(consommés frais), les ensilages (conservés par fermentation anaérobie) et les fourrages secs (comme le foin). Une quatrième catégorie peut également être considérée comme fourragère : il s'agit des racines, tubercules et leurs sous-produits, qui peuvent constituer une source complémentaire d'énergie dans la ration des ruminants.

II.1.1. 1.Fourrages verts :

Les herbes pâturées font partie intégrante des fourrages dits écologiques, en raison de leur faible coût de production et de leur compatibilité avec une gestion durable des ressources. Dans les zones agro-pastorales, l'herbe constitue un aliment hautement nutritif et économique, pouvant même, dans certaines conditions, subvenir seule aux besoins alimentaires de la vache laitière (Cuvelier *et al.*, 2005).

La qualité de l'herbe pâturée est variable et dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- Le stade de végétation : l'âge de l'herbe influence directement sa digestibilité et sa teneur en nutriments. Les jeunes pousses sont généralement plus riches en protéines et plus digestibles que les herbes matures.
- La composition botanique de la prairie (figure 5) : elle détermine la diversité des apports nutritionnels et la valeur fourragère globale (Cuvelier *et al.*, 2005).



Figure 5 : Prairie riche en légumineuses (Cuvelier *et al.*, 2005)

II.1.1. 2.Fourrages secs :

❖ Foin

Le foin et les résidus de récolte représentent des ressources fourragères précieuses qui devraient être pleinement valorisées dans le cadre d'un régime alimentaire rationnel, visant

à limiter le gaspillage. Pour garantir leur hygiène et leur qualité, il est recommandé de les distribuer dans des râteliers ou des mangeoires, afin d'éviter leur contamination par les déjections ou les souillures du sol. Leur efficacité alimentaire est améliorée lorsqu'ils sont hachés, ce qui favorise une meilleure ingestion et une répartition plus homogène dans la ration. Cependant, le foin issu de pâturages naturels reste souvent de faible qualité, car il provient généralement de végétations spontanées non améliorées, sans intervention culturelle ni fertilisation (Soutie, 2004).

❖ **Luzerne :**

La luzerne, légumineuse fourragère par excellence (figure 6) se distingue par sa richesse en protéines, en fibres de haute qualité, ainsi qu'en vitamines et pigments naturels. Elle est principalement utilisée sous forme de foin. Contrairement à certaines autres espèces végétales, la luzerne ne contient pas de facteurs antinutritionnels problématiques pour les ruminants. Toutefois, son utilisation en pâturage direct nécessite une certaine vigilance en raison du risque de météorisation.

En raison de ses atouts nutritionnels, la luzerne occupe une place de choix dans l'alimentation des vaches laitières, en contribuant à la couverture des besoins protéiques et à l'amélioration des performances de production. Elle est également largement utilisée chez les petits ruminants (ovins, caprins) et les chevaux, démontrant ainsi sa polyvalence dans les systèmes d'élevage (Melis *et al.*, 2017).



Figure 6 : Culture de luzerne dans la wilaya de Blida

II.1.1. 3. Ensilages :

L'ensilage constitue une méthode de conservation humide des fourrages, reposant sur un environnement anaérobiose et un processus de fermentation acidifiante, principalement lactique, qui permet de limiter les pertes en matière sèche, de préserver la valeur nutritive du produit et d'inhiber le développement de micro-organismes indésirables (Bernard, 2004).

Les taux de matière sèche dans les ensilages varient selon les espèces végétales : ils oscillent généralement entre 15 à 20 % pour les herbes, céréales et fabacées, et entre 35 à 40 % pour le maïs. Bien que l'ensilage soit historiquement associé aux fourrages, il est également possible d'ensiler certains concentrés, tels que le maïs épi (Croisie *et al.*, 2012).

L'ensilage d'herbe vise à atteindre un pH de stabilité en anaérobiose, condition essentielle pour contrôler les fermentations indésirables et préserver les qualités nutritionnelles du fourrage. Un bon ensilage se caractérise par un équilibre optimal entre humidité, acidité et structure physique, assurant une conservation efficace (tableau 02).

Tableau 02: donne les caractéristiques d'un bon ensilage d'herbe et une compilation d'analyses de la récolte 2014 au Québec (Lefebvre, 2015).

| Paramètre fermentaire | Valeur pour un bon ensilage | Moyennes des échantillons QC2014* Silo tours/balles enrobées |
|-----------------------------------|--|---|
| pH | 4,5 à 5,5 selon la teneur en matière sèche, l'espèce ensilée et le type de silo. | |
| Teneur en matière sèche (% MS) | Graminées : 30% et + selon type de silos. Légumineuses : 35% à 40% et + selon type de silos | 45% / 50, 83 (min, max) des échantillons: (26%, 69%) / (35%,73%) |
| Température | Maximum 10°C au- dessus de la température ambiante au début avec décroissance par la suite. | |
| Acide lactique (%MS) | 2% à 8% | 4,7% / 2,04% |
| Acide acétique (% MS) | 1% à 2% (maximum 3,5%) | 0,88 % / 0,49 % |
| Proportion Acide lactique/ totaux | 70% | 80 % / 79 % |
| Acide butyrique (%MS) | 0,0% | 0,17%/0,05% Silo tours : 39% des échantillons ont plus de 0,1% Balles enrobées : 25% de échantillons ont plus de 0,1% |
| Protéines solubles | 55 % à 60 % | 554,3 % / 50,1 % |
| Cendres (%MS) | Graminées : 8% Légumineuses : 10% | 9,5 % / 9,62 % Silo tours : 38% de échantillons ont plus 10% Balles enrobées : 30% de échantillons ont plus de 10% |
| Levures | Moins de 1OO OOO UFC/g d'ensilage | |
| Moisissures | Moins de 1OO OOO UFC/g d'ensilage | |
| N-NH3 (%N- Total) | Moins de 5% (maximum 10%) | 6,77 % / 3,73 % Silo tours : 28% de échantillons Ont plus de 8% Balles enrobées : 10% de échantillons ont plus de 8% |
| Alcool (% MS) | Moins de 0,5 % | |
| Autre Composés | Le moins possible. | |

II.1.2. Aliment concentré :

Les aliments concentrés se caractérisent par leur forte teneur en matière sèche (MS) et leur haute densité énergétique. Certains d'entre eux présentent également une concentration importante en protéines, notamment les graines de protéagineux et d'oléagineux (Cuvelier et Dufrasne, 2005).

On distingue deux grandes catégories d'aliments concentrés :

II.1.2.1. Concentrés simples

Les concentrés simples peuvent être produits directement sur l'exploitation, en utilisant des matières premières locales comme les céréales (orge, maïs, blé, etc.) ou les protéagineux (pois, féverole, lupin, etc.) (ITELV, 2012).

Les céréales, en particulier, sont riches en amidon (jusqu'à 65 à 70 % de leur MS) et pauvres en protéines et en fibres – sauf lorsqu'il s'agit de variétés enveloppées. Leur valeur énergétique est élevée, mais elles présentent toutes un bilan azoté bactérien négatif, avec un déséquilibre particulièrement marqué chez le maïs, considéré comme le plus désavantageux à cet égard (Cuvelier *et al.*, 2005).

II.1.2.2. Concentrés composés

Les aliments concentrés composés résultent de l'association rationnelle de différentes matières premières simples. Leur formulation vise à équilibrer l'apport en énergie et en azote, en complément de la ration de base composée essentiellement de fourrages. Dans ce contexte, ils sont fréquemment appelés « correcteurs » de la ration (Cuvelier *et al.*, 2005).

En pratique, l'usage de ces concentrés varie fortement selon les systèmes d'exploitation. Une enquête menée par Kadi *et al.* (2007) révèle que près de 98,75 % des exploitations agricoles en Algérie n'utilisent pas l'ensilage, alors que les concentrés commerciaux sont largement adoptés : environ 40 % des éleveurs distribuent plus de 10 kg de concentrés par vache et par jour, soulignant leur rôle central dans l'alimentation des troupeaux laitiers.

II.2. Valeur nutritive des aliments :

II.2.1. Valeur énergétique :

Les aliments concentrés composés résultent du mélange de plusieurs concentrés simples, qu'ils soient sous forme de poudre, de granulés ou de miettes. Qu'ils soient simples ou composés, ces aliments jouent un rôle essentiel dans l'équilibrage des rations, en assurant un apport suffisant en énergie et en azote, complémentaire à celui fourni par les fourrages. Dans ce contexte, ils sont souvent désignés sous le terme de « correcteurs » de la ration (Cuvelier *et al.*, 2005).

En pratique, l'usage de ces concentrés est largement répandu. Une enquête menée par Kadi *et al.* (2007) révèle que 98,75 % des exploitations agricoles ne recourent pas à l'ensilage, tandis que l'alimentation concentrée du commerce est très courante : environ 40 % des éleveurs distribuent plus de 10 kg par vache et par jour.

Selon Lois (2006), la valeur nutritive d'un aliment correspond à la quantité d'énergie qu'il fournit par kilogramme, permettant de couvrir les besoins de maintien et de production des animaux. Cette valeur est exprimée en kilocalories par kilogramme d'aliment ou en unités fourragères (UF). Par convention, 1 kg d'orge, avec 87 % de matière sèche (MS), est pris comme référence, équivalant à :

- 1 unité fourragère lait (UFL), soit environ 1700 kcal ;
- 1 unité fourragère viande (UFV), soit environ 1820 kcal.

L'efficacité énergétique des aliments varie selon leur destination (production de lait ou de viande), d'où l'importance d'adapter la formulation des rations en fonction des objectifs zootechniques.

II.2.2. Valeur azotées

Les matières azotées sont représentées sous deux formes : les protéines et l'azote non protéique (ANP). Les protéines sont constituées de longues chaînes d'acides aminés (AA). L'azote non protéique regroupe principalement les peptides (courtes chaînes d'AA), les acides aminés libres, ainsi que des composés tels que l'urée et l'ammoniac (NH₃).

Selon Cuvelier *et al.* (2010), l'alimentation azotée joue un rôle fondamental dans la gestion des vaches laitières, en influençant à la fois leurs performances zootechniques, leur appétit, et l'impact

environnemental de l'élevage. Une faible ingestion a longtemps été observée dans les régimes pauvres en azote, notamment en présence de fourrages peu digestibles et carencés en azote. L'ajout d'ANP dans ces régimes permet généralement d'augmenter les quantités ingérées (Faverdin *et al.*, 2003).

Le système PDI (protéines digestibles dans l'intestin), tel que décrit par Louis (2016), évalue la quantité d'acides aminés réellement absorbés au niveau intestinal. Il attribue à chaque aliment deux valeurs :

- PDIN : valeur du PDI dans un contexte de carence en azote dégradable dans le rumen.
- PDIE : valeur du PDI basée sur l'énergie fermentescible, en cas de carence énergétique.

Ce système permet une meilleure formulation des rations, en équilibrant les apports azotés et énergétiques selon les besoins réels des ruminants.

II.2.2. 3. Aliments minéraux vitaminiques (AMV) :

Un aliment minéral vitaminé (AMV) est un complément alimentaire contenant au minimum 40 % de cendres brutes, autrement appelées matières minérales . Ces cendres correspondent aux résidus inorganiques obtenus après la calcination de tissus animaux ou végétaux (Schlegel *et al.*, 2015).

Les minéraux sont classés selon leur concentration dans l'organisme en :

- Macro-éléments : présents à plus de 50 mg/kg de poids corporel,
- Oligo-éléments : présents à moins de 50 mg/kg.

Les fonctions physiologiques des minéraux sont nombreuses. Ils participent à la constitution des organes, des tissus et des enzymes, à la régulation de l'équilibre acido-basique (notamment dans le sang et la salive), et agissent comme activateurs enzymatiques et hormonaux.

Un minéral est considéré comme indispensable si son déficit entraîne des troubles métaboliques qui ne peuvent être corrigés que par une supplémentation spécifique. Le tableau N 03 (Schlegel *et al.* 2015) répertorie les minéraux essentiels chez les ruminants, accompagnés de leur rôle biologique et des conséquences d'une carence.

Tableau 03: Minéraux essentiels qui ont une importance pratique dans l'alimentation du ruminant (Schlegel *et al.* 2015).

| Macro-éléments : | | | | Oligo-éléments | | | |
|------------------|----|--------|----|----------------|----|-----------|----|
| Calcium | Ca | Sodium | Na | Cuivre | Cu | Molybdène | Mo |
| Phosphore | P | Chlore | Cl | Fer | Fe | Cobalt | Co |
| Magnésium | Mg | Soufre | S | Manganèse | Mn | Iode | I |
| Potassium | K | | | Zinc | Zn | Sélénium | Se |

II.2.2.4. Valeur d'encombrement :

Le concept des unités d'encombrement (UE) repose sur l'attribution à chaque aliment d'une valeur spécifique liée à sa capacité à être ingéré. Cette valeur, appelée valeur d'encombrement, permet d'évaluer l'espace qu'un aliment occupe dans le tube digestif, ce qui influence directement l'ingestibilité du régime alimentaire.

Les unités d'encombrement sont adaptées en fonction de l'espèce animale :

- UEL : unité d'encombrement pour les vaches laitières,
- UEM : pour les moutons,
- UEB : pour les autres bovins.

Chaque fourrage possède une valeur UE fixe, indépendante des caractéristiques individuelles des animaux, et répertoriée dans des tables alimentaires. En revanche, la valeur UE des aliments concentrés varie en fonction de leur capacité à se substituer au fourrage, ce que l'on appelle le degré de substitution (Faverdin *et al.*, 2007). Autrement dit, plus un aliment concentré remplace facilement une part de fourrage, plus sa valeur d'encombrement est faible.

Selon le MSAS (2006), l'unité d'encombrement peut être perçue comme l'inverse de l'ingestibilité d'un fourrage : plus la valeur UE est élevée, plus l'aliment limite l'ingestion totale en raison de son encombrement digestif.

II.3. Contrôle de l'alimentation de la Vache Laitière :

III.3.1. Note d'état corporel :

La note d'état corporel (NEC), ou *Body Condition Score (BCS)*, est une méthode d'évaluation visuelle et tactile permettant d'estimer le niveau d'engraissement d'un animal. Elle repose principalement sur la palpation de certaines zones anatomiques clés, et constitue un indicateur fiable de l'équilibre entre les apports et les besoins énergétiques (Hoffmann, 2018).

III.3.2. Efficacité alimentaire :

L'efficacité alimentaire (EA) constitue un phénotype complexe impliquant diverses fonctions physiologiques essentielles chez l'animal. Elle reflète la capacité de l'animal à convertir un kilogramme d'aliment en un kilogramme de produit utile, que ce soit du lait, ou un gain de poids pour les animaux destinés à la production de viande (Phocas *et al.*, 2014).

III.3.2.1. Rapport lait / matière sèche ingérée

L'indicateur le plus simple de l'efficacité alimentaire en production laitière repose sur le rapport entre la quantité de lait produite et la matière sèche (MS) ingérée. Toutefois, pour une évaluation plus précise de l'utilisation des nutriments, il est recommandé d'examiner le rendement en matière grasse et en protéines du lait par kilogramme de MS ingérée, ce qui permet de mieux apprécier la qualité des produits générés (Hall, 2004).

III.3.2.2. Rapport azote du lait / azote ingéré

L'efficacité d'utilisation de l'azote (EUA) permet de quantifier la proportion d'azote alimentaire transformée en azote du lait. Cette efficacité tend à diminuer lorsque la teneur en urée du lait augmente, ce qui reflète un excès de dégradation protéique ou un déséquilibre alimentaire (Hall, 2004).

L'EUA peut être estimée selon les formules suivantes :

- Azote du lait (kg) = [production laitière (kg) × % protéines du lait] / 6,38
- Azote ingéré (kg) = [quantité de matière sèche consommée (kg) × % de protéines brutes] / 6,25.

L'alimentation joue un rôle central dans la performance de la production laitière. Une ration équilibrée en énergie, protéines, minéraux et fibres permet d'optimiser la production, la qualité du lait et la santé de la vache. Une alimentation mal adaptée peut entraîner des troubles métaboliques, une baisse de rendement et une altération de la composition du lait. Ainsi, l'efficacité alimentaire conditionne à la fois la rentabilité de l'élevage et le bien-être animal.

III.1. Besoins nutritifs de la Vache Laitière :

III.1.1 Effet de l'apport énergétique :

L'apport énergétique a un effet direct sur les performances animales, notamment en production laitière. L'énergie brute contenue dans l'aliment n'est que partiellement utilisée par l'animal, en raison des pertes digestives, urinaires et gazeuses. Seule l'énergie nette (EN), issue de l'énergie métabolisable (EM), est réellement disponible pour les fonctions vitales, la lactation ou la croissance (figure 07). Une ration bien formulée permet donc d'optimiser l'utilisation de l'énergie, en réduisant les pertes et en améliorant l'efficacité productive (Cuvelier *et al.* 2010).

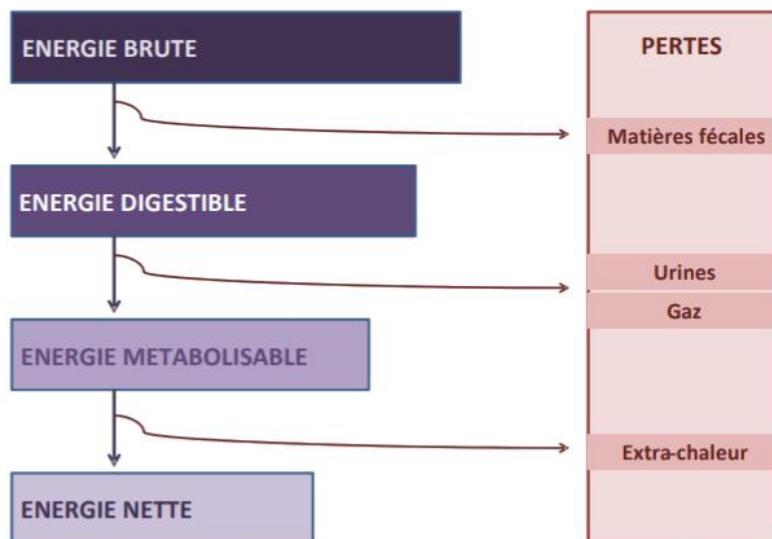


Figure 07: Utilisation de l'énergie des aliments chez les ruminants (Cuvelier *et al.* 2010).

L'énergie nette (EN) est la forme d'énergie réellement utilisable par l'animal pour l'entretien et la production, ce qui explique pourquoi les valeurs énergétiques des aliments sont exprimées en EN.

Pour faciliter les comparaisons, l'orge a été choisie comme aliment de référence : 1 kg d'orge correspond à 1000 VEM (ou 1 KVEM), soit environ 1650 kcal d'EN. Il s'agit ici de la quantité d'énergie contenue dans un kilogramme d'orge brute, et non en matière sèche. La valeur énergétique des aliments destinés aux bovins varie fortement selon leur nature et leur composition (tableau 04) (Cuvelier *et al.*, 2010).

Tableau 04: Teneurs énergétiques des aliments distribués aux bovins. (Cuvelier *et al.* 2010).

| ALIMENT | teneur en KVEM Dans l'aliment frais | teneur en KVEM Dans la MS |
|--|--|------------------------------|
| 1Kg de maïs grain | 1,07 | 1,23 |
| 1Kg de pulpes séchées | 0,87 | 0,96 |
| 1Kg de tourteau de soja | 0,99 | 1,13 |
| 1Kg d'ensilage d'herbe pré fané de très bonne qualité | 0,36 | 0,81 |
| 1Kg d'ensilage de maïs | 0,28 | 0,89 |
| 1Kg d'ensilage de pulpes sur pressées | 0,21 | 1,01 |
| 1kg d'orge | 1 | 1,13 |

III.1.2. Effet de l'apport azoté :

L'alimentation azotée joue un rôle central dans l'optimisation des performances des vaches laitières tout en influençant leur impact environnemental. Bien que les apports en azote aient un effet limité sur la composition du lait. Leur augmentation peut entraîner une hausse conjointe de la production laitière et de la teneur en protéines, sans altérer significativement le taux protéique. Toutefois, des rations riches en protéines brutes ($\geq 17\%$) induisent fréquemment une élévation de la concentration en urée du lait, reflet d'une surcharge azotée (Puastuti *et al.*, 2021). Ce taux d'urée, corrélé à celui du sang, constitue un indicateur pertinent de l'excès d'azote alimentaire. Par ailleurs, l'enrichissement de la ration en acides aminés limitants digestibles, tels que la méthionine et la lysine, permet d'améliorer la teneur en protéines et en caséines du lait, sans impacter significativement son volume ni sa teneur en matière grasse (Lopez *et al.*, 2025).

III.1.3. Effet de l'apport de matière grasse :

La teneur en vitamines du lait semble diminuer lorsque la proportion de matière grasse est inférieure à 3 % ou excède 6 %, cette variation étant étroitement liée au régime alimentaire et à la nature des lipides ingérés. Les effets les plus marqués sont observés avec des aliments initialement pauvres en acides gras, tels que la pulpe de betterave séchée (Neville *et al.*, 2023). Bien que la supplémentation lipidique, même sous forme protégée, induise systématiquement une diminution du taux protéique du lait, cette baisse est généralement plus modérée en début de lactation. La graisse du lait de vache contient 96 % de triglycérides, 1,1 % de phospholipides, 0,5 % de cholestérol, et une faible fraction d'esters du cholestérol. On y retrouve plus de 500 acides gras (AG), parmi lesquels environ 150 ont été identifiés, avec une composition moyenne de 70 % d'AG saturés (AGS), 25 % d'AG mono-insaturés (AGMI), 3 % d'AG polyinsaturés (AGPI) et 4 % d'AG trans (Fougère *et al.*, 2021). Cette diversité est fortement influencée par les facteurs nutritionnels et la double origine des antioxydants du lait, à la fois endogène et alimentaire. Les rations distribuées aux vaches laitières contiennent généralement une faible proportion d'acides gras totaux (2 à 3 %) dont les principaux AG essentiels sont l'oléique, le linoléique et le linolénique, issus majoritairement des fourrages, des céréales ou des graines oléagineuses (Rusli *et al.*, 2021).

III.1.4. Effet de la composition de la ration :

III.1.4.1. Effet du fourrage :

La production de denrées animales telles que le lait ou la viande repose sur l'utilisation de fourrages de haute qualité, indispensables à l'alimentation des ruminants. Les fourrages sont souvent caractérisés par une faible teneur en sucres solubles et une forte proportion de protéines rapidement dégradables dans le rumen. L'enrichissement en sucres favorise toutefois une meilleure synchronisation entre l'énergie et l'azote pour les microbes ruminaux, améliorant ainsi l'efficacité protéique et les performances laitières. Les micro-organismes responsables de la fermentation des fibres structurales (cellulose et hémicellulose) en acétate et butyrate, précurseurs majeurs de la synthèse lipidique, contribuent également à l'augmentation du taux de matières grasses du lait. Comparé à d'autres ensilages comme l'herbe, l'ensilage de maïs se distingue par une concentration élevée en énergie (environ 4 % MS de matière grasse) et par sa contribution positive à la production de butyrate. Il est souvent associé à des teneurs protéiques élevées en raison de son efficacité

énergétique. Par ailleurs, à teneur équivalente en fibres, le foin se révèle généralement plus performant que les ensilages pour accroître le taux butyreux (Cleale et Bull, 1986)

III.1.4.2. Effet du concentré :

L'utilisation de concentrés dans la ration influence directement la nature des glucides ingérés par les ruminants, impactant ainsi la composition du lait, notamment les teneurs en matières grasses et protéiques. Le type et la quantité de glucides jouent un rôle déterminant dans ces variations. Les concentrés riches en parois végétales (comme la pulpe sèche, à plus de 50 %) ou en céréales sont souvent associés à une diminution du taux de certaines vitamines, notamment la vitamine B. L'ingestion d'amidon en quantité importante favorise la production de propionate lors de la fermentation ruminal, ce qui tend à stimuler la synthèse protéique du lait au détriment de la production de matière grasse (Poorkasegaran & Yansari, 2014).

Cependant, l'effet dépend du type d'amidon : celui de l'orge ou de l'avoine est rapidement fermentescible, tandis que l'amidon du maïs se dégrade plus lentement. Les aliments riches en sucres simples, tels que la betterave ou la mélasse, favorisent quant à eux la production de butyrate, améliorant ainsi la teneur en matière grasse du lait. Par ailleurs, une forte incorporation de concentrés modifie la structure physique de la ration, réduisant la durée de mastication et donc la sécrétion salivaire (Petit *et al.*, 2002). Or, la salive joue un rôle essentiel de tampon dans le rumen. Sa diminution entraîne une baisse du pH ruminal, qui se traduit par une inhibition des fermentations acétiques, au profit des fermentations propioniques, limitant ainsi la production d'acide acétique et par conséquent la synthèse des matières grasses laitières. En outre, l'appauprissement de la ration en fibres structurantes perturbe l'équilibre ruminal et peut engendrer des désordres métaboliques et microbiens affectant la qualité du lait (Petit *et al.*, 2002).

III.1.5. Effet du mode de présentation physique des aliments :

Une alimentation bien équilibrée des vaches laitières influence de manière significative tant la quantité que la qualité du lait produit, en particulier dans une perspective d'usage industriel (Neville *et al.*, 2023). Il est bien établi que les régimes riches en concentrés et pauvres en fibres structurantes, ou contenant une proportion élevée de particules fines, entraînent une diminution notable du taux de certaines vitamines, notamment la vitamine B. Des travaux récents ont mis en

évidente une corrélation positive entre la durée de mastication et de ruminant et le niveau de ces vitamines dans le lait (Hidaka *et al.*, 2023). La finesse de hachage des fourrages, qui influence directement la fibrosité de la ration, joue ici un rôle central. Lorsque les ensilages sont trop finement hachés, la ration perd sa structure physique, ce qui réduit la stimulation masticatoire, limite le temps de ruminant, et par conséquent, diminue la production salivaire. Or, la salive est essentielle pour tamponner l'acidité ruminale grâce à sa richesse en bicarbonates, particulièrement en présence d'aliments fermentescibles comme la betterave, les drêches de brasserie ou les céréales riches en amidon (blé, orge, maïs). Ainsi, une ration insuffisamment structurée peut compromettre l'équilibre ruminal et affecter négativement la teneur vitaminique du lait, bien que la composition protéique reste globalement stable (Soita *et al.*, 2003).

III.2. Conduite de rationnement :

Il existe différents modes de distribution de la ration. Schématiquement la ration complète, la ration semi complète et la ration par lot.

III.2.1. Ration complète :

La ration complète est une méthode de distribution alimentaire consistant à mélanger l'ensemble des fourrages et des concentrés à l'aide d'une mélangeuse distributrice, avant d'administrer ce mélange homogène à l'ensemble du troupeau. Ce procédé, qui ne nécessite aucun apport individuel de concentré, permet un gain de temps appréciable pour l'éleveur tout en assurant une bonne synchronisation des apports nutritifs. Cette synchronisation limite les fluctuations du pH ruminal, favorisant ainsi un fonctionnement optimal du rumen et contribuant à la prévention des troubles digestifs et métaboliques (Costa *et al.*, 2019). Toutefois, la formulation de la ration sur la base d'une production moyenne du lot peut engendrer des déséquilibres : les vaches à forte production risquent d'être sous-alimentées, tandis que celles à plus faible rendement peuvent être suralimentées (Stepanov *et al.*, 2021). Depuis les années 1990, cette approche séduit un nombre croissant d'éleveurs, notamment dans le cadre d'une rationalisation de la gestion alimentaire. La ration est alors calculée en moyenne pour chaque lot, en tenant compte des contraintes liées aux bâtiments et à l'hétérogénéité des stades de lactation. La plupart des élevages adoptent au minimum deux lots (vaches en lactation et taries), avec parfois un découpage plus fin selon les niveaux de production (Costa *et al.*, 2019).

III.2.2. Ration semi- complète :

La ration semi-complète constitue un compromis entre la ration complète et l'alimentation individualisée. Elle consiste à mélanger les fourrages avec un concentré azoté, tandis que le concentré de production est distribué de manière individualisée, généralement à l'auge (Globin et Krasnov, 2021). Ce mode de distribution permet ainsi de maintenir une certaine homogénéité dans la base alimentaire tout en assurant une adaptation plus fine aux besoins spécifiques des vaches à haut potentiel laitier. Ces dernières reçoivent un complément concentré, soit en salle de traite, soit directement à l'auge, de manière manuelle (à l'aide d'un seau) ou automatisée via un distributeur automatique de concentré. Ce système permet une individualisation partielle de l'alimentation en fonction du niveau de production, limitant ainsi le risque de suralimentation chez les faibles productrices, mais exige un investissement plus important en temps de la part de l'éleveur (Costa *et al.*, 2019). Pour pallier les limites de la ration complète, l'éleveur peut diminuer la densité énergétique du mélange de base, tout en assurant un apport ciblé de concentrés aux vaches les plus productives (Kleefisch *et al.*, 2018).

III.2.3. Ration avec complémentation individualisée :

La ration individualisée repose sur une distribution personnalisée des concentrés, ajustée précisément aux besoins nutritionnels de chaque animal. Cette approche permet une adaptation fine des apports alimentaires, en fonction du stade physiologique, du niveau de production ou de l'état corporel de la vache, optimisant ainsi l'efficacité alimentaire et la production laitière (Cuvelier *et al.*, 2005). Bien qu'elle offre un excellent potentiel de valorisation des performances individuelles, cette méthode requiert une attention constante, un suivi rigoureux des animaux et un investissement en temps conséquent pour l'éleveur.

III.2.4. Ration par lot :

La ration par lot consiste à diviser le troupeau en groupes homogènes, en fonction du niveau de production laitière et/ou du stade de lactation. Chaque lot reçoit ainsi une ration spécifique, formulée en fonction des besoins nutritionnels moyens de ses membres (Cuvelier *et al.* 2005).

III.3. Alimentation des vaches laitières :

Quatre éléments majeurs influencent la production de lait d'une vache laitière : le potentiel génétique, la stratégie nutritionnelle, la gestion du troupeau et la santé. Tandis que le potentiel génétique des vaches ne cesse de croître, il est impératif d'améliorer la nutrition et la gestion du troupeau afin qu'elles puissent produire en fonction de leurs capacités héréditaire s. Un programme d'alimentation adéquat pour les vaches laitières doit préciser les aliments adaptés, la quantité requise et la façon et le moment de les préparer (Allen, 2000) .

Pour les vaches laitières à haute production, le gluten de maïs est rarement recommandé comme principale source de protéines, car il peut limiter leur performance laitière et la fertilité. À la place, les graines de coton représentent une alternative nutritive intéressante (tableau 05) : elles fournissent une quantité élevée d'énergie et de protéines, et offrent un profil aminé plus équilibré en particulier pour les acides aminés essentiels comparativement au gluten de maïs (NRC, 2001).

Tableau 05: Ration pour une vache laitière (poids 550Kg) (**Elevage bovin, 2005**)

| Aliment principal | Quantité (Kg) | Aliment concentré complémentaire | Production Laitière Attendue (litre/ jour) |
|---------------------------------|---------------|--|--|
| Luzerne verte | 50 | 6Kg d'orge (concassée) ou 7Kg de pulpe de betterave ou bien 3,3 Kg d'orge +3,5Kg de pulpe de betterave | 25 |
| Bersim vert | 70 | 4 kg d'orge (concassée) ou 4,7 kg de pulpe de betterave ou bien 2,2 Kg d'orge +2,2Kg de pulpe de betterave | 15 |
| Orge vert | 40 | 1,5 Kg d'orge (concassée) ou 1,7Kg de pulpe de betterave ou bien 0,8Kg d'orge +0,8Kg de pulpe de betterave | 8 |
| Foin de avoine/ vesce | 10 | Cette ration ne couvre que les besoins d'entretien et ne permet pas la production de lait, c'est pourquoi il faut la compléter avec l'un des mélanges de concentrés cités ci-dessous | Rien |
| Foin de luzerne | 11 | 5 Kg d'orge ou 6 Kg de pulpe de betterave ou bien 2,5 Kg d'orge + 2,7 Kg de pulpe de betterave | 17 |
| Ensilage de vesce avoine | 40 | 1,3 Kg d'orge ou 1,5 Kg de pulpe de betterave ou bien 0,9 Kg d'orge + 0,9 Kg de pulpe de betterave | 6 |
| Ensilage de maïs | 35 | 2 Kg de tourteau de tournesol | 13 |

III.4. Indicateurs d'équilibre de la ration :

III.4.1. Rumination :

La stimulation de la rumination résulte principalement de la pression exercée sur la paroi du rumen par les particules grossières situées dans la région dorsale du sac crânien et du réticulum. Les mécanorécepteurs présents dans le réticulo-rumen sont sensibles à cette pression, en particulier lorsqu'elle est induite par des composants fibreux de la ration. Ce mécanisme contribue à la réduction de la taille des particules, augmentant ainsi la surface disponible pour la colonisation microbienne et facilitant la dégradation des parois cellulaires végétales. En conséquence, le temps de séjour des aliments dans le rumen est réduit et leur taux de digestion est accru. Par ailleurs, la diminution de la taille des particules facilite le transit du digesta vers l'omasum. Ainsi, la rumination joue un rôle déterminant dans l'efficacité de la digestion et peut influencer significativement l'ingestion volontaire (Kaske *et al.*, 2002).

III.4.2. Production laitière :

L'adaptation des rations alimentaires en fonction du niveau de production laitière permet de répondre efficacement aux exigences nutritionnelles des animaux. En effet, plus la production de lait est élevée, plus la proportion d'herbe intégrée dans la ration diminue. Ainsi, près de 80 % des exploitations dont la production est inférieure à 6 500 kg de lait par vache et par an distribuent des rations comprenant plus de 80 % d'herbe. En revanche, cette proportion chute à environ 37 % dans les élevages dont la production excède 8 000 kg par vache et par an (Hennessy *et al.*, 2020)

VI.1. Carences énergétiques:

Lorsque l'équilibre entre les apports et les besoins énergétiques est perturbé, deux troubles métaboliques majeurs peuvent survenir : la stéatose hépatique et la cétose.

- Durant la période de tarissement, les besoins énergétiques augmentent de 30 à 75 % par rapport aux besoins d'entretien, notamment en raison du développement du fœtus qui mobilise du glucose, du lactate et des acides aminés.
- En lactation, ces besoins s'intensifient encore davantage, car la production de lait nécessite une quantité importante de glucose : environ 60 à 80 % du glucose mobilisé est dirigé vers la lactation.

Parallèlement, la capacité d'ingestion est réduite durant les dernières semaines de gestation et les premières semaines de lactation, s'améliorant progressivement pour atteindre son maximum vers 3 à 4 mois post-partum. Durant cette phase, les vaches subissent un déficit énergétique, souvent comblé par la mobilisation de leurs réserves corporelles.

Le foie joue un rôle central dans la gestion de ce déficit, mais lorsque la surcharge métabolique devient excessive, son fonctionnement peut s'effondrer, conduisant à l'accumulation de graisses (stéatose) et à la production de corps cétoniques (cétose) (Stepanov *et al.*, 2021).

VI.1.1. Stéatose :

La stéatose hépatique est une maladie métabolique fréquente chez les vaches laitières à haut rendement, apparaissant en fin de gestation ou au début de la lactation. Elle résulte d'un déséquilibre énergétique sévère. Cette pathologie est souvent associée à la cétose, renforcement métabolique commun à ce stade de transition.

Pendant cette période critique, l'animal absorbe moins d'aliments, tandis que ses besoins en énergie augmentent drastiquement : 60 à 80 % du glucose est dédié à la production laitière. Le foie, débordé, devient incapable de métaboliser et de sécréter les lipides mobilisés, ce qui déclenche la lipotoxicité et les troubles associés (Stepanov *et al.*, 2021)

VI.1.2. Cétose

La cétose est un trouble métabolique fréquent chez la vache laitière, survenant généralement entre première et la sixième semaine post-partum, en particulier chez les multipares à haute production. Elle résulte d'un déficit énergétique marqué, notamment en glucose, entraînant une mobilisation

excessive des réserves lipidiques et une production accrue de corps cétoniques par le foie (Stepanov et al., 2021).

Son incidence tend à augmenter avec l'âge, culminant entre 3 et 6 ans, voire jusqu'à 8 ans, surtout dans les systèmes intensifs orientés vers une production maximale (Menezes et al., 2015). La cétose est favorisée par un apport alimentaire insuffisant ou de mauvaise qualité, une baisse d'appétit ou des troubles digestifs, et elle engendre souvent des pertes économiques notables en raison de la diminution de la production laitière, même en l'absence de symptômes cliniques marqués (Stepanov et al., 2021).

VI.2. Excès énergétiques

VI.2.1. Excès énergétique global :

Un excès énergétique durant la période de tarissement a des effets délétères sur la santé des vaches laitières. Il résulte souvent d'un tarissement mal conduit : durée excessive, absence d'isolement des vaches taries ou absence de ration spécifique. Cela entraîne une prise de poids excessive et un développement fœtal exagéré, sources de complications telles que :

- Des dystocies avec augmentation de la mortalité néonatale,
- Un risque accru de stéatose et de cétose en raison d'une baisse de l'appétit en début de lactation et d'un amaigrissement marqué,
- Ainsi que l'apparition de troubles associés : rétention placentaire, fièvre vitulaire et syndrome de la vache couchée (Stepanov et al., 2021).

VI.2.2. Acidose :

L'acidose est un état pathologique résultant de l'ingestion massive de glucides rapidement fermentescibles, entraînant une production excessive d'acide lactique. Cette affection, fréquemment rencontrée dans les élevages de ruminants, est considérée comme une pathologie de production. Elle survient notamment dans les exploitations où les animaux reçoivent une ration riche en concentrés, pauvre en fibres ou en structures cellulosiques, et contenant une forte proportion de particules de petite taille. Elle peut également se manifester à la suite d'un changement brutal du régime alimentaire (Choudhuri et al., 2010). »

VI.3. Troubles du métabolisme azoté:

VI.3.1. Carences azotées :

❖ Déficit en PDI :

Les besoins globaux en azote ne sont pas couverts : la teneur en azote de la ration, inférieure à 13 % de la matière sèche, ne permet pas d'assurer un apport suffisant en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) pour répondre aux recommandations nutritionnelles. Cette carence limite l'activité des micro-organismes du rumen, qui peinent alors à dégrader efficacement les fourrages. Ce déséquilibre se traduit par une réduction de l'ingestion, en lien avec une surpopulation microbienne due à l'insuffisance de l'azote disponible (Benabbou *et al.*, 2023).

Les conséquences d'un tel déficit alimentaire se manifestent par une baisse de la production laitière, un amaigrissement progressif des animaux, l'émission de fèces sèches en forme de galettes, une diminution du taux protéique (TP) du lait, ainsi qu'un risque accru de cétose et de troubles de la fertilité. En somme, une telle ration est mal valorisée, comme en témoigne la sous-production et la baisse du TP observées (Benabbou *et al.*, 2023).

❖ Carence en azote dégradable :

La carence en azote dégradable se manifeste par un déficit entre les apports en PDIN (protéines digestibles dans l'intestin issues de l'azote fermentescible) et en PDIE (protéines digestibles dans l'intestin issues de l'énergie), ainsi que par une concentration en urée du lait inférieure à 0,2 g/L. Cette insuffisance perturbe la digestion ruminale en réduisant l'activité des micro-organismes cellulolytiques, ce qui accroît l'encombrement du rumen et diminue le pouvoir calorifique de la ration.

Ce déséquilibre nutritionnel a des répercussions notables sur la production laitière et la stabilité du taux protéique (TP). Il compromet également la synthèse des globules rouges (provoquant une anémie), des anticorps (entraînant un affaiblissement de l'immunité), et des hormones (conduisant à une infertilité). Par ailleurs, il favorise le développement de la stéatose hépatique (Davies *et al.*, 2013).

❖ **Carcènes-en PDIA :**

Chez les vaches laitières à haut rendement, notamment en début de lactation, l'apport en protéines non dégradables dans le rumen (PDIA) est crucial pour répondre aux besoins en azote, la flore ruminale n'étant pas encore pleinement adaptée (Wang *et al.*, 2008). Ces protéines doivent être digestibles en post-ruminal et riches en acides aminés essentiels pour soutenir la production laitière.

Une carence en PDIA peut réduire le pic de lactation et altérer la fertilité, l'immunité, l'équilibre hormonal, tout en augmentant les risques d'anémie et de stéatose (Wang *et al.*, 2008).

VI.3.2. Excès azotés :

❖ **Excès en PDI :**

Un apport excessif en azote, même avec un équilibre PDIN/PDIE, conduit à un gaspillage azoté. Les protéines excédentaires, non stockables, sont dégradées en acides aminés puis désaminées en ammoniac, lequel est transformé en urée par le foie. Lorsque la capacité hépatique n'est pas dépassée, l'excès est éliminé via l'urine ou le lait, entraînant une élévation du taux d'urée lactée. En revanche, si le foie est saturé, une intoxication ammoniacale et une alcalose peuvent survenir (Mutsvangwa *et al.*, 1999).

❖ **Excès en PDIA :**

L'apport en PDIA stimule la production laitière, le taux protéique (TP) et améliore la qualité du caillé fromager. Toutefois, un excès peut aggraver le déficit énergétique en intensifiant la production de lait, ce qui accentue les troubles métaboliques tels que la cétose, l'amaigrissement, l'infertilité ou les flatulences (Varakin *et al.*, 2022).

❖ **Excès en PDIN :**

Un excès d'azote dégradable (PDIN) ou d'azote non protéique (ex. : urée mal utilisée) entraîne une accumulation d'ammoniac dans le rumen, provoquant une alcalose ruminale ($\text{pH} > 7$). L'élimination massive de cet ammoniac peut surcharger le foie. Si sa capacité de détoxification est dépassée, notamment en cas de stéatose ou de parasitose, l'ammoniac s'accumule dans le sang, induisant une intoxication ammoniacale et une alcalose sanguine (Varakin *et al.*, 2022).

VI.4. Principaux troubles du métabolisme minéral :

❖ Carence en calcium : l'hypocalcémie puerpérale :

Aussi appelée fièvre vitulaire, cette hypocalcémie affecte principalement les vaches laitières multipares, en particulier celles en haute production, et survient typiquement entre 24 et 48 heures après le vêlage. Elle résulte d'une demande brutale en calcium liée à la synthèse du colostrum et du lait, combinée à une réponse hormonale d'adaptation insuffisante (Vieira-neto et al., 2024).

❖ Tétanie d'herbage :

L'hypomagnésémie ou tétanie d'herbage est une affection métabolique principalement observée chez les vaches laitières au début de la lactation lorsqu'elles sont mises à l'herbe au printemps. Cette maladie se manifeste par un état d'excitabilité neuromusculaire et des symptômes nerveux de type convulsif ; elle résulte d'une chute soudaine de la concentration en magnésium dans le liquide céphalorachidien, et par conséquent, dans le sang. Elle est souvent accompagnée, voire compliquée, par une hypocalcémie (Odette, 2005).

CONCLUSION

L’alimentation des bovins, et plus particulièrement celle des vaches laitières, constitue un pilier fondamental de la performance zootechnique, du bien-être animal et de la qualité des produits laitiers. Ce travail bibliographique a permis de mettre en lumière les différentes composantes de la ration alimentaire bovine, en distinguant les éléments structurels (fibres, fourrages) des concentrés énergétiques et protéiques, ainsi que les apports minéraux et vitaminiques. Chez la vache laitière, ces exigences nutritionnelles sont particulièrement critiques en raison des fortes sollicitations métaboliques, notamment en début de lactation.

L’analyse des types d’alimentation, qu’elle soit basée sur des fourrages secs, des rations mélangées, des pâtrages, ou encore des rations concentrées, a permis de souligner les avantages et les limites de chaque système, en lien avec les besoins physiologiques des animaux selon les stades de production. L’importance d’un rationnement adapté, équilibré et évolutif ressort avec force : tout déséquilibre – excès ou carence – en énergie, protéines, minéraux ou fibres peut entraîner des dysfonctionnements métaboliques aux conséquences sanitaires et économiques majeures.

En effet, la seconde partie de ce travail a mis en évidence un large éventail de troubles métaboliques liés à une ration inadaptée. L’acidose ruminale, la cétose, l’hypocalcémie (fièvre vitulaire), l’hypomagnésémie (tétanie d’herbage), ainsi que les déséquilibres azotés ont été décrits avec leurs mécanismes, symptômes et conséquences sur la santé de la vache et sur sa productivité. Ces affections sont souvent multifactorielles, mais leur point commun reste une origine nutritionnelle liée à un déséquilibre entre les apports et les besoins de l’animal.

En somme, cette synthèse bibliographique souligne la nécessité d’une approche nutritionnelle rigoureuse, fondée sur une connaissance fine des besoins physiologiques des vaches laitières et des propriétés des aliments. Elle appelle également à une vigilance constante quant à la formulation des rations et aux pratiques de transition alimentaire. L’optimisation de l’alimentation ne vise pas uniquement une production laitière maximale, mais aussi une durabilité des élevages, une santé animale préservée et une qualité optimale des produits laitiers.

REFERENCES

1. Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
2. AMELLAL, A, 1995. La filière lait en Algérie : entre l'objectif de sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In : les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options méditerranéennes, série B, 14 : 229-23 8.
3. Anonyme 1, 2025: <https://almawashi-algeria.com/importation-de-bovins/race-mixte/> , consulté le 12/06/25
4. Benabbou, M. Allaoui A, Zahzeh AKM, Boualga A, Zahzeh T. (2023). Protein vs. Energy Restriction Impact on Rat Testis' Function, Redox Status, and Histomorphometry. *Preventive Nutrition and Food Science*, 28(1), 61–68. <https://doi.org/10.3746/pnf.2023.28.1.61>
5. BENYAROU, Mohamed, 2016. Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques du lait de bovin local dans la région de Tlemcen, Mémoire, Université de Tlemcen Abou bekri Belkaid, 48p
6. BERNARD, X., 2004. Techniques d'ensilage et conservation du fourrage humide. Rennes : Presses Agronomiques de l'Ouest.
7. BOURAS, A. (2015). *Le secteur laitier en Algérie : état des lieux et défis*. Revue Sciences & Technologie.
8. Cleale et Bull, 1986. Effect of Forage Maturity on Ration Digestibility and Production by Dairy Cows . 1986 *J Dairy Sci* 69:1587-1594.
9. CHOUDHURI, P. C., Randhawa, S. S., and Misra, S. K. (2010). Effect of Lactic Acidosis on Electrolyte Changes in Blood and Rumen Liquor in Buffalo-Calves. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A*, 27(4), 358–363. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1980.tb02017.x>
10. COSTA, A., Agazzi, A., Perricone, V., Savoini, G., Lazzari, M., Nava, S., & Maria Tangorra, F. (2019). Influence of different loading levels, cutting and mixing times on total mixed ration (TMR) homogeneity in a vertical mixing wagon during distribution: a case study. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1093-1098.
11. CROISIE, M., LAMBERT, T. et DURAND, P., 2012. Ensilage du maïs épi : avantages et précautions d'utilisation. Clermont-Ferrand: INRA.
12. CUVELIER C., CABARAUX J.-F., DUFRASNE I., ISTASSE L., HORNICK J.-L C. et al., 2005. Production, digestion et absorption des acides gras chez le ruminant. *Ann. Méd. Vét.*, 2005, 149, 49-59
13. CUVELIER Christine et DUFRASNE Isabelle 2005 : Livret de l'agriculture L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle 105 p
14. CUVELIER, C., Dubois, M., Lhoste, P., 2010. *Nutrition azotée des ruminants et impact environnemental*. Lille : École Nationale Vétérinaire.
15. DAVIES, K. L., McKinnon, J. J., and Mutsvangwa, T. (2013). Effects of dietary ruminally degradable starch and ruminally degradable protein levels on urea recycling, microbial protein production, nitrogen balance, and duodenal nutrient flow in beef heifers fed low

- crude protein diets. Canadian Journal of Animal Science, 93(1), 123–136. <https://doi.org/10.4141/cjas2012-062>
16. FAO. (2022). *Dairy production and products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/dairy-production-products/>
 17. FAVERDIN, P., Delaby, L., Meschy, F., Vérité, R., 2003. *Alimentation des vaches laitières : connaissances et pratiques*. Paris : INRA Éditions.
 18. FAVERDIN, P., DELAGARDE, R., INGRAND, S., 2007. *Maîtrise de l'alimentation des vaches laitières au pâturage*. In: INRA Productions Animales, vol. 20, n° 3, p. 189–200.
 19. FOUGÈRE, H. et al. (2021). Triacylglycerols and Polar Lipids in Cow and Goat Milk are Differentially Affected by Various Lipid Supplemented Diets. European Journal of Lipid Science and Technology, 123(10). <https://doi.org/10.1002/ejlt.202100009>
 20. GLOBIN, A. N., and Krasnov, I. N. (2021). Modeling the dispensing process for chopped stalk fodder. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 659(1), 012028. h
 21. HALL, M.B., 2004. *Analytical approaches to evaluate the composition of diets*. Journal of Dairy Science, vol. 87, suppl., p. E35–E41.
 22. HENNESSY, D.; Delaby, L.; van den Pol-van Dasselaar, A.; Shalloo, L. Increasing Grazing in Dairy Cow Milk Production Systems in Europe. *Sustainability* **2020**, 12, 2443. <https://doi.org/10.3390/su12062443>
 23. HIDAKA, N., Kurose, S., Takao, N. et al. Effect of mastication evaluation and intervention on body composition and biochemical indices in female patients with obesity: a randomized controlled trial. *BMC Endocr Disord* **23**, 134 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12902-023-01379-2> N. et al. (2023).
 24. INSTITUT TECHNIQUE DE L'ÉLEVAGE (ITELV), 2012. Situation de l'élevage bovin local en Algérie : pratiques, environnement et valorisation. Alger : ITELV. 78 p.
 25. KADI, S., BENDIMERAD, F. et BELHADJ, K., 2007. *Pratiques alimentaires dans les exploitations bovines*. Oran: Centre de Recherche Zootechnique.
 26. Kadi, S., Benyoucef, M. T., & Haddad, B. (2007). *L'élevage laitier en Algérie : contraintes et perspectives*. Cahiers Options Méditerranéennes.
 27. KAFIDI, Abdelkader, 2019. Caractérisation génétique et performances des races bovines locales en Algérie. Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri. Mémoire de Master.
 28. KASKE, M., Engelhardt, W. von, & Gabel, G. (2002). The influence of forage particle size on the chewing activity and the passage of digesta in the reticulorumen of sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **86**(1-2), 60–67. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2002.00363.x>
 29. KERBACHE, Samir, 2019. Analyse des systèmes de production laitière dans les régions côtières d'Algérie. Alger : Institut National Agronomique. Thèse de doctorat.
 30. KLEEFISCH, MT, Zebeli Q, Humer E, Gruber L, Klevenhusen F. (2018). Effects of feeding high-quality hay with graded amounts of concentrate on feed intake, performance and blood metabolites of cows in early lactation. *Archives of Animal Nutrition*, **72**(4), 290-307.
 31. LEFEBVRE, G., 2015. Caractéristiques d'un bon ensilage d'herbe : analyse des récoltes 2014 au Québec. Québec: MAPAQ.
 32. LOIS, J., 2006. *Énergie et valeur nutritive des aliments pour animaux*. Paris : Éditions Techniques Agricole

33. LOPEZ, A.N., Newton, M.G., Stenhouse, C. *et al.* (2025). Dietary citrulline supplementation enhances milk production in lactating dairy goats. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 16(1).
34. LOUIS, J., 2016. *Systèmes d'évaluation des protéines pour les ruminants : le système PDI*. Paris : Éditions Techniques Agricoles.
35. MADR. (2009 & 2020). *Statistiques agricoles*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Algérie.
36. MAMINE F., Fares M., Duteurtre G., Madani T., 2021. Regulation of the dairy sector in Algeria between food security and development of local production: Review. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 74 (2): 73-81, doi: 10.19182/remvt.36362
37. MELIS R A, Bernadette Julier , Luciano Pecetti , Imane Thami-Alami , Khaled Abbas , Meriem Laouar , Aissa Abdelguerfi , Taoufik Hayek , Gregoire Aubert , Paolo Annicchiarico , Claudio Porqueddu (2017). La culture de la luzerne dans un climat méditerranéen. {[Https://hal.science/hal-01594651](https://hal.science/hal-01594651)},
38. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL (MADR), 2003. Historique et origine du cheptel bovin algérien. Alger : MADR. 52 p.
39. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DU DÉVELOPPEMENT RURAL ET DE LA PÊCHE (MADR), 2018. Statistiques agricoles : population bovine 2007–2017. Alger : MADR. 102 p.
40. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DU DÉVELOPPEMENT RURAL ET DE LA PÊCHE (MADR), 2018. Statistiques agricoles : Répartition géographique du cheptel bovin en Algérie. Alger : MADR. 108 p.
41. MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES AFFAIRES SOCIALES (MSAS), 2006. *Guide technique de l'alimentation des ruminants*. Paris : MSAS, Direction générale de l'alimentation.
42. NEDJERAOUI, Djamel, 2001. L'évolution du cheptel bovin en Algérie et ses implications économiques. Alger : Ministère de l'Agriculture. 64 p.
43. National Research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (7th revised edition). Washington, DC: National Academies Press.
44. NEVILLE, O. B., Fahey, A. G., and Mulligan, F. J. (2023). Comparison of milk and grass composition from grazing Irish dairy herds with and without milk fat depression. *Irish Veterinary Journal*, 76(1).
45. ODETTE O. Grass tetany in a herd of beef cows. *Can Vet J*. 2005 Aug;46(8):732-4. PMID: 16187719; PMCID: PMC1180425.
46. PELLERIN, D., COULOMBE, M.-C. et ROY, R., 1998. *Les plantes fourragères : production et conservation*. Québec : CRAAQ.
47. PETIT, H. V. *et al.* (2002). Ruminal biohydrogenation of fatty acids, protein degradability, and dry matter digestibility of flaxseed treated with different sugar and heat combinations. *Canadian Journal of Animal Science*, 82(2), 241-250. <https://doi.org/10.4141/a01-083>
48. POORKASEGARAN, S., and Yansari, A. T. (2014). Effects of different sources of carbohydrates on intake, digestibility, chewing, and performance of Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-6>
49. PUASTUTI, W. *et al.* (2021). Introduction of 16% crude protein concentrate and Ca-FA feed to increase milk production for dairy cows on smallholder farms in Bogor Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 788(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012044>

50. RUSLI, N. D. et al. (2021). Fatty acid profile of meat goats fed pre-treated oil palm frond. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 756(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/756/1/012018>
51. SCHLEGEL, P., Gutzwiller, A., Stoll, P., 2015. *Minéraux et oligo-éléments dans l'alimentation des ruminants*. Lausanne: Agroscope.
52. SENOUESSI, L. (2008). *Consommation de lait et produits laitiers en Algérie*. Revue AgroDéveloppement.
53. SENOUESSI, Leïla, BOUAZZA, Rabah et BENAISSE, Mohamed, 2010. Développement de l'élevage bovin en zones sahariennes : contraintes et perspectives. Revue Agriculture, vol. 21, no 2, pp.97–106.
54. SOITA, H. W., Christensen, D. A., and McKinnon, J. J. (2003). Effects of barley silage particle size and concentrate level on rumen kinetic parameters and fermentation patterns in steers. Canadian Journal of Animal Science, 83(3), 533-539.
55. SOUTIE, J.S., 2004. Qualité du foin de pâturage naturel. Montpellier : Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
56. STEPANOV I.S., I I Kalugniy, D S Markova, A V Yashin, A V Prusakov, V S Ponamarev and A M Lunegov (2021). Development and application of new methods of correction and prevention of metabolic diseases in Holstein cattle. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 723(2), 022030.
57. TENNAH, Nabil, 2019. Contribution à l'étude de l'amélioration génétique des bovins laitiers en Algérie. Constantine : Université Frères Mentouri. Mémoire de Master.
58. VARAKIN, A.T., A A Ryadnov, M A Stepurina, E S Vorontsova and O O Datchenko (2022). Milk productivity and quality depending on the composition of the diet. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 965(1), 012029.
59. VIEIRA-NETO, A.; Lean, I.J.; Santos, J.E.P. Periparturient Mineral Metabolism: Implications to Health and Productivity. *Animals* **2024**, *14*, 1232. <https://doi.org/10.3390/ani14081232>
60. WANG Yarin, Allyson Ipema, Roselinde Goselink, Eline Burgers, Josef Gross, Rupert Bruckmaier, Bas Kemp, Ariette van Knegsel,(2024), Effects of calving interval of dairy cows on development, metabolism, and milk performance of their offspring, Journal of Dairy Science, Volume 107, Issue 11, 2024, Pages 9934-9947, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/s.2024-24885>.